



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción  
de nitratos en un sistema acuapónico, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Araujo Gomez, Axel Kayro ([orcid.org/0000-0002-3136-0514](https://orcid.org/0000-0002-3136-0514))

Calderon Sulca, Ana Cristina ([orcid.org/0000-0002-8761-4843](https://orcid.org/0000-0002-8761-4843))

**ASESORA:**

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres ([orcid.org/0000-0002-9965-9678](https://orcid.org/0000-0002-9965-9678))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Esta investigación está dedicada en primer lugar a nuestras familias por su soporte durante toda la carrera profesional.

A todos los que impactaron positivamente y han hecho posible el trabajo en el que tanto esfuerzo y dedicación hemos puesto sin rendirnos.

## **Agradecimiento**

A nuestros compañeros académicos que estuvieron presentes en los logros y nos apoyaron. El amor y comprensión de nuestras familias que nos ayudaron a alcanzar este nivel de éxito.

A nuestra asesora Rita Jackeline Cabello Torres por su apoyo y paciencia, además de los docentes que nos dieron orientación durante el proceso de la investigación

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
Abreviaturas.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	8
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	28
3.2. Variables y operacionalización .....	31
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.5. Procedimientos .....	38
3.6. Método de análisis de datos.....	45
3.7. Aspectos éticos .....	45
V. DISCUSIÓN .....	83
VI. CONCLUSIONES.....	88
VII. RECOMENDACIONES .....	89
REFERENCIAS .....	90
ANEXOS.....	101

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de calidad del agua.....	16
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica.....	17
<b>Tabla 3.</b> Morfología de la lechuga cultivada en hidroponía vs el cultivo en el suelo .....	18
<b>Tabla 4.</b> Taxonomía de la albahaca.....	19
<b>Tabla 5.</b> Desarrollo de la Menta, Menta verde y Albahaca.....	20
<b>Tabla 6.</b> Funciones y deficiencias del nutriente nitrógeno (N) en las plantas.....	20
<b>Tabla 7.</b> Clasificación taxonómica.....	21
<b>Tabla 8.</b> Crecimiento de la lechuga en diferentes tanques del sistema acuapónico .....	22
<b>Tabla 9.</b> Ventajas y limitaciones del biocarbón.....	24
<b>Tabla 10.</b> Análisis termogravimétrico del biocarbón de poda de vid.....	27
<b>Tabla 11.</b> Características de las unidades experimentales.....	29
<b>Tabla 12.</b> Características de las unidades experimentales – Primer experimento	29
<b>Tabla 13.</b> Características de las unidades experimentales – Segundo experimento .....	30
<b>Tabla 14.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	32
<b>Tabla 15.</b> Validación de equipos para determinar los parámetros físico-químicos .....	35
<b>Tabla 16.</b> Etapas según la temperatura y tiempo de residencia.....	67
<b>Tabla 17.</b> Determinación de Humedad (método: Norma ASTM D 2216).....	69
<b>Tabla 18.</b> Materia Volátil (método: Norma ASTM D 3175).....	69
<b>Tabla 19.</b> Cenizas (método: Norma ASTM D 5142).....	69
<b>Tabla 20.</b> Carbono fijo (Método: Norma ASTM D 5865).....	69
<b>Tabla 21.</b> Prueba F para varianzas de dos muestras.....	71
<b>Tabla 22.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	72
<b>Tabla 23.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	72
<b>Tabla 24.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	73
<b>Tabla 25.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	73
<b>Tabla 26.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	74
<b>Tabla 27.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	74
<b>Tabla 28.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	74
<b>Tabla 29.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	75
<b>Tabla 30.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	75
<b>Tabla 31.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	75
<b>Tabla 32.</b> Resumen de contrastes de hipótesis.....	76
<b>Tabla 33.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	76

<b>Tabla 34.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	77
<b>Tabla 35.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	77
<b>Tabla 36.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	78
<b>Tabla 37.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	78
<b>Tabla 38.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	79
<b>Tabla 39.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	79
<b>Tabla 40.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	80
<b>Tabla 41.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	80
<b>Tabla 42.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	80
<b>Tabla 43.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	81
<b>Tabla 44.</b> Resumen de contrastes de hipótesis .....	81
<b>Tabla 45.</b> Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	81

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Sistema acuapónico: (1) Tanque de peces; (2) Clarificador; (3) biofiltro y lecho de medios; (4) sumidero y balsa flotante; (5) NTF. Las flechas de color azul son las direcciones de los flujos del agua en recirculación.....	13
<b>Figura 2.</b> Nitrificación y desnitrificación.....	14
<b>Figura 3.</b> Ciclo del nitrógeno en un sistema acuapónico.....	15
<b>Figura 4.</b> Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	18
<b>Figura 5.</b> Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) .....	19
<b>Figura 6.</b> Pez Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	21
<b>Figura 7.</b> Parra de vid y Biocarbón de parra de vid.....	23
<b>Figura 8.</b> Usos potenciales del biocarbón en acuicultura .....	23
<b>Figura 9.</b> Beneficio del biocarbón en el ambiente .....	24
<b>Figura 10.</b> Adsorción del biocarbón .....	26
<b>Figura 11.</b> Sistema acuapónico compuesta por: (1) Tanque peces; (2) Filtro mecánico; (3) Sedimentador; (4) sistema de adsorción y (5) Sistema NFT .....	40
<b>Figura 12.</b> Diseño y disposición del sistema acuapónico .....	40
<b>Figura 13.</b> Partes de un Reactor de carbonización .....	42
<b>Figura 14.</b> Reactor de carbonización .....	42
<b>Figura 15.</b> Tanque A y B del sistema acuapónico.....	47
<b>Figura 16.</b> Sistema A - sin biocarbón.....	48
<b>Figura 17.</b> Sistema B - sin biocarbón.....	48
<b>Figura 18.</b> Sistema acuapónico A - 250 g de biocarbón .....	49
<b>Figura 19.</b> Sistema B - 250 g de biocarbón .....	49
<b>Figura 20.</b> Sistema A - 500 g de biocarbón .....	50
<b>Figura 21.</b> Sistema B - 500 g de biocarbón .....	50
<b>Figura 22.</b> Cultivo de hortalizas A - sin biocarbón.....	51
<b>Figura 23.</b> Cultivo de hortalizas B - sin biocarbón.....	51
<b>Figura 24.</b> Cultivo de hortaliza A - 250 g de biocarbón .....	52
<b>Figura 25.</b> Cultivo de hortalizas B - 250 g de biocarbón .....	52
<b>Figura 26.</b> Cultivo de hortalizas A - 500 g de biocarbón .....	53
<b>Figura 27.</b> Cultivo de hortalizas B - 500 g de biocarbón .....	53
<b>Figura 28.</b> Primer experimento – pH.....	54
<b>Figura 29.</b> Segundo experimento - pH.....	55
<b>Figura 30.</b> Primer experimento - Temperatura.....	55
<b>Figura 31.</b> Segundo experimento - Temperatura .....	56
<b>Figura 32.</b> Primer experimento - Conductividad eléctrica .....	56
<b>Figura 33.</b> Segundo experimento - Conductividad eléctrica.....	57
<b>Figura 34.</b> Primer experimento - Oxígeno disuelto .....	57
<b>Figura 35.</b> Segundo experimento - Oxígeno disuelto.....	58
<b>Figura 36.</b> Primer experimento - Turbidez .....	58
<b>Figura 37.</b> Segundo experimento - Turbidez .....	59
<b>Figura 38.</b> Primer experimento - Sólidos sedimentables.....	59
<b>Figura 39.</b> Segundo experimento Sólidos sedimentables .....	60
<b>Figura 40.</b> Primer experimento - DQO.....	60

<b>Figura 41.</b> Segundo experimento - DQO .....	61
<b>Figura 42.</b> Primer experimento - Sulfato .....	61
<b>Figura 43.</b> Segundo experimento, sulfato .....	62
<b>Figura 44.</b> Peso de las Hortalizas del primer experimento .....	62
<b>Figura 45.</b> Talla de las hortalizas del primer experimento .....	63
<b>Figura 46.</b> Peso de cada lechuga del canal NTF .....	63
<b>Figura 47.</b> Talla de cada Lechuga del canal NTF .....	64
<b>Figura 48.</b> Peso de cada Albahaca del canal NTF .....	64
<b>Figura 49.</b> Talla de cada Lechuga del canal NTF .....	65
<b>Figura 50.</b> Peso de la tilapia del primer experimento .....	65
<b>Figura 51.</b> Talla de la tilapia del primer experimento .....	66
<b>Figura 52.</b> Peso de las tilapias del segundo experimento .....	66
<b>Figura 53.</b> Talla de las tilapias del segundo experimento .....	67
<b>Figura 54.</b> Parámetros fisicoquímicos del Biocarbón de la Parra de vid .....	70



## RESUMEN

La acuaponía se plantea como tecnologías innovadoras y de ahorro de recursos, en cuanto al agua, presenta concentraciones de nitrato elevados generados por la tilapia, siendo sustancia nutritiva para las hortalizas por absorción y adsorción por parte del biocarbón. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la remoción de nitratos en un sistema acuapónico mediante la adsorción (Biocarbón) y absorción por cultivo de hortalizas (Lechuga y Albahaca). Se elaboró el biocarbón de la Parra de Vid por pirolisis a 537 °C con un rendimiento de 38.46 % y carbono de 78.6 %, con diferentes dosis (500 – 250 g) en cada canal de Técnica de Película de nutrientes. Los resultados demostraron que no fue satisfactorio usar el biocarbón de granulometría (2cm) ya que no aportó lo suficiente en remover el nitrato y en la nitrificación, por el contrario; las hortalizas tuvieron la capacidad de absorber los nutrientes con las buenas condiciones de pH (6-7) y mayor en oxígeno disuelto (>3mg/L) logrando obtener una masa final de la lechuga con 500 g, 250 g y sin biocarbón (189 g, 34.07 g, 65.57 g) y para la albahaca (37.49 g, 123 g, 68, 56 g). Por lo tanto, se determinó que aplicar el biocarbón con menor granulometría tendría buenos efectos en el sistema acuapónico.

**Palabras clave:** Acuicultura, Sistema Acuapónico, Nitrato, Biocarbón, Pirólisis, Adsorción, Absorción.

**ABSTRACT:**

Aquaponics is considered as innovative and resource-saving technologies, in terms of water, it presents high nitrate concentrations generated by tilapia, being a nutritious substance for vegetables by absorption and adsorption by biochar. The objective of the present investigation was to evaluate the removal of nitrates in an aquaponic system through adsorption (Biochar) and absorption by vegetable crops (Lettuce and Basil). Biochar from the Vine was prepared by pyrolysis at 537 °C with a yield of 38.46 % and carbon of 78.6 %, with different doses (500 - 250 g) in each channel of the Nutrient Film Technique. The results show that it was not satisfactory to use biochar with a granulometry (2cm) since it did not provide enough in removing nitrate and in nitrification, on the contrary; the vegetables had the capacity to absorb the nutrients with the good conditions of pH (6-7) and higher dissolved oxygen (>3mg/L), achieving a final mass of lettuce with 500 g, 250 g and without biochar (189 g , 34.07 g, 65.57 g) and for basil (37.49 g, 123 g, 68.56 g). Therefore, it will be prolonged that applying the biochar with smaller granulometry will have good effects in the aquaponic system.

**Keywords:** Aquaculture, Aquaponic System, Nitrate, Biochar, Pyrolysis, Adsorption, Absorption.

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una industria de rápido crecimiento con el potencial para frenar la demanda de peces silvestre y la sobrepesca (Iber y Kasan, 2021, p.1). Actualmente, la acuicultura ha representado más del 50 % de todos los productos consumidos por los seres humanos (Hessen, 2022, p.9 y FAO, 2018, p.132), según estimaciones se considera que el consumo mundial de pescado alcanzará el millón de toneladas en el año 2030 (Rajeev et al., 2021 y FAO, 2018, p.132), preciso a esto se anticipa que la producción acuícola en el futuro disminuirá debido a los desafíos que se enfrenta como es en la disponibilidad y accesibilidad del agua de alta calidad (FAO, 2018, p.147).

El desarrollo de los grandes cultivos de peces impactan negativamente en los ecosistemas acuáticos de manera significativa (Vásquez, Talavera y Inga, 2016, p.2), porque produce efluentes cargados de materia orgánica constituidos de nitrógeno y fosfatos que se generan por los residuos y desintegración de los nutrientes (Effendi et al., 2020, pp.3-4), así como el uso inaceptable del agua y el uso excesivo de productos químicos que influyen a los conflictos ambientales como es el cambio climático, la eutrofización y la pérdida de las especies nativas (Bohnes y Laurent, 2021, p.2), de tal manera que los peces expulsan amoníaco y a través de la descomposición por bacterias nitrificantes se convierte en nitrito a nitrato siendo así mismo un contaminante que es tóxico para los peces en altas concentraciones (Wongkiew et al., 2017, p.2).

El uso de agua está aumentando en todo el mundo, mientras que su suministro está disminuyendo, adicionalmente el problema de contaminación que enfrenta el mundo entero es con los recursos hídricos (Sagasta, Zadeh y Turrall, 2018, p.1) la sobre abundancia de nutrientes en el agua y el uso excesivo de fertilizantes generan la eutrofización del agua, lo que aumenta la probabilidad del desarrollo de algas (Tiwari y Pal, 2022, p.1). El nitrógeno se encuentra principalmente en el medio acuático en representación de iones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el proceso de nitrificación aeróbica tiende a convertir el amoniaco en nitrato y este es un subproducto de la mineralización del amoniaco, por el cual es la contaminación

química más frecuente en los acuíferos de todo mundo (Grzyb, Wolna y Niewiadomska, 2021, p.9).

En tales circunstancias, en los sistemas de tratamiento de agua residual utilizan técnicas físicas, químicas y biológicas (Senarathna et al., 2021, p.5). La eliminación de metales pesados y otros contaminantes que pueden dañar a los ecosistemas es posible por el tratamiento de aguas residuales, siendo un método eficaz para descontaminar el ambiente (Rahman et al., 2018, p.2). La descontaminación implica procesos físicos, químicos y biológicos (Mao et al., 2021, p.3). Existen tratamientos como el fisicoquímico, donde se separan los componentes sólidos del fluido y, luego de un tratamiento preliminar, el efluente es enviado a tratamientos primarios o secundarios en función de la fuerza de las aguas residuales (Bhatia et al., 2020, p.5). Los tratamientos biológicos, consiste en el proceso en el cual se aplica la digestión anaeróbica y aeróbica a diferencia del proceso fisicoquímico que emplea el uso de microorganismos para remover los compuestos orgánicos de los efluentes (Musa y Idrus, 2021, pp.6-16). Por otro lado, el biocarbón puede eliminar metales y purificar el agua debido a sus propiedades de adsorción, por lo que el proceso termoquímico de materiales orgánicos es novedoso para los contaminantes acuosos y económico porque puede estar hecho de muchos materiales de biomasa tales como los desperdicios agrícolas, excremento, residuos orgánicos sólidos municipales, entre otros (Xiang et al., 2020, pp.2-10). Cada método de tratamiento tiene sus propias delimitaciones con respecto al costo, así como de validez, rentabilidad, factibilidad, seguridad, influencia en el ambiente, problemas operativos, condiciones en pretratamientos y formación de subproductos potencialmente tóxicos, es por eso que solo algunos de los métodos de tratamientos de aguas residuales son utilizados por combinaciones de métodos fisicoquímicos y biológicos ya que son baratas o de nuevas opciones (Crini y Lichtfouse, 2019, pp.4-11).

La oxidación de materia orgánica, nitrificación o desnitrificación es realizada por organismos vivos en sistemas como el contactor biológico rotativo, biofiltros de agua sumergibles, lechos bacterianos y lechos de fluidos (Arthur et al., 2022, p.2). Los desarrollos tecnológicos nuevos en el campo del tratamiento de aguas residuales de la acuicultura son los sistemas de acuicultura de recirculación (SAR),

cuales fueron modificados para utilizar en humedales, acuaponía y simbiosis en base de microalgas, siendo así que son costosas en términos de gastos, uso de energía y conservación; sin embargo, estos tratamientos son cruciales para la acuicultura (Asha et al., 2021, p.2).

La acuaponía es una técnica de producción de alimentos que integra prácticas acuícolas convencionales y el sistema de acuicultura de recirculación (SAR), esto se refiere a la crianza de animales acuáticos como peces, cangrejos, caracoles y gambas en tanques con hidroponía, lo que posibilita el cultivo de plantas acuáticas en un ambiente simbiótico (Calone et al., 2019, p.4). Las excreciones de los peces en crecimiento pueden acumularse en la acuicultura convencional, aumentando la toxicidad del animal, pero en el sistema de acuicultura alimenta un sistema hidropónico donde las bacterias nitrificantes descomponen los desechos de nitrato y amoníaco que las plantas utilizan como nutrientes y el agua recircula de regreso al sistema de acuicultura (Nozzi et al., 2018, p.1). También el sistema acuapónico combina plantas y vida silvestre acuática en un solo sistema, cuando se colocan al aire libre o en edificios con suficiente luz, las plantas se pueden sembrar a la vez en sistemas de acuicultura y como en invernaderos (Asha, 2021, p.3). Hay tipos de plantas que se utilizan en acuaponía y estas se nombran como flotantes, emergentes y sumergibles, estas emergen naturalmente en la superficie del agua con sus hojas mientras que sus raíces crecen debajo de la superficie del agua (Ariffin et al., 2019, pp.282-287). Las plantas tienen potencial para ser utilizadas comercialmente y/o como alimento para peces herbívoros como la tilapia y la carpa que son útiles para reducir el desarrollo de fitoplancton en el agua (Jusoh et al., 2020, p.1).

La filtración biológica consta de un sistema biológico con una superficie donde las bacterias nitrificantes pueden adherirse, producir y enrollarse para formar una biopelícula evitando que la población bacteriana se elimine por el lavado (Jin et al., 2022, p.1). La biopelícula es como comunidades de microorganismos en el que se adhieren a una superficie (Lia et al., 2019, p. 2). Existen modelos de biopelícula cuyas propiedades típicas incluyen la porosidad y la permeabilidad constante (Chang, Lee y Lee, 2019, pp.90-92). Según la investigación de Paul y Hall (2021) investigó el potencial de los materiales a base de carbono y zeolita como biofiltros

para desnitrificar los efluentes de la acuicultura en comparación con el plástico y determinaron que el biocarbón de pino como la zeolita eran mejores que el plástico.

De otro lado, el biocarbón a veces llamado carbón vegetal o carbón negro de biomasa, es una sustancia que contiene carbón hecha de materiales orgánicos por pirólisis (Weber y Quicker, 2018, pp.1-2). El uso de materiales de la parra de vid en los procesos de pirólisis es una posibilidad que permite resolver una serie de problemas ambientales, especialmente los relacionados con la gestión de los grandes volúmenes que se producen anualmente, además de agregar valor a los materiales porque su remoción resulta en costos que son más significativos (Nunes et al., 2021, p.2, Maniscalco et al., 2020, p.12). Por otro lado, se investiga el gran potencial de diferentes materiales de carbono como es el carbón activado y biocarbón para tratamientos de aguas residuales del sector acuícola (Su et al., 2020, p.2).

Para obtener el biocarbón se necesita un proceso como la pirólisis que es una técnica termoquímica para convertir biomasa en biocarbón, bioaceite y gas a temperaturas entre 350 y 700 °C en ausencia de oxígeno (Varma, Shankar y Mondal, 2018, p.1). Existen dos tipos de pirólisis (lenta y rápida), la pirólisis lenta produce más gas, mientras que la pirólisis rápida genera más líquidos o aceites, además la pirólisis lenta origina mayor producción de biocarbón que la pirólisis rápida y la gasificación (Oni, Oziegre y Olawole, 2019, p.1). También, se puede realizar el biocarbón por pirolisis mediante la carbonización instantánea, donde el fuego enciende la biomasa sin presencia de oxígeno con una temperatura que oscila entre 300 y 600 °C durante un tiempo de mayor o igual de 30 minutos (Kumar, Saini y Bhaskar, 2020, p.2).

En el Perú la acuicultura ha avanzado en muchas opciones y posibilidades productivas en todo el mundo como forma de contribuir a la producción alimentaria, a la optimización de los elementos naturales y disminución de la pobreza, debido a la falta de tecnología en los sistemas de cultivo, cosecha y postcosecha, la acuicultura en el Perú tiene un bajo nivel de desarrollo en comparación con otros países desarrollados (Berger, 2020, pp.3-4). Es por ello que esta investigación está interesada en la acuaponía, la cual ha sido extensamente estudiada durante tiempo

en sus diseños de estructura y adaptación de especies acuáticas y vegetales, también que la mayoría de estudios ha determinado la eficacia del uso del agua, la gestión controlada de cultivos, limpieza de las aguas residuales, la disminución en los costos de elaboración exclusivamente en acuícolas y la simplicidad de manejo de la calidad del agua (Goddek, 2019, pp.7-14). Además, que las verduras juegan un papel importante ya que actúan como purificador de agua y aprovechan nutrientes de los residuos de los animales, convirtiéndose en un sistema de fabricación ambientalmente sostenible (Yep y Zheng, 2019, p.4).

La investigación tiene como finalidad en remover el contaminante nitrato en un sistema acuapónico aplicando el biocarbón elaborado de parra de vid como sustrato hidropónico para la producción de hortalizas (lechuga y albahaca), por el cual podría beneficiar el crecimiento de las plantas al mejorar las propiedades fisicoquímicas y biológicas. Por ello se justifica en lo ambiental, porque la parra de vid siendo una material agrícola y abundante en el mundo, fueron usados para la elaboración de biocarbón y sobre todo como adsorbente para la limpieza del agua residual del sistema acuícola en un sistema acuapónico; por lo tanto en lo económico, el biocarbón destaca mucho por el valor económico y disposición en el ambiente a bajo costo, además que este biocarbón elaborado por parra de vid es una alternativa sustentable y barato, debido a su potencial y uso para remover contaminantes de las aguas residuales a diferencia del carbón activado que tiene un alto costo en su fabricación y comercialización. Por último, en lo social, la gran mayoría de los cultivos de peces en grandes tanques usan el agua desmedida y generan grandes descargas de aguas residuales que contienen altas concentraciones de nitrato, es por eso que la investigación opta por un sistema acuapónico y el sistema de adsorción con biocarbón para generar buenas producciones de peces como de hortalizas, asimismo de crear un sistema en equilibrio, amigable con el ambiente y de la salud alimentaria de la sociedad.

Los componentes utilizados en la acuaponía fueron las Tilapias, un tipo de pez ideal para el sistema acuícola porque crece rápido, es resistente a las enfermedades y al oxígeno, y tiene una baja tasa de mortalidad (Guzmán, Gerbens y Vaca, 2021, p.2). También se usaron las hortalizas (Lechuga y Albahaca) porque son comunes

en los sistemas acuaponía e hidroponía y tiene diferentes características en su desarrollo y maduración (Yang y Kim, 2020, p.2).

A base de la problemática, la acuaponía de ser una alternativa en la purificación y uso adecuado del recurso hídrico, en función del tipo de planta y peces cultivados, adicionalmente del biocarbón que genera beneficios para el sistema, puede generar ingresos adicionales para la economía familiar, contribuir al crecimiento sustentable y a la salud alimentaria.

Por ello se realiza como problema general:

**PG:** ¿Cuán eficiente resulta la adsorción y el cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos en un sistema acuapónico?

**PE1:** ¿Qué condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos?

**PE2:** ¿Qué condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica?

Las hipótesis fueron planteadas e indica que la hipótesis general es:

**HG:** La adsorción y el cultivo de hortalizas remueve nitrato de manera significativa en un sistema acuapónico.

**HE1:** Existen condiciones y propiedades optimas que debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos.

**HE2:** Existen condiciones y propiedades optimas que debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica.

De la misma manera los objetivos fueron planteados:

**OG:** Evaluar la remoción de nitratos en un sistema acuapónico mediante la adsorción y el cultivo de hortaliza.



**OE1:** Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos.

**OE2:** Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica.

## II. MARCO TEÓRICO

La siguiente sección presenta trabajos previos que contribuyeron a este estudio tales como:

Yang y Kim (2020), compararon la hidroponía con la acuaponía para evaluar la distribución de nitrógeno (N) y fósforo (P) durante 3 meses, para lo cual cultivaron Tomates Cherry, Lechuga y Albahaca, así como el pez Tilapia. El aporte de nitrógeno a la biomasa en la acuaponía estuvo entre el 30 y el 41% (21-24% de peces y 9-17% de plantas), mientras que sólo el 14-24% de la biomasa vegetal fue equivalente en la hidroponía. Como resultado, las plantas tienen una gran importancia significativa en la disposición de N y P, por lo que el Tomate es efectivo para remover Nitrógeno de las aguas residuales en comparación con la albahaca y lechuga. Además, las mejores prácticas de manejo y selección de cultivos pueden mejorar la eficacia de ambos sistemas.

Su et al. (2020), en un sistema acuapónico de agua recirculante con pez Bagre africano y cultivo de lechugas, utilizaron el biocarbón de pirólisis por microondas para varios tratamientos como  $T_A = (150 \text{ g})$ ,  $T_B = (300 \text{ g})$ ,  $T_C = (450 \text{ g})$  y control (0 g), donde el biocarbón de 450 g tiene un potencial en área de superficial microporosa, por lo que es útil como portador biológico para el cultivo de bacterias nitrificantes, también de convertir el amoníaco en nitrato y ayudó en la absorción de nutrientes de la lechuga (0.0562 %/día). Por lo tanto, el biocarbón producido por pirólisis de microondas puede ser una alternativa para el desarrollo de bacterias nitrificantes en un sistema acuapónico con el fin de eliminar el amoníaco y generar nitrato para el crecimiento de las plantas.

Yaashika et al. (2020), se centraron en el uso del biocarbón para remediar contaminantes dañinos a través de una revisión. Discutieron la producción de biocarbón utilizando una variedad de sistemas, y se determinó que los métodos utilizados para producir el biocarbón sirven como una herramienta importante para brindar oportunidades y apoyar un sistema económico, así como la clase de biomasa y requisitos de pirólisis para un progreso eficiente del biocarbón. Por otro lado, que el biocarbón es rico en carbono y se produce a partir de biomasa mediante combustión térmica y tiene varias ventajas en términos de limpieza de contaminantes.

Nunes et al. (2021), crearon biocarbón a partir de poda de vid que les permitió caracterizar la biomasa de vid para analizar los diferentes comportamientos de los elementos, y seguido discutieron las múltiples posibilidades de aplicación. La biomasa de la poda de vid se produjo con un horno de alta temperatura con 400 °C en 90 minutos para posteriormente evaluar la caracterización en el laboratorio. Finalmente, se determinan que los materiales producidos de la poda de uva tienen excelentes cualidades con un incremento más del 50% en la capacidad calorífica y un contenido de carbono del 60% en el proceso de carbonización, por lo que este tipo de procedimiento contribuye a la agregación de valor y buenas prácticas con los residuos del sector vitivinícola.

Supajaruwong et al. (2020), realizaron un diseño de un sistema acuícola de recirculación en comparación con un sistema acuapónico con la finalidad de eliminar nitrógeno y sedimentos durante 16 días de tratamiento. El agua tratada presentó concentraciones bajas en amoníaco (0 mg-N/L) y altas en nitrato (mayor de 6 mg-N/L) y luego de 20 días de operación en el sistema acuapónico dio bajas concentración de amoníaco y nitrito. Llegan a la conclusión que para aumentar la biomasa de la lechuga sería necesario aportar más nutrientes al sistema acuapónico debido a la falta de nutrientes para aumentar la biomasa como es el potasio y iones ferrosos.

Halim, Zaitun y Rahya (2021), cultivaron Pak choy (*Brassica rapa L*) con bagre de agua dulce (*Clarias sp.*). Estos utilizaron cuatro materiales orgánicos hechos de desechos agrícolas (cascara de coco, viruta de madera, biocarbón de cascara de coco, biocarbón de cascara de café). Combinaron dos biocarbón como sustratos en la hortaliza para proporcionarle nutrientes a la planta, particularmente el fósforo. Estos hallazgos demostraron que el biocarbón de cascara de coco tenía un alto contenido de fósforo y el biocarbón de cascara de café en potasio, también demostró que la circulación del agua no tenía efecto sobre la concentración de nutrientes en el sistema acuapónico.

Sahoo et al. (2021), se centraron en como la temperatura de la pirolisis afectaba las propiedades físicas y químicas del biocarbón elaborado de diferentes materiales

de desecho agrícolas (tallo de guandú y bambú) que fueron pirolizados (400, 500 y 600 °C) durante 1 hora antes de evaluar ambos materiales, en la cual resulta que la biomasa de bambú produce más cantidad de biocarbón (32.20 -27.00 %) a diferencia de la biomasa del tallo del guandú (29.80-21.70 %). Definen que, para ambos tipos de biomasa, la temperatura de pirolisis de 600°C fue el más positivo en términos de área superficial, volumen total de poros y fracción de la masa de carbono, además de tener efectos en el rendimiento del biocarbón y sus propiedades morfológicas y fisicoquímicas.

Zare y Ghasemi (2019), produjeron biocarbón de los residuos de hoja de palma que fue pirolizados a 600 °C para eliminar el contaminante nitrato en solución acuosa, también midieron el pH y los grupos de superficie del biocarbón, encontrando que el pH de biocarbón de hoja de Palma fue un aproximado de 8 y la mayor adsorción de nitrato de la solución con un rendimiento del 90 % se obtuvo a pH 2. Los dos modelos de isoterma (Freundlich y Langmuir) y la remoción de nitrato de la solución en segundo orden fueron los que mejor se ajustaron a los datos de adsorción. Lo que implicó que el uso del biocarbón de hoja de palma es prometedor para eliminar nitrato en aguas residuales.

Espinoza et al. (2018), utilizaron las excretas de peces para nutrir a las diferentes plantas (menta, hierbabuena y la albahaca) mediante un sistema acuapónico, fueron evaluadas respecto al crecimiento y el desarrollo de dichas especies. Concluyeron que las plantas herbáceas pueden adaptarse a las condiciones de cultivo y que pueden servir como filtros biológicos en los sistemas acuapónicos para la producción de tilapias porque mantienen un rango apropiado tanto en la producción de plantas como de los peces, y también descubrieron que la hierbabuena tiene mejor productividad porque es más eficiente en asimilar los nutrientes en el sistema acuapónico.

Song et al. (2019), para su producción del biocarbón manipularon varios tipos de materia prima (residuos de agrícola, madera, residuos de animales y acuáticos), con el fin de investigar los diferentes tipos de biocarbón en cinética de adsorción de nitrógeno amónico a diferentes concentraciones (10 mg/L y 100 mg/L) en comparación con la clinoptilolita. Estos autores llegan a la conclusión que la

clinoptilolita tiene mayor capacidad de adsorción y, asimismo del biocarbón de estiércol de cerdo a diferencia con los biocarbón producidos por residuos agrícola. Además, el jacinto de agua como el biocarbón de algas a una temperatura de 600°C muestran una alta capacidad de sorción para el amonio, probablemente a su porosidad a altas temperaturas de pirolisis.

Mopoung et al. (2020), elaboraron biocarbón de cascara de arroz mediante el método de carbonización en una temperatura de 400-600 °C y luego fueron analizados para posteriormente agregar al sistema acuapónico, asimismo las Tilapias y campanilla china para los estudios de crecimiento, además examinaron el agua del estanque de peces en un intermedio de 10 días durante 47 días. Los resultados mostraron que la gloria de la mañana china y las Tilapias en el sistema acuapónico con biocarbón fueron más altas que un experimento de control, las tasas de crecimiento de las Tilapias (23.5 g/cuerpo frente 22.7 g/cuerpo) y la campanilla (3.907 g/tallo frente a 2.609 g/tallo) mostró que el sistema implementado con biocarbón de cascara de arroz puede ayudar a tratar el agua residual del sistema acuapónico.

Liao et al. (2018), investigaron sobre las características fisicoquímicas y la capacidad de retención de nitrógeno inorgánico de biocarbón. Se utilizaron 8 tipos de materia prima pirolizados en 300, 500 y 650 °C. Concluyen que el biocarbón de caña de azúcar a temperaturas de 500-650 °C tiene más carbono, pero tiene una baja capacidad de retener nitratos, sin embargo, pirolizados a 500 - 350 °C si tuvieron mayor resultado en sorción de nitrato con 67.9 %.

Aghoghovwia, Hardie y Rozanov (2020), aprovecharon cinco materiales vegetales diferentes y neumáticos de caucho para elaborar biocarbón, caracterizarlo usando varias condiciones de pirolisis y también examinar las propiedades del biocarbón en la adsorción y desorción de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Como consecuencia, los seis biocarbonos tuvieron una capacidad de adsorción de  $\text{NO}_3^-$  en el rango de 15.2 a 15.9 mg g<sup>-1</sup> y se ajustaron al isoterma de adsorción lineal de 100 mg L<sup>-1</sup>, junto con la mayor eliminación de  $\text{NO}_3^-$  (82-89%) en contraste con el  $\text{NH}_4^+$  adsorbido al 53-60%.

Yang y Kim (2020), a través de la caracterización de las concentraciones de nutrientes en sistemas acuapónicos en comparación con hidroponía a lo largo de tres meses de producción, fue posible determinar qué nutrientes pueden tener un impacto en el crecimiento y rendimiento de Tomate Cherry, lechuga y albahaca. En consecuencia, el rendimiento del tomatillo fue comparable entre la acuaponía y la hidroponía, mientras que los rendimientos de lechuga y albahaca se disminuyeron en acuaponía a un 56% y un 67% en comparación con la hidroponía. Además, el alimento consumido por los peces carece de cantidades suficientes de magnesio (Mg) y calcio (Ca), lo que sugiere usar Mg antes de trasplantar los cultivares y Ca antes de que produzcan en los cultivos frutales para mejorar el crecimiento y calidad en el sistema acuapónico.

En lo que respecta a las teorías relacionadas, el **sistema acuapónico** es una combinación entre el cultivo de plantas en agua y crianza de peces, por el cual si se realiza de manera correcta sea crea un sistema simbiótico en el cual conviven las plantas, los peces y las bacterias que se benefician mutuamente (Yep y Zheng, 2019, p.2). Asimismo, manifiesta que un sistema acuapónico es una opción para producir de forma sostenible, un método que es extremadamente ventajoso para reducir efectos negativos en el ambiente, así también para reducir el uso de agua, reducir los agroquímicos y producir cultivos comerciales (Goddek y Körnerb, 2019, p.11).

Cabe mencionar de las **ventajas de la acuaponía**, donde tiene un montón de beneficios, entre ellos son los siguientes: un método altamente eficiente para reducir y reutilizar los residuos que de lo contrario se tiraron al medio ambiente; reduce los gastos de funcionamiento del sistema acuapónico en climas áridos e interiores con calefacción donde el agua es un recurso valioso; las plantas hidropónicas purifican el agua utilizada en el cultivo; un buen diseño puede eliminar la necesidad de un biofiltro separado; la calidad del agua y del suelo no se deteriora, puede aplicarse a pequeña o gran escala y las plantas ecológicas se cultivan sin uso de fertilizantes o productos químicos (Meacham, 2021, p.17). Por otro lado, las **desventajas de la acuaponía**, se halla de la siguiente manera: el requisito de personal calificado para el mantenimiento de todos los procesos; la inspección de

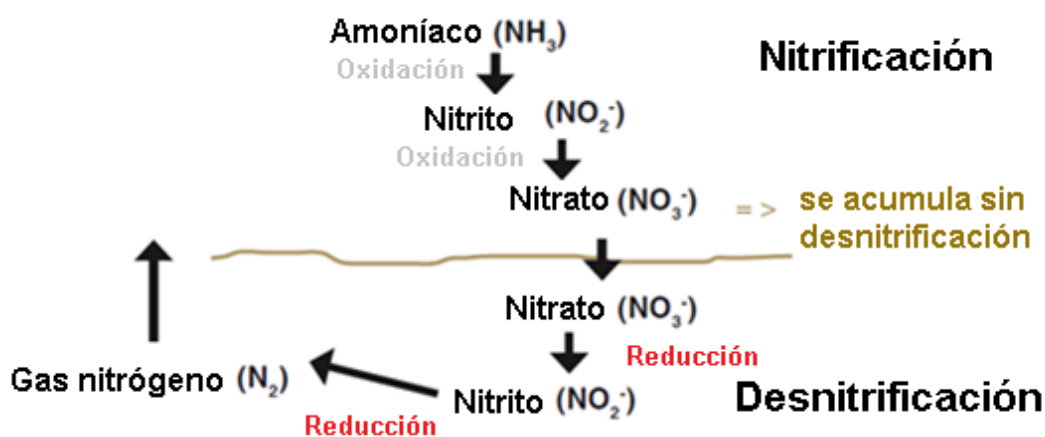
plagas y conocimiento general del tema; se necesita conocer de la acuicultura y horticultura para lograr soluciones y avanzar en los sistemas de producción; el alto coste inicial de los implementos necesarios que deben comprarse para comenzar la producción; la dependencia de la energía eléctrica y la gestión constante (Goddek et al., 2019, pp.7-9). Además, el sistema acuapónico compone de tres tipos de subsistemas hidropónico que es conformada por balsa flotante, la técnica de película de nutrientes (NTF) y una cama de medios que actúa como un biofiltro además de un clarificador y un sumidero (Lobillo et al., 2020, p.12).



**Figura 1.** Sistema acuapónico: (1) Tanque de peces; (2) Clarificador; (3) biofiltro y lecho de medios; (4) sumidero y balsa flotante; (5) NTF. Las flechas de color azul son las direcciones de los flujos del agua en recirculación

Fuente: Lobillo et al. (2020)

El **nitrito** se produce como subproducto de la oxidación del amoníaco que tiene lugar en las etapas finales del ciclo del nitrógeno y puede encontrarse en los estanques de peces en diversos grados (Sharpe, 2020). Como es el alimento no consumido por los peces se degrada rápidamente en el agua, aumentando el amoníaco, el nitrito y el fósforo (Dauda et al., 2019, p.83). El nitrito es un subproducto de la nitrificación y desnitrificación bacteriana del amoníaco y el nitrato, respectivamente (BIOMIN, 2021).

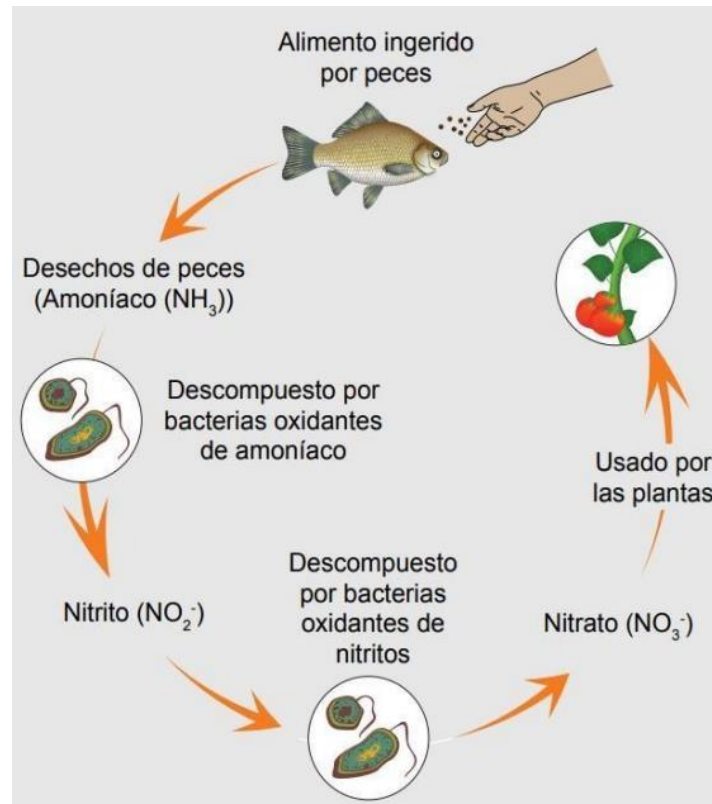


**Figura 2.** Nitrificación y desnitrificación  
Fuente: BIOMIN, 2021

El **desarrollo de la nitrificación** es el proceso en el que el amoníaco se oxida biológicamente con oxígeno para producir nitritos, a lo que sigue la oxidación de estos nitritos para producir nitratos (Liu et al., 2020, p.1). Igualmente, las bacterias desnitrificantes son microorganismos que, en ausencia de oxígeno disuelto, son capaces de utilizar el nitrógeno nitrado como aceptor terminal de electrones. La desnitrificación es el proceso por el que el nitrato se reduce a dióxido de nitrógeno (Xu, Dai y Chai, 2018, p.1). En el contexto de la acuaponía, se trata de un subproducto de la piscicultura, por el cual es el proceso de fijación de nitrógeno en un sistema acuático que proporciona nutrientes a las plantas y al mismo tiempo se convierte en amoníaco y nitrito tóxicos. También, la demanda química de oxígeno (DQO) mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar los compuestos orgánicos del agua y otras sustancias oxidables, no solo los residuos biodegradables (Deswati et al., 2021, p.4). Los peces regulan la presión osmótica de los fluidos para adaptarse a su entorno (Kumari et al., 2023, p. 2). El movimiento



de los fluidos a través de las membranas regula la presión osmótica y afecta a la presión sanguínea, sin los sistemas de osmorregulación, las células del cuerpo se atrofian en soluciones hipertónicas o se rompen en hipotónicas y los peces estenohalinos viven en agua hipotónica, lo que diluye su orina y transporta la sal a través de sus branquias (Hinić-Frlog, 2020, p. 57).



**Figura 3.** Ciclo del nitrógeno en un sistema acuapónico  
Fuente: FAO, 2014

Por otra parte, el control de los **parámetros del agua** en tiempo real es fundamental para ayudar a los agricultores a identificar la baja calidad del agua, evitando así los efectos ecológicos negativos y tomando decisiones sobre la calidad del agua (Jamroen et al., 2023, p.2). En la acuaponía, la calidad del agua puede observarse desde varios aspectos, como las concentraciones de amoníaco, nitrito (NO<sub>2</sub>) y nitrato (NO<sub>3</sub>), el pH, la temperatura y el nivel del agua del tanque, el oxígeno disuelto (OD), la conductividad eléctrica (CE), la salinidad (SL), la dureza del agua y el caudal del agua. Los factores de calidad del agua son el aspecto más significativo y desafiante en acuaponía debido a sus frecuentes variaciones. Un control y una

gestión óptimos del agua crean un hábitat simbiótico saludable para los peces, las plantas y los microbios (Farag et al., 2022, p. 6).

**Tabla 1.** *Parámetros de calidad del agua*

Parámetros	Rango óptimo	Unidad	Referencias
pH	7.5 - 8.5	-	BIOMIN, 2021
	6.5 – 8.2		Udanor et al., 2022
Temperatura	25 - 30	°C	Hager et al., 2021
	31 - 36		BIOMIN, 2021
	25.5 – 30.5		Udanor et al., 2022
Oxígeno disuelto	5 - 8	mg/L	Hager et al., 2021
	> 4		BIOMIN, 2021
Conductividad eléctrica	Agua dulce: 30 – 5000	µs/cm	BIOMIN, 2021
Nitrato	< 100	mg/L	BIOMIN, 2021
	<50		Sharpe, 2020
Sulfato		mg/L	BIOMIN, 2021
DQO	< 25	mg/L	Deswati et al., 2021
Turbidez	< 50	mg/L	BIOMIN, 2021

Fuente: BIOMIN, (2021)

Los niveles de Oxígeno disuelto (OD) se ven influidos por la densidad de población, las especies vegetales y acuáticas, las partículas en suspensión, la salinidad y la temperatura. El OD y la temperatura están relacionados de forma negativa, por lo que un control inadecuado dificulta el desarrollo de los peces. Aunque los valores más cercanos a 8 mg/L son preferibles para la mayoría de los peces, el rango más bajo de niveles de OD tolerables es de 5 mg/L (Hager et al., 2020, p. 23). Igualmente, la temperatura afecta al metabolismo de los peces, a su alimentación y a la toxicidad del amoníaco. El agua caliente retiene menos O<sub>2</sub> que el agua fría, lo que afecta a la respiración de la biota (Limburg et al., 2020, p. 25). La temperatura del estanque es incontrolable y las criaturas acuáticas fluctúan su temperatura corporal y son susceptibles de sufrir cambios rápidos de temperatura. Las temperaturas varían según las especies (BIOMIN, 2021). El pH mide la acidez/alcalinidad del agua y debe ser de 7.5 a 8.5 en la acuicultura. Mantener un pH saludable influye en el metabolismo y la fisiología de los peces. Si se sale de

este rango, puede provocar estrés, susceptibilidad a las enfermedades, disminución de la producción, desarrollo deficiente y mortalidad (BIOMIN, 2021).

Acerca de la lechuga y la albahaca, se eligen por su uso en sistemas de producción tanto acuapónicas e hidropónicas y, diferencias en sus características físicas (Yang y Kim, 2020, p. 5).

La **Lechuga** (*Lactuca sativa*), es una hortaliza originaria del Mediterráneo, una planta muy exitosa y diversa en todo el mundo que tiene propiedades particularmente antioxidantes que funcionan como nutrientes y es consumido por una variedad de personas (Shi et al., 2022, p. 2).

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Viridiplantae
<b>Infrareino:</b>	Estreptofita
<b>Superdivisión:</b>	Embriofitas
<b>División:</b>	Tracheophyta
<b>Subdivisión:</b>	Espermatofitina
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Suborden:</b>	Asterane
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	Asteraceae
<b>Género:</b>	<i>Lactuca L.</i>
<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa L.</i>

Fuente: Shi et al., 2022, p. 4



**Figura 4.** Lechuga (*Lactuca sativa*)

Fuente: Elaboración propia

Además, ciertas características **morfológicas** del cultivo de la lechuga en comparación con el cultivo en suelo se muestran en la tabla 3 a continuación.

**Tabla 3.** Morfología de la lechuga cultivada en hidroponía vs el cultivo en el suelo

	Altura de la planta (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Ancho de la planta (cm)	Densidad de la hoja (cm)	Longitud de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)
<b>Hidroponía</b>	18.92±1.37	33.14 ± 3.06	21.67±1.54	18.91±0.76	16.0±0.75	9.15±0.64
<b>Suelo</b>	20.0±0.98	23.16±2.34	22.49±1.45	18.55±1.40	18.24±0.81	10.24±0.42

Fuente: Lei y Engeseth, 2021, p. 5

En cuanto a la **albahaca** (*Ocimum basilicum*) es una planta fragante y curativa, con tallos elevados y ramificados que se utiliza para dar sabor a las comidas, salsas (Jaborova et al., 2021, p. 2). Se cultivan particularmente en zonas tropicales y templados (Tangpao et al., 2022, p.1). Además, es una excelente opción para el cultivo en sistemas acuapónicos debido a su alta eficiencia de absorción de nitratos

y su capacidad para reducir los niveles de nitratos en el entorno de cultivo (Khalil, 2018, p.393).

**Tabla 4. Taxonomía de la albahaca**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Subreino:</b>	Trachebioma
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Lamiales
<b>Familia:</b>	Lamiaceae
<b>Subfamilia:</b>	Nepetoideae
<b>Tribu:</b>	Ocimeae
<b>Género:</b>	<i>Ocimum</i>
<b>Especie:</b>	<i>Ocimum basilicum</i>

Fuente: Reyes, (2010)



**Figura 5.** Albahaca (*Ocimum basilicum*)

Fuente: Elaboración propia

Según Espinoza et al., (2018) el crecimiento de las tres plantas herbáceas (Menta verde, Menta y Albahaca); utilizaron como filtros biológicos en un sistema acuapónico para la producción de tilapias de Nilo (*Var. stirling*) durante 50 días después de su trasplante, donde la Albahaca tiene mayor área foliar mientras que la Menta es el más alto, tal y como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5.** *Desarrollo de la Menta, Menta verde y Albahaca*

Variables	Menta verde	Menta	Albahaca
Altura (cm)	46.87 ± 1.67	60.17 ± 2.39	43.03 ± 1.52
Numero de hojas	621.63 ± 7.34	305.36 ± 7.81	139.23 ± 6.91
Área foliar específica (cm <sup>2</sup> )	22.53 ± 0.57	18.07 ± 1.42	35.53 ± 1.55
Tasa de crecimiento absoluto (g planta día <sup>-1</sup> )	6.55 ± 0.48	1.49 ± 0.07	1.29 ± 0.16

Fuente: Espinoza et al., 2018, p.4

Otro punto según las **funciones y las deficiencias que tiene el nutriente** respecto al nitrógeno (N) en sus diferentes formas de absorber por parte de las plantas, son las siguientes como se observa en la siguiente tabla 6.

**Tabla 6.** *Funciones y deficiencias del nutriente nitrógeno (N) en las plantas*

Forma que la planta absorbe el nitrógeno (N)	Funciones	Deficiencias
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), un grupo de amonio (NH), Dinitrógeno (N <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Las proteínas y la clorofila.</li> <li>-Es agente del color verde oscuro de las plantas.</li> <li>-Desarrollo de las hojas y tallos.</li> <li>-Suma el contenido de proteínas.</li> <li>-Mejora la calidad de las hortalizas.</li> <li>-Es rápido en su crecimiento inicial de las plantas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Las plantas crecen lento. Se adelgazan los tallos y se ponen leñosas.</li> <li>-Las hojas son más pequeñas de lo normal.</li> <li>-Las hojas inferiores son más vulnerables a síntomas y son visibles en todas las hojas de las plantas.</li> </ul>

Fuente: Zárate, 2019, p.27

Respecto a la **Tilapia** (*Oreochromis niloticus*), también conocida como Tilapia del Nilo, es el pez más empleado en los sistemas acuapónicos, que se reproducen rápidamente que tolera la mala calidad del agua y aglomeración, para lo cual el rango de temperatura ideal para las Tilapias es entre 25 y 30 °C, sin embargo, a 24°C el pez se vuelve más propenso a las infecciones y su desarrollo se reduce (Hager et al., 2021, p. 15).

**Tabla 7. Clasificación taxonómica**

<b>Reino:</b>	Animalia
<b>Subreino:</b>	Chordata
<b>Infrareino:</b>	Craneata
<b>Superdivisión:</b>	Gnostomata
<b>División:</b>	Picis
<b>Subdivisión:</b>	Actinopterygii
<b>Clase:</b>	Teleostomi
<b>Suborden:</b>	Percoidei
<b>Orden:</b>	Perciformes
<b>Familia:</b>	Cichlidae
<b>Género:</b>	<i>Oreochromis</i>
<b>Especie:</b>	<i>Oreochromis niloticus</i>

Fuente: Jijón, 2022, p.36



**Figura 6.** Pez Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Fuente: Elaboración propia

Según Nozzi et al. (2018), en su experimentación durante 57 días evaluaron el crecimiento de los peces, para lo cual se evidencia que el 30 de junio se manifiesta la pérdida de un pez que pertenece al tanque A, debido a la aglomeración durante el desarrollo de los peces.

**Tabla 8.** Crecimiento de la lechuga en diferentes tanques del sistema acuapónico

Fecha/Duración	Parámetros	Tanque A	Tanque B	Tanque C
4 mayo 2015	Numero de peces	50	50	50
	Peso total (kg)	12.40	10.82	11.31
	Peso promedio por pez (kg)	0.248	0.216	0.226
30 junio 2015	Numero	49	50	50
	Peso total (kg)	24.11	21.03	24.20
	Peso promedio por vez (kg)	0.492	0.421	0.484
50 días	Ganancia de peso promedio por pez (kg)	0.244	0.205	0.258
	Biomasa total de peces producida (kg)	11.96	10.25	12.90
	Tasa de crecimiento específica (%/día)	1.20	1.17	1.33
	Relación de conversión alimenticia (FCR)	1.25	1.49	1.16

Fuente: Nozzi et al., 2018, p.4

Por otro lado, el **biocarbón** es un material carbonizado que funciona principalmente como agente de eliminación de metales pesados, contaminantes orgánicos, nitrógeno y fósforo hallados en el agua, debido a sus propiedades de adsorción (Wang y Wang, 2019, p. 1003 y Xiang et al., 2020, p.5).





**Figura 7.** Parra de vid y Biocarbón de parra de vid

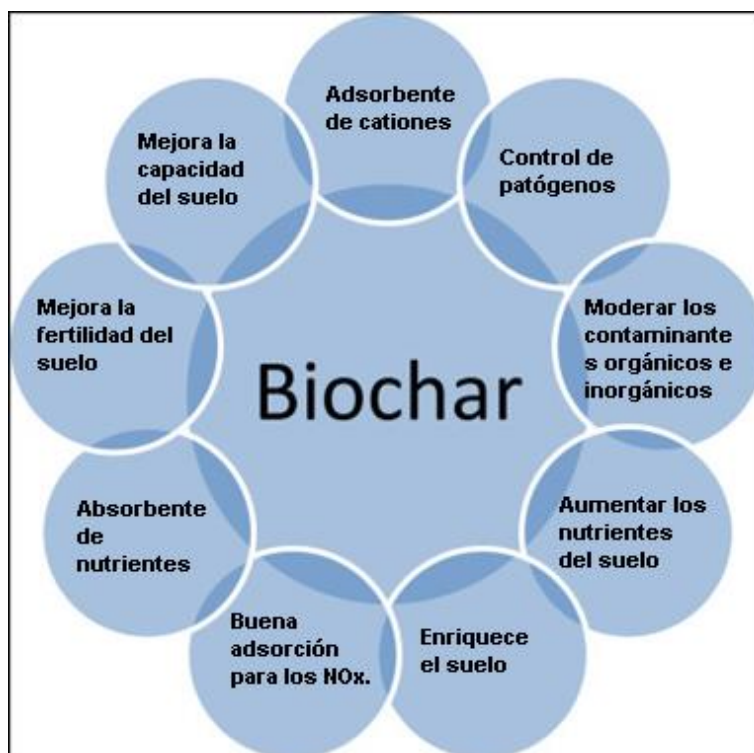
Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, el biocarbón es un material de grano fino, poroso y rico en carbono que se produce al pirolizar residuos municipales, industriales y animales a una temperatura de entre 350 y 600 °C sin oxígeno, el contenido nutricional y las propiedades fisicoquímicas del biocarbón dependen del tipo de biomasa y de la temperatura, y presenta nuevas propiedades fisicoquímicas como una elevada relación superficie/volumen, granos funcionales y poros funcionales (Chittaranjan et al., 2019, p.64).



**Figura 8.** Usos potenciales del biocarbón en acuicultura

Fuente: Chittaranjan et al., 2019, p.64



**Figura 9.** Beneficio del biocarbón en el ambiente

**Fuente:** Oni, Oziegbe y Olawole, 2019, p.223

**Tabla 9.** Ventajas y limitaciones del biocarbón

Aplicaciones	Apuntar	Ventaja	Limitaciones
Catalizador	Sirve como material de apoyo para el análisis directo.	Mas grupo operativos, menor coste, mayor superficie.	La efectividad es probable que sea menor.
Almacén de energía	Uso como materiales de electrodo	Alta porosidad, gran área superficial, bajo costo	La productividad es baja.
Adsorbentes	Eliminación de contaminantes orgánicos y no orgánicos de sistemas de agua y suelo.	El bajo costo del biocarbón y su alta concentración de oxígeno favorecen la absorción de los contaminantes.	Los metales pesados quedan atrapados en el suelo y por ello se desconoce la efectividad de la eliminación de contaminantes.
Compostaje	Mejora de la mineralización del carbono y de la estructura microbiana.	La porosidad preserva los nutrientes y disminuye los gases de efecto invernadero.	Hay probabilidad de que los metales costosos y entre otros contaminantes se filtren en el suelo.
Enmienda del suelo	Aumentar la retención de carbono, la fertilidad y la calidad del suelo.	Bajo coste, minimiza las emisiones de efecto invernadero, retiene el agua y los nutrientes y controla la pérdida de nutrientes.	Pueden persistir los metales pesados y los hidrocarburos poli aromáticos.

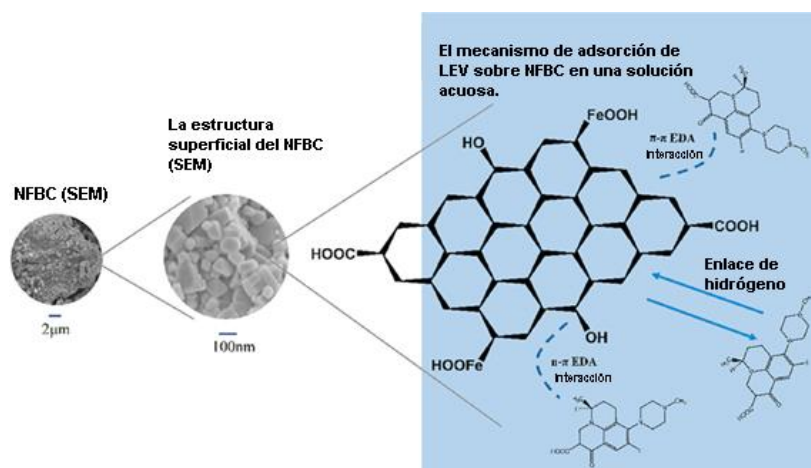
**Fuente:** Yaashika et al., 2020, p.8

Además, para la elaboración del biocarbón se utiliza el **proceso de la pirólisis** porque implica la descomposición térmica de una materia prima, que luego puede convertirse en carbón vegetal mediante procesos de carbonización como la pirólisis, la gasificación y la carbonización hidrotérmica, transformando la biomasa residual en biocarbón, gas y bioaceite (Yaashikaa et al., 2020, p. 2). La pirólisis es el método de carbonización utilizado para producir biocarbón, mientras que la gasificación y la carbonización hidrotérmica rara vez producen un biocarbón que se ajuste a la definición de biocarbón (Wang y Wang, 2019, p.1006). En condiciones limitadas o sin oxígeno, la pirólisis es una vía termoquímica que descompone los compuestos orgánicos (Leng et al., 2018, p.215). Asimismo, la pirólisis se divide en procesos rápidos y lentos según la velocidad de calentamiento, la temperatura, el tiempo de permanencia y la presión. (Magdziarz, Wilk y Wadryk, 2020, p.1). Además, que la temperatura de pirolisis juega un papel importante en la formación del biocarbón, en su estabilidad, en la proporción de sus componentes elementales, en el área superficial, en la estructura de los poros y en los grupos funcionales. Por lo tanto, la fragmentación, los procesos de pirólisis adicionales y la presión del reactor que supera la presión atmosférica aumentan el rendimiento del petróleo y el gas (Al et al., 2022, p. 9).

**Pirólisis rápido:** Se considera un proceso termoquímico directo que tiene la capacidad de licuar la biomasa sólida en bioaceite líquido con un alto valor energético; las condiciones para la pirólisis rápida se caracterizan por lo siguiente: (i) calentamiento rápido de la biomasa ( $>100$  °C/min), (ii) tiempos cortos de partículas de biomasa y humos de pirólisis (0,5–2 s) a temperaturas altas y (iii) temperaturas de tratamiento de pirólisis que son moderadas (400-600 °C) (Cai et al., 2021, p.2).

**Pirólisis lenta:** La pirólisis lenta es un proceso de descomposición termoquímica que tiene lugar en ausencia de oxígeno y a una velocidad de calentamiento lenta para producir una fase líquida, una fase sólida rica en carbono y gases no condensables (Santín et al., 2017, p.2).

En relación a su **morfología**, el biocarbón está formado por carbón vegetal y cenizas, pero su composición exacta y sus propiedades elementales pueden cambiar en función de las materias primas y de las condiciones del proceso de pirólisis. Estos cambios pueden reducir significativamente la cantidad de toxicidad y el transporte de contaminantes (Oni, Oziegbe y Olawole, 2019, p.223). En la investigación de la pirólisis, la biomasa leñosa es la materia prima más utilizada, procedente en su mayor parte de los residuos de las industrias forestal, agrícola y maderera, como ramas, hojas, serrín, cáscaras, cáscaras, etcétera (Cai et al., 2021, p.3). Conforme a sus características del biocarbón pueden ser inestables y estables al mismo tiempo (Tasneem y Shah, 2017, p. 81) debido a su superficie cargada negativamente, el biocarbón tiene una mayor capacidad para retener nutrientes mediante la adsorción (Antonangelo, Sun y Zhang, 2021, p. 4). La adsorción del biocarbón implica que las moléculas se adhieran a su superficie y permanezcan en el interior de una fase líquida o gaseosa (Fernández, Marques y Freitas, 2018, p.3). Además, para identificar su potencial de adsorción de los contaminantes u otros usos, las investigaciones estructurales y elementales que ayudan a predecir el impacto del biocarbón en el entorno natural (Yaashikaa, 2020, p. 5; Amalina et al., 2022, p. 5), la adsorción del biocarbón tiene un amplio uso en la disminución de la contaminación del agua debido a su alta efectividad, bajo costo y operación sencilla, pero los materiales de adsorción convencional presentan con frecuencia una pobre eficiencia de adsorción, alto costo o un estrecho rango de pH, lo que restringe su amplia aplicación (Huang et al., 2017, pp.470-482). En la figura 10 se muestra el mecanismo de adsorción en una solución acuosa.



**Figura 10.** Adsorción del biocarbón  
Fuente: Xu et al., (2020)

Por otro lado, las **cualidades fisicoquímicas**, la calidad y el rendimiento de los productos pueden verse muy afectados por las circunstancias del proceso de pirólisis, por lo tanto, los parámetros del proceso de pirólisis son esenciales para aumentar la calidad y la cantidad de la producción (Tomczyk, Sokolowska y Boguta, 2020, p.192). De tal manera, Nunes et al. (2021) presenta los resultados de su análisis de la poda de vid como material carbonizado de la poda de vid como se muestra en la siguiente tabla 10.

**Tabla 10.** *Análisis termogravimétrico del biocarbón de poda de vid*

	Humedad (%)	Volátiles (%)	Cenizas (%)	Carbono fijo (%)
Muestra 1	1.35	33.33	7.30	59.36
Muestra 2	1.37	34.51	7.33	58.16
Muestra 3	1.30	33.85	7.22	58.94
Promedio	3.67	33.90	7.28	58.82
Desviación estándar	0.03	0.59	0.06	0.61
Confianza	0.04	0.67	0.07	0.69

Fuente: Nunes et al., 2021, p. 4

Consecutivamente los métodos de análisis del biocarbón para las propiedades químicas son el pH que influye en el efecto de eliminación de nitrato de las bacterias y el pH óptimo proporciona una condición de crecimiento favorable para los microorganismos (Su et al., 2020, p.3). El pH no solo influye en la forma química de los iones, sino que también altera la carga variable en las superficies del biocarbón a través de la protonación y desprotonación de los grupos funcionales de la superficie, lo que afecta los procesos (Zhang et al., 2020, p.7).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicativo, porque se basa en los principios teóricos o científicos que se obtiene de la realidad para determinar los efectos o incidencias de una variable sobre otra, a fin de solucionar casos reales con hechos concretos (Pilco y Jorge, 2015). La investigación es aplicada porque se sustenta en enfoques sobre el efecto del nitrato en la vida de la tilapia, principios de tratamientos de aguas residuales, enfoques del sistema de adsorción usando biocarbón y principios de la absorción de nutrientes por parte de las plantas para el desarrollo de la biomasa, con la finalidad de eliminar los niveles de nitrato presentes en el sistema acuapónico, además de lograr la recirculación para su aprovechamiento en el sistema y producción de hortalizas.

En cuanto al enfoque de la investigación es cuantitativa porque se considera completa y útil, ya que cumple todos los requisitos para probar las relaciones de causa y efecto (Kusuma, 2021). Es cuantitativo ya que se considera la manipulación de las variables independientes (sistema de adsorción y cultivo de hortalizas) y, de la medición de la variable dependiente (remoción de nitrato en el sistema acuapónico), considerando además el desarrollo de la biomasa de las hortalizas y de los peces en el sistema.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es absolutamente experimental, está diseñado para cuantificar e identificar las causas de un efecto. Una o varias variables relacionadas con las causas se cambian deliberadamente para ver cómo afectan a otra variable de interés (Tamayo, 2020). Esta investigación es experimental porque maneja dos variables independientes mencionadas, para lo cual se han establecido dos unidades experimentales constituido por cada sistema acuapónico que provee agua residual a cada unidad de tratamientos con operaciones unitarias (físicos y biológicos), respecto al físico se ha implementado el proceso de adsorción usando biocarbón de parra de Vid, mientras que el sistema biológico se distingue porque se usaron dos especies de plantas diferentes, lechuga (A) y albahaca (B), con el fin de evaluar el desempeño de cada unidad y el rendimiento del sistema acuapónico.

**Tabla 11. Características de las unidades experimentales**

Vasos desechables con algodón	4 y 6 semillas por vaso
Diámetro de cada vaso	70 mm
Cantidad de parra de uva para la generación del biocarbón	21.06 kg

Fuente: Elaboración propia, 2022

**Tabla 12. Características de las unidades experimentales – Primer experimento**

<b>Características del tratamiento - Primer experimento por semana durante un mes en el Sistema A y B</b>		
Tratamiento	Hortalizas	Biocarbón
<b>Sistema de adsorción</b>		
Dosis de Biocarbón para cada cultivo de hortaliza	500 g	250 g
Mediciones en el tiempo (Sulfato)	1 vez a la semana (entrada y salida)	48 total
Mediciones en el tiempo (pH y Conductividad)	3 veces por semana (Entrada y Salida)	288 total
<b>Cultivo de hortalizas</b>		
Mediciones en el tiempo (Sulfato)	1 vez a la semana (Entrada y Salida)	48 total
Mediciones en el tiempo (pH y Conductividad)	3 veces por semana (Entrada y Salida)	288 total
<b>Estanque de peces</b>		
Mediciones de (DQO y Sulfato)	1 vez a la semana	16 total
Mediciones de (Turbidez, Temperatura, pH, Conductividad, OD y SS)	3 veces por semana	72 total
<b>Caudal</b>		
<b>Q<sub>1</sub></b> = Llenado parcial = profundidad 10 mm	0.22 L/s	
<b>Q<sub>2</sub></b> = Llenado total	0.60 L/s	

**Tabla 13.** Características de las unidades experimentales – Segundo experimento

<b>Características del tratamiento - Segundo experimento por días en el Sistema A y B</b>		
Tratamiento	Hortalizas	Biocarbón
<b>Sistema de adsorción</b>		
Dosis de Biocarbón para cada cultivo de hortaliza	500 g	250 g
Mediciones en el tiempo (Sulfato y Nitrato)	1 vez al día (entrada y salida)	264 total
Mediciones en el tiempo (pH y Conductividad)	1 vez al día (entrada y salida)	264 total
<b>Cultivo de hortalizas</b>		
Mediciones en el tiempo (Sulfato y Nitrato)	1 vez al día(entrada y salida)	264 total
Mediciones en el tiempo (pH y Conductividad)	1 vez al día (entrada y salida)	264 total
<b>Estanque de peces</b>		
Mediciones de (Sulfato y Nitrato)	1 vez al día	44 total
Medición de DQO	Interdiario	12 total
Mediciones de (Turbidez, Temperatura, pH, Conductividad, OD y SS)	1 vez al día	132 total

Fuente: Elaboración propia, 2022

Durante los 30 días de funcionamiento del primer experimento se realizó la toma de muestras para los dos sistemas A y B, mencionando la totalidad de cada parámetro en cada punto a mencionar como se muestra en la tabla 13. Asimismo, como se visualiza en la tabla 14 para el segundo experimento durante 11 días se ejecutaron las mediciones de los parámetros fisicoquímicos, indicando la totalidad



de cada punto del sistema A y B, además de monitorear el nitrato en los tanques de peces, sistema de adsorción y cultivo de hortalizas.

### **3.2. Variables y operacionalización**

- **Variable independiente:** Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas
- **Variable dependiente:** Remoción de nitrato

**Tabla 14. Matriz de operacionalización de variables**

Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos de un sistema acuapónico, 2022					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VI: Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas	Este método se utiliza para tratar el agua y consiste en la adhesión de una capa de partículas moleculares o atómicas. Utiliza materiales elaborados a partir de diversas biomazas para evitar la creación de olores químicos, lo que lo convierte en un método alternativo para la eliminación de contaminantes (Tejada et al. 2015)	El sistema de adsorción tiene la capacidad de adherir contaminantes, además de convertir en bacterias nitrificantes. Para ello se utilizó el biocarbón de parra de vid con diferentes dosis, con la finalidad de reducir el nitrato.	Biocarbón	Adsorción de biocarbón en el sistema acuapónico (mg/L)	Ordinal
				Dosis de biocarbón Kg	Ordinal
				Temperatura °C	Ordinal
				Tiempo de producción del biocarbón h	Ordinal
	Cultivo de hortalizas es una actividad de sembrar hortalizas, además que las hortalizas se definen como plantas herbáceas cultivadas con fines de autoconsumo, así como también incluye una variedad de cultivos, que se comercializan en mercados, generando ingresos (FAO y CIRAD, 2021)	Es un conjunto de plantas herbáceas comestibles cultivados en huertos y estas plantas tienen la capacidad de absorber nutrientes por sus raíces. Por ello se usa la lechuga y la albahaca para reducir o remover el nitrato producido por los peces en un sistema acuapónico.	Plantas (Albahaca y Lechuga)	Tiempo de germinación en días	Ordinal
				Tamaño mm	Ordinal
				Peso g	Ordinal
Condiciones de operación (Caudal)	Q <sub>1</sub> L/h	Q <sub>2</sub> L/h	Ordinal		
			Ordinal		
VD: Remoción de nitrato	Las plantas aprovechan la absorción de nutrientes removiendo la concentración de nitrato generado por la población de peces (Wongkiew et al., 2017).	La concentración de nitrato producido es removida mediante el proceso de adsorción y absorción para el óptimo funcionamiento del sistema acuapónico.	Remoción de nitrato	Remoción (% y concentraciones) en subsistema de hortalizas, subsistema de biocarbón y en el sistema acuapónico	Ordinal
			Mejora de la calidad acuática y biológica	DQO, temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sulfato, biometría de peces	Ordinal

Fuente: Elaboración propia, 2022

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

**3.3.1. Población:** Se define la planificación que se hace de la búsqueda en todos los componentes analíticos de la investigación (Hernández y Carpio, 2019). En este estudio, la población estuvo conformada por la piscigranja ubicada en Manchay-Lima donde se obtuvo las tilapias. Además de las semillas de lechuga y la albahaca que se venden en el mercado de Campoy-San Juan de Lurigancho.

- **Criterios de exclusión:** Se excluyen las semillas no germinadas durante la experimentación.

**3.3.2. Muestra:** Se define muestra a un grupo de poblaciones, cuya investigación permite obtener conclusiones sobre el estudio (Arispe et al., 2020)

La muestra estuvo conformada por 300 L de agua sin cloro, 1.1 g de semillas de lechuga y albahaca, y 20 tilapias de 10 cm de longitud aproximadamente.

**3.3.3. Muestreo:** El muestreo es no probabilístico, porque la población de la muestra se elige según a la conveniencia del investigador (Hernández, 2019). Lo cual permite elegir la cantidad de participantes que desee tener en el estudio (Hernández, 2021).

**3.3.4. Unidad de análisis:** Dos cultivos de hortalizas (Lechuga y Albahaca), con la finalidad de remover nitrato en un sistema acuapónico con un paso de biocarbón (250 – 500 g) al inicio de cada uno.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos



Se empleó el análisis de revisión y el análisis de observación para responder a las preguntas de investigación relativas al tema (Castillo, 2021).




Para efectos de dar respuesta a las preguntas de investigación se utilizó tanto el análisis de revisión como el análisis de observación. Las herramientas de recolección de datos utilizadas fueron las fichas de observación que se encuentran en el (ANEXO N°2), ya través de la recolección de datos fue posible rastrear los cambios que ocurren para los tratamientos mencionados anteriormente.




En cuanto a la validez de los datos, se muestra en la Tabla 14 donde se muestran las herramientas utilizadas en conjunto con la metodología. Otro elemento que afecta la confiabilidad de los datos es la calibración de todos los equipos de recolección de datos, que se realizó para garantizar que el equipo estuviera

correctamente calibrado antes de medir cualquier parámetro físico o químico durante todo el experimento.

**Tabla 15.** Validación de equipos para determinar los parámetros físico-químicos

Equipo	CONCEPTO	MÉTODO	USO	MARCA	CODIGO	IMAGEN
<b>Reactor de digestión</b>	El reactor HACH DRB200 permite determina el DQO de las aguas residuales haciendo pasar la muestra del vial a una temperatura elevada durante un periodo de tiempo (Doumin et al., 2022)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 D. 23rd. Ed (2017)	El digestor se calienta a 150 °C para introducir el vial y permanece allí durante 2 horas.  Una vez que las muestras de digestión están a temperatura ambiente, un colorímetro multiparamétrico mide la DQO (Verzola, Oliveira y Routolo, 2022, p.)	HACH	DBR 200	
<b>Colorímetro</b>	El colorímetro multiparamétrico es un instrumento diseñado para medir diversos parámetros del agua (papadopo et al., 2021).	<b>Nitrato:</b> SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3 <sup>-</sup> E, 22nd Ed. 2012  <b>Sulfato:</b> SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4 <sup>2-</sup> E, 22nd Ed. 2012  <b>DQO:</b> SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5220 D. 23rd. Ed (2017)	En este equipo se introduce una muestra de 10 ml de aguadestilada. La muestra se diluye con 10/100 ml de agua destilada para que el equipo pueda leer, y el resultado se multiplica por 10 (Correa G. p. et al. 2019, p. 47-48)	HACH	DR 900	

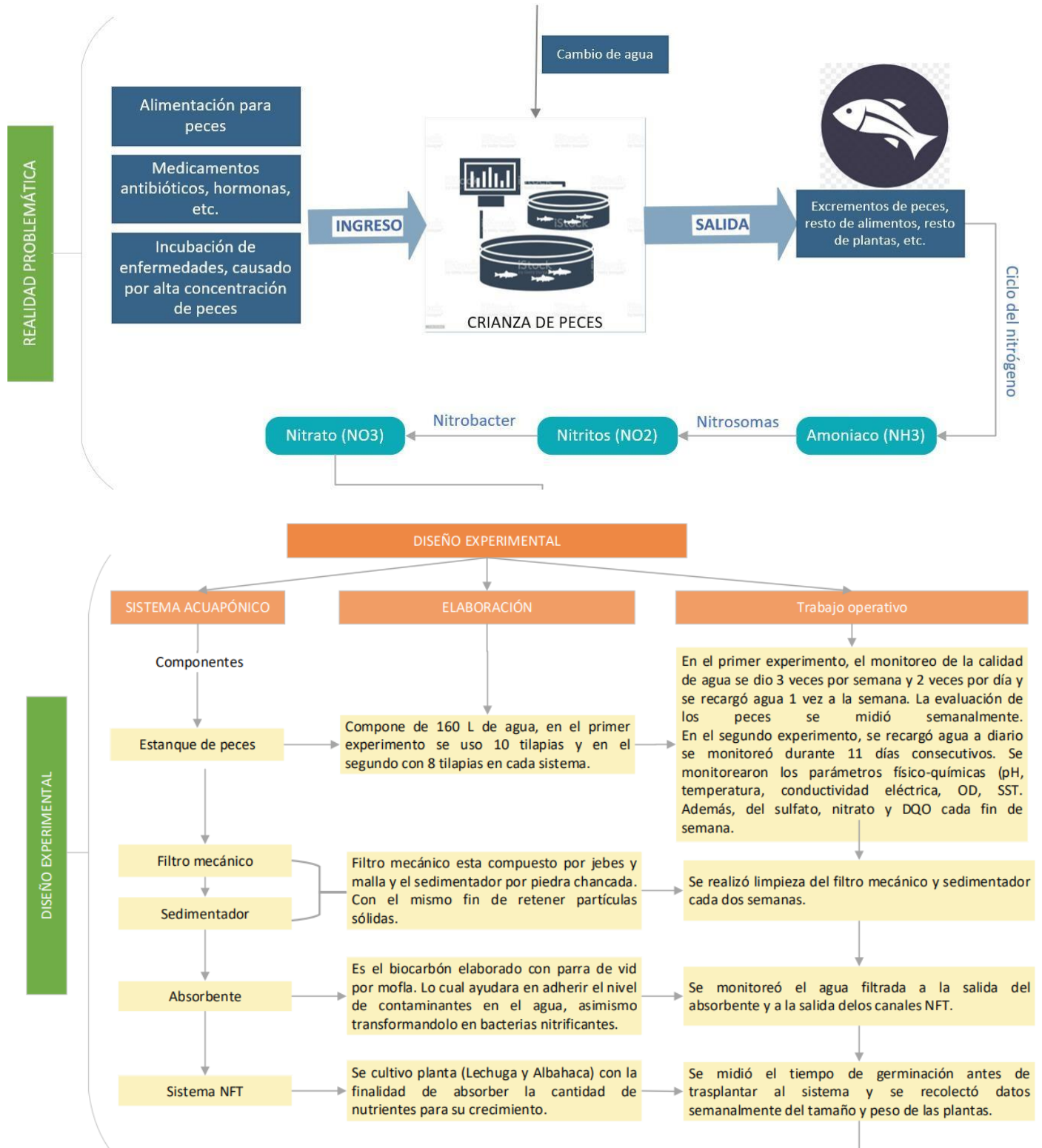
<p><b>pH metro</b></p>	<p>Este instrumento determina pH (Wiatkowski t al., 2021)</p>	<p>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part4500-H+ B, 22nd Ed. 2012</p>	<p>Con este instrumento se pueden medir las características físicas y químicas (Conductividad, pH y temperatura) con sonda multiparamétrica (Guerrero C. et al. 2021, p. 5308).</p>	<p>EZDO</p>	<p>7200</p>	
<p><b>Conductímetro</b></p>	<p>Este instrumento mide la conductividad eléctrica en ms/ppm (Santander et al., 2018)</p>	<p>SMEWW-APHA-AWWA - WEF Part2510 B, 22nd Ed. 2012</p>	<p>Para medir la conductividad del agua, se utiliza dicho conductímetro digital introduciendo en el agua y arroja el valor del parámetro medido (Lauzurique Y. et al. 2022, p. 4)</p>	<p>HANNA DiST® 6</p>	<p>HI 98312</p>	
<p><b>Cono de Imhoff</b></p>	<p>El cono tiene como finalidad sedimentar sólidos (Papadopoulos et al., 2020)</p>	<p>SMEWW-APHA-AWWA-WEFPart 2540 C, 22nd Ed. 2012</p>	<p>Se utiliza el Cono Imhoff para evaluar el índice de volumen de lodos sedimentables (Harun A. et al., 2019, p.288)</p>	<p>Kartell</p>	<p>1000 ml</p>	

<b>Balanza</b>	Es un dispositivo que mide pesaje y su característica principal es la sensibilidad con la que pesa cada producto.	Gravimetría	Útil para calcular con precisión la cantidad de materiales en forma líquida, pastosa, en grumos o sólida.	Sartorius	5201-1s	
<b>Agitador de tamices</b>	Es una maquina tamizadora vibratoria que utiliza un motor eléctrico para moverse y girar en un movimiento circular, así como tamizar efectivamente los materiales.	Tamizaje	Sirve para agitar una placa de pruebas que están dispuestas de acuerdo con el tamaño de partícula.	W S Tyler Rx-29-10	41105003	
<b>Termómetro digital</b>	Termómetro digital con rango de temperatura de funcionamiento de grados centígrados y grados Celsius (Nakhchi et al., 2021)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.	Se emplea para determinar la temperatura de los cuerpos a medir (Kulkarni et al., 2022)	-	TP101	

Fuente: elaboración propia, 2022

### 3.5. Procedimientos

#### Flujograma de investigación





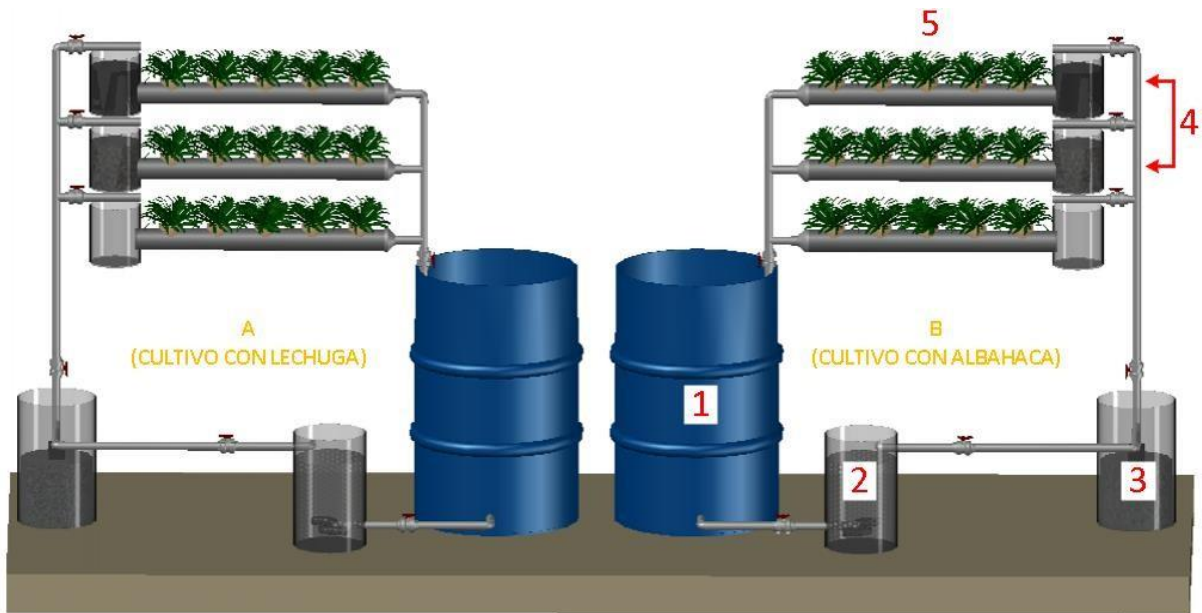


Fuente: Elaboración propia, 2022

### **Diseño del sistema acuapónico**

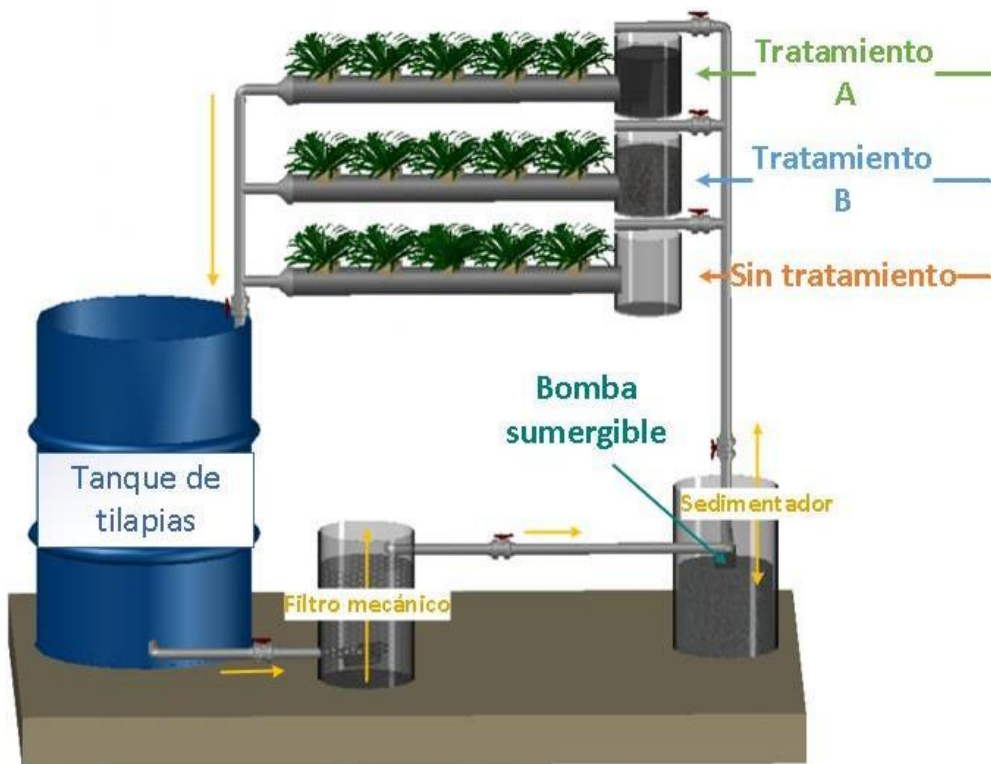
Este estudio tuvo un diseño experimental ya que se trabajó con la intervención y manipulación de variables. Además, se basó en referencia al artículo de los autores Huan et al (2020).

El diseño esquemático del sistema acuapónico se muestra en la Figura 11. El sistema comprende de dos sistemas acuapónicos los cuales están compuestos por dos tanques de Tilapias, por lo que el agua residual se dirige hacia los filtros mecánicos y luego a los sedimentadores, de manera que el agua residual es impulsado por una bomba sumergible y es transportado hacia al sistema de adsorción (biocarbón) con distintas dosis como se observa en la Figura 12, luego el agua filtrada pasa por el cultivo de hortalizas (Lechuga y Albahaca) por el cual este permite que las raíces estén en contacto directo a una fina película de agua que contiene nutrientes proporcionado por las Tilapias. Asimismo, el agua tratada culmina en el tanque de peces (Huan et al., 2020; Febriani et al., 2018 y Alcarraz et al., 2018).



**Figura 11.** Sistema acuapónico compuesta por: (1) Tanque peces; (2) Filtro mecánico; (3) Sedimentador; (4) sistema de adsorción y (5) Sistema NFT

Fuente: Elaboración propia, 2022



**Figura 12.** Diseño y disposición del sistema acuapónico

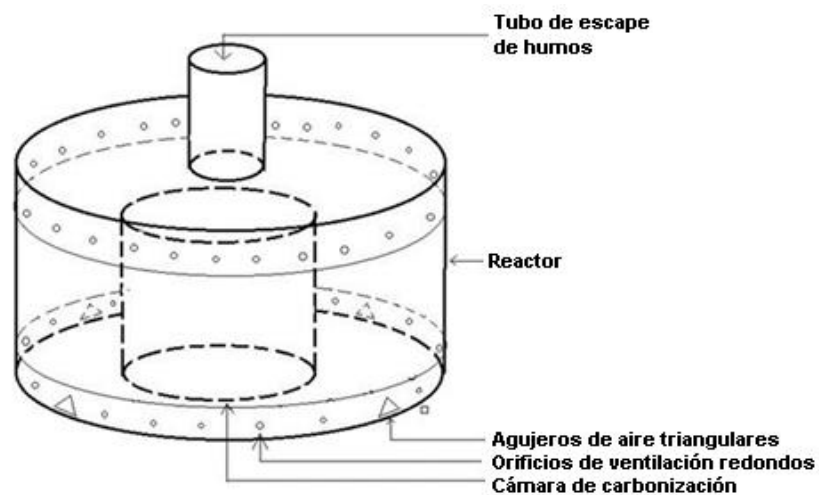
Fuente: Elaboración propia, 2022

Los tanques de cría de las Tilapias son de material de polietileno y tienen un volumen de 200 L (55 galones), al cual se agregó 160 L de agua blanda más 20 litros de agua de la piscigranja ubicada en Manchay - Lima, donde se adquirió los peces. El efluente de los tanques se descargó al filtro mecánico con un caudal de 43,72 L/s, con una capacidad de 45 L (compuestos por malla y jebes) para retener la presencia de sólidos, a este filtro se le agregó 40 L de agua. Luego, el efluente filtrado se descargó al sedimentador, con una capacidad de 45 L que generó mayor retención de sólidos, agregando 20L de agua y 40 Kg de piedra chancada. A continuación, el agua del sedimentador fue impulsada por una bomba sumergible con una capacidad de 3000 L/h, dónde se elevó el efluente con un caudal de 0.60 L/s y se regó por goteo a unos recipientes de capacidad 4 L donde se realizó el proceso de adsorción con biocarbón de diferentes cantidades 500 g – 250 g y uno de los canales sin biocarbón, estos se identificaron como opciones de tratamiento A, B, y C aplicado para ambos sistemas. El efluente del sistema de adsorción se condujo por filtración a través de los canales hidropónicos NFT para suministrar nutrientes a través de una fina película bañando las raíces de la Albahaca y Lechuga. Estos canales estuvieron elaborados con tubos de PVC de 3 pulgadas, con longitud de 90 cm, con separaciones de 30 cm uno del otro. Después, el efluente se condujo al tanque de Tilapias, completando la recirculación del agua en el sistema acuapónico.

### **Elaboración de biocarbón por Reactor de carbonización**

La parra de vid fue recogida en trozos en un fundo en la ciudad de Ica, que estuvieron expuestos al sol por un periodo de tiempo. Este proceso se realizó en el campus de la Universidad César Vallejo, en un área establecida con autorización. Pero antes del proceso de carbonización del material precursor, se tuvo los EPP`s completos. Asimismo, se procedió la carga de la biomasa seca en la cámara de carbonización con una cantidad de 21.06 Kg, después al interior del reactor se agregó carbón, aserrín y trozos de madera para posteriormente encenderla con una cantidad de gasolina, taparla y dejar que haga su función de carbonización. La temperatura del proceso fue monitoreada con un termómetro IR de rango amplio (marca: EXTECH 42530). Cuando llegó a una temperatura requerida a 530 °C aproximadamente se culminó el proceso de pirólisis, siendo así que la combustión

continuaba se tuvo que enfriar el reactor con agua y esperar 20 minutos para poder retirar la tapa o tubo de escape de humos. Luego se cristalizó el biocarbón con agua para poder remover el material a una temperatura corporal, de tal manera que se secó a temperatura ambiente, posteriormente se pesó en una balanza dando como resultado de 8.01 kg. Asimismo, el biocarbón se trituró en un mortero de diámetro (10 cm) para una cantidad de 1.8 Kg y tamizó por una tamizadora marca (WS TYLER RX-29-16) de malla N° 12 con diámetro 1.7 mm., para entonces pesar en una balanza marca (SARTORIUS ENTRIS, modelo 5201-1S) en 500 - 250 g y próximamente agregar a cada sistema correspondiente.



**Figura 13.** Partes de un Reactor de carbonización

Fuente: Adenivi et al, 2019, p.1285



**Figura 14.** Reactor de carbonización

Fuente: elaboración propia

### **Cultivo de Hortalizas**

Para sembrar semillas de Lechuga y Albahaca se utilizó algodones que contenían de 4 a 6 semillas y se depositaron en vasos de plástico en los cuales se realizó pequeños orificios en la base, para que al regarlos drene el exceso de agua.

Durante los primeros cuatro días, las semillas germinaron y, al sexto día las Lechugas tuvieron las raíces a una longitud de 32,09 mm y de la Albahaca 9,57 mm, aunque algunas semillas no habían germinado en absoluto. Después de los 20 días se comprobó que estaban listas para el trasplante, retirando cuidadosamente las plántulas del algodón se trasplantó a un vaso de plástico con orificio en la parte inferior para que tenga contacto directo con la fina película de agua del sistema de cultivo. Después, se trasplantaron 5 plántulas para cada canal NFT, teniendo 30 plántulas sanas para cada sistema, suministrando el nitrato y otros nutrientes para el cultivo de Lechuga y Albahaca.

Para determinar la cantidad de nitrato, se tomó muestras de agua a la entrada y salida del sistema hidropónico (González et al., 2017). Por lo tanto, el efluente del tanque de peces hacia el filtro mecánico fluyo a un caudal de 0.22 L/s ( $Q_1$ ) y el efluente del sedimentador hacia el sistema de tratamiento se bombeo con un caudal de 0.60 L/s ( $Q_2$ ).

### **Cultivo de Tilapias**

Las Tilapias (*Oreochromis ssp*) fueron sembradas con una densidad de 20 organismos para el primer experimento y para el segundo experimento se agregaron 16 Tilapias. Con una longitud inicial de 10 cm aproximadamente y peso inicial de 66.67 gramos. Durante el proceso experimental, el peso de alimento proporcionado para peces fue 1 gramo con valor nutricional de proteína mínima 28%, grasa mínima 5%, fibra máxima 6-8 % y ceniza máxima 12% en relación al peso de los peces se alimentó a la especie dos veces al día (9:00 am y a las 14:00 horas). Además, para evitar que el alimento contamine el agua, se hizo la limpieza constante y necesaria (Huan et al., 2020).

### **Estudios y mediciones de acuaponía**

El sistema acuapónico se instaló y operó en el distrito de San Juan de Lurigancho, Campoy durante un mes y 11 días de experimentación. Mientras que, en el proceso experimental, no se intercambiaba agua de los tanques A y B, pero se repuso agua de pozo debido a la evaporación, transpiración y los muestreos. Por otra parte, se realizaron análisis de la calidad del agua interdiario para el primer experimento y, para el segundo experimento se repuso el agua a diario en los tanques de peces completando con las evaluaciones diarias de la calidad acuática, el desarrollo de las Tilapias y de hortalizas en función con el sistema de adsorción.

### **Control de la calidad del agua**

Las muestras del efluente de los sistemas acuapónicos se realizaron tres veces a la semana; posteriormente se sometieron a análisis de calidad de agua en el laboratorio donde se ejecutó el proyecto para determinar la eficiencia del sistema acuapónico.

La temperatura se determinó utilizando un termómetro digital (TP101) y el pH se con un pH metro (EZDO 720). El  $\text{NO}_3$  se midió con un aparato espectrofotométrico ultravioleta de modelo (GENESYS™ 10S UV/Vis); el Oxígeno disuelto con un medidor de OD marca (HANNA HI9146); sulfato y DQO se midió con un colorímetro multiparamétrico (HACH DR 900) y un reactor de digestión (HACH DBR 200); la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro (HANNA DiST ® 6 HI 98312), en la medición de los SS se vació la muestra de agua en un cono de Imhoff que se dejó sedimentar para visualizar la cantidad de sedimento.

### **Diagnóstico del crecimiento de los peces**

Para determinar la longitud de los peces, se llevó un control de tamaño (cm) y peso corporal (g) en una tabla de biometría. Se pesó a los peces con una balanza de pesaje electrónica (Sartorius 5201-1s) y para observar el tamaño de los peces se midió con una cinta métrica en una superficie plana.

### **Diseño experimental**

Este estudio se basa en dos sistemas acuapónicos idénticos denominados sistema acuapónico A y B. Por el cual consta de un tanque de crianza de Tilapia con una

capacidad de 200 L, de manera que se integró 20 L de agua residual de la piscigranja ubicada en Manchay – Lima y 160 L de agua sin cloro, asimismo se agregó 10 Tilapias para cada tanque en el primer experimento de 10 cm aproximadamente, de la misma manera 8 Tilapias para el segundo experimento, asimismo se midió los parámetros de la calidad del agua. Por otro lado, el agua residual producido por los peces pasa por un filtro mecánico y un sedimentador con una capacidad de 45 L por lo cual llevará a cabo la retención de partículas sólidas, pero antes del funcionamiento se calculó el caudal en cada salida tanto de la filtración mecánica y sedimentador. Por siguiente, el agua filtrada se bombeo con una suficiencia de 3000 L/h hacia el adsorbente (biocarbón), asimismo se añadió las diferentes dosis de biocarbón llamados Tratamiento A (500 g), Tratamiento B (250 g) y C (Sin tratamiento), también se analiza la cantidad de nitrato en mg/L al ingreso y salida del adsorbente. En consecuencia, el agua filtrada por el biocarbón se transporta por 3 componentes hidropónicos y cada una de ellas contenía 5 plántulas que fueron seleccionadas después de la germinación, luego de transcurrir por una fina película en contacto directo con las raíces de las plantas se analizó la cantidad de nitrato en mg/L. Finalmente, el agua concluyó con la función de recirculación en el tanque de Tilapias, en donde se midió la concentración final de nitrato.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En el análisis de la información y proceso de datos fueron dispuestos en el software Microsoft Excel y SPSS mostrando los resultados en tablas y gráficos, valores por el cual permitirán realizar las interpretaciones e inferencias en el proceso de las conclusiones. Además, se consideró el registro de lo que aconteció en el lugar donde se ejecutó en el sistema acuapónico durante el periodo de estudio, lo que nos permitirá comprender mejor la adsorción por parte del biocarbón en la producción de Lechuga y Albahaca.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación se realizó respetando los derechos de cada autor, utilizando fuentes que brindaron una amplia información que fue incluida en las referencias bibliográficas (Loaiza y Heredia, 2018).

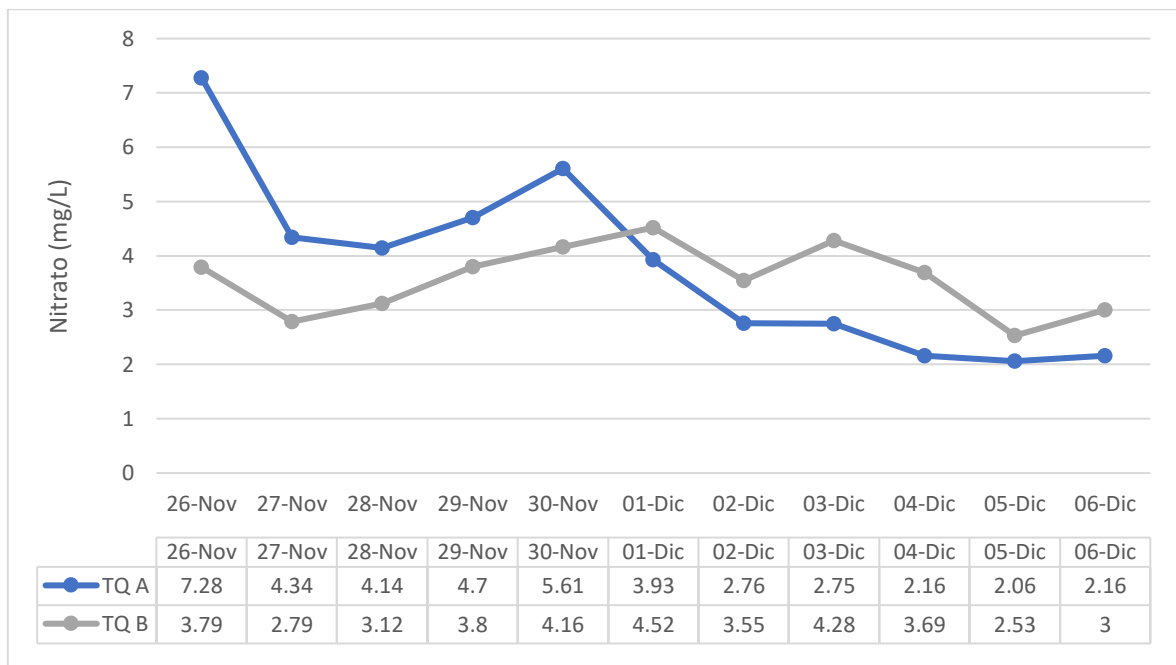
La investigación es única ya que fue iniciada por el autor, y se guía en todo momento por sus hallazgos, el código de ética para la investigación de la Universidad César Vallejo, así como detalles sobre estudios relacionados y teorías que respetaron los derechos de autor. Estas fuentes han sido examinadas usando Turniting, citas ISO 690 y los estándares éticos de veracidad, autenticidad y originalidad



#### IV. RESULTADOS

**OE1: Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos**

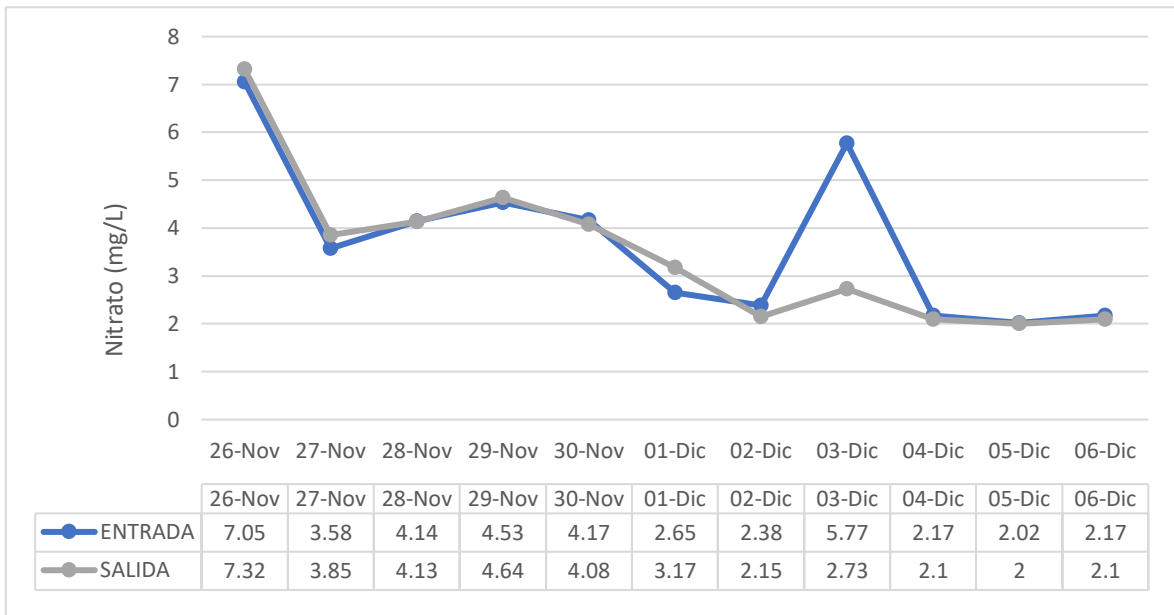
##### 4.1. Tanques A y B del Sistema Acuapónico



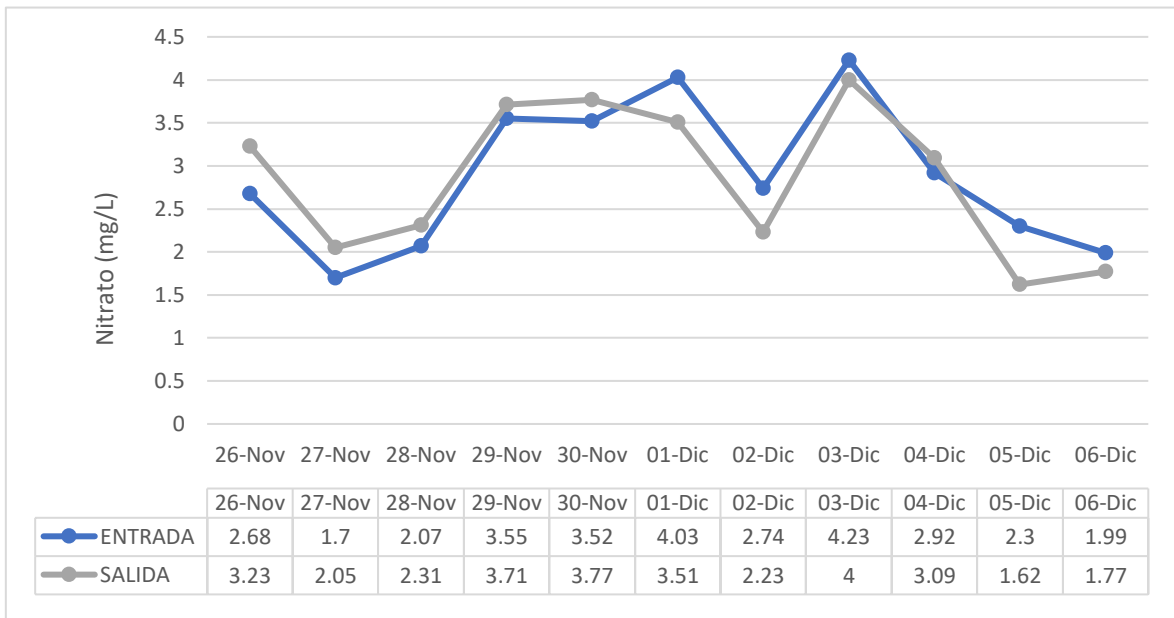
**Figura 15.** Tanque A y B del sistema acuapónico

Se muestra en la figura 15, que no existe mucha diferencia en relación a los nitratos que pudiera presentarse en los tanques A y B. Sin embargo, el valor inicial del tanque A tuvo un valor alto de 7.28 mg/L a diferencia del tanque B con 3.79 mg/L.

#### 4.2. Sistema Acuapónico A y B sin Biocarbón



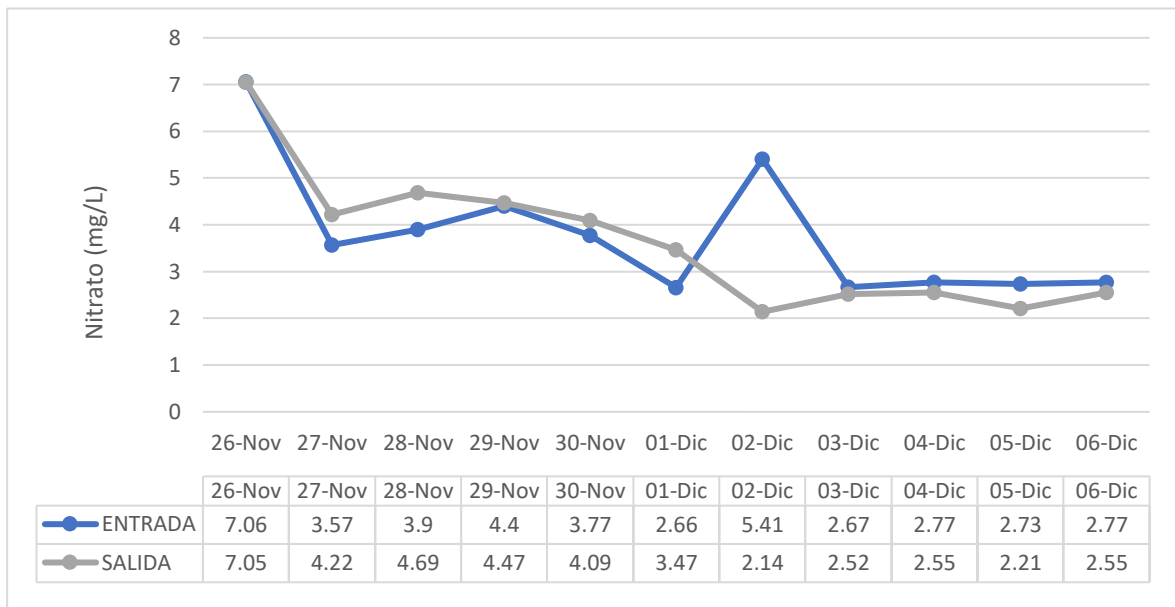
**Figura 16.** Sistema A - sin biocarbón



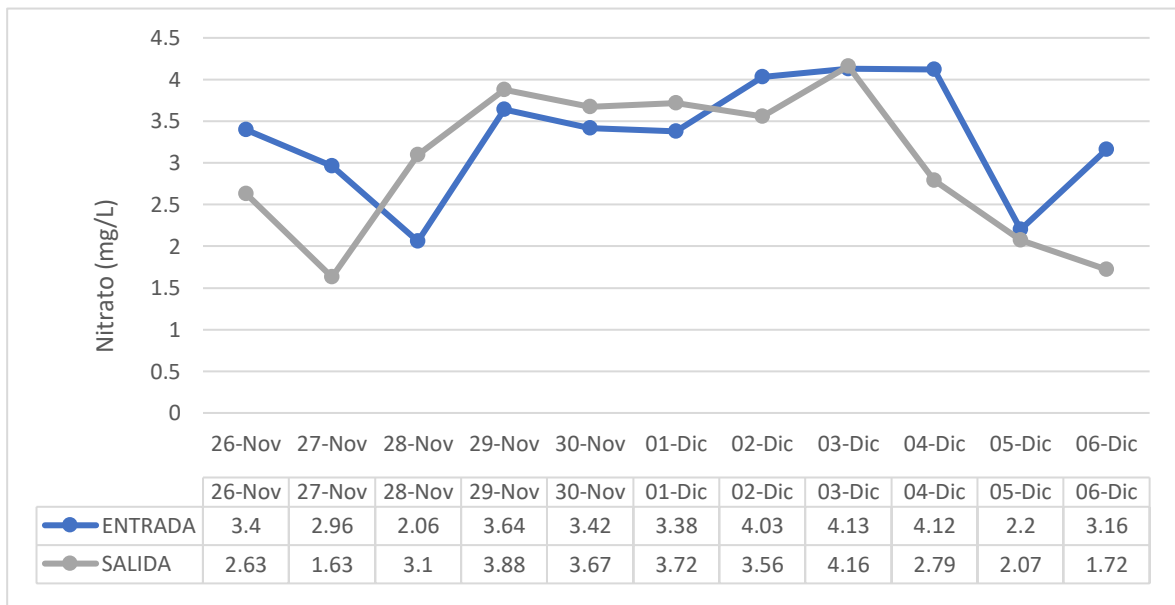
**Figura 17.** Sistema B - sin biocarbón

En las siguientes figuras 16 y 17, se muestra que el 3 de diciembre aumenta la cantidad de nitrato en la entrada sin biocarbón, debido a la carga de agua de pozo.

### 4.3. Sistema Acuapónico A y B con 250 g de Biocarbón



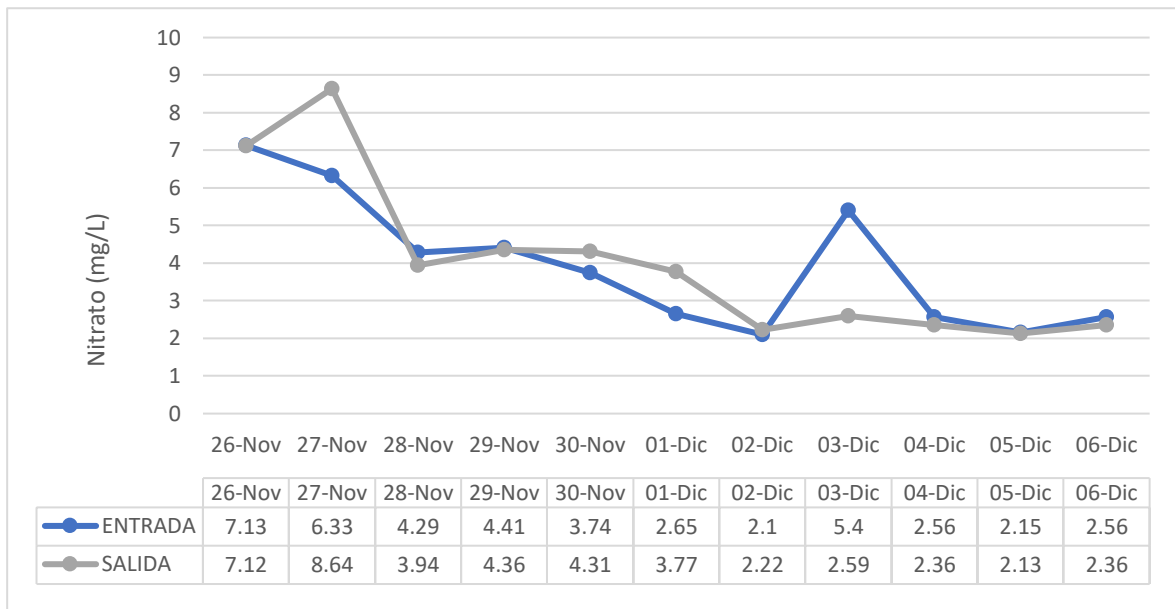
**Figura 18.** Sistema acuapónico A - 250 g de biocarbón



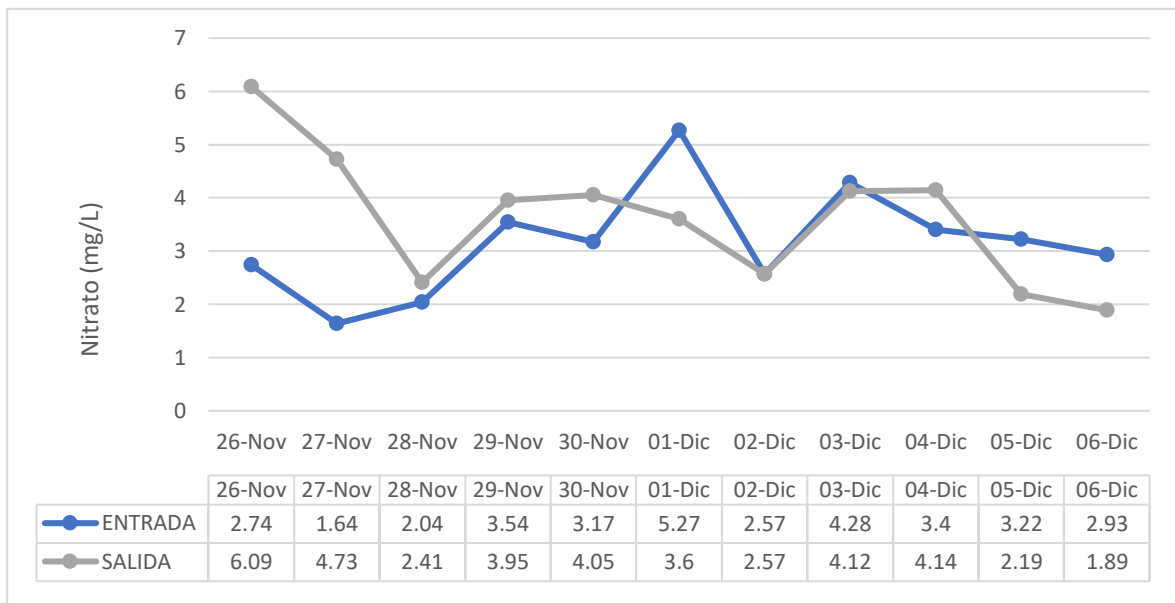
**Figura 19.** Sistema B - 250 g de biocarbón

En la figura 18 y 19, existe diferencias en las entradas y salidas de los sistemas A y B con 250 g de biocarbón, donde se muestra la remoción mínima que existe durante unos días, asimismo el incremento de nitrato.

#### 4.4. Sistema Acuapónico A y B con 500 g de Biocarbón



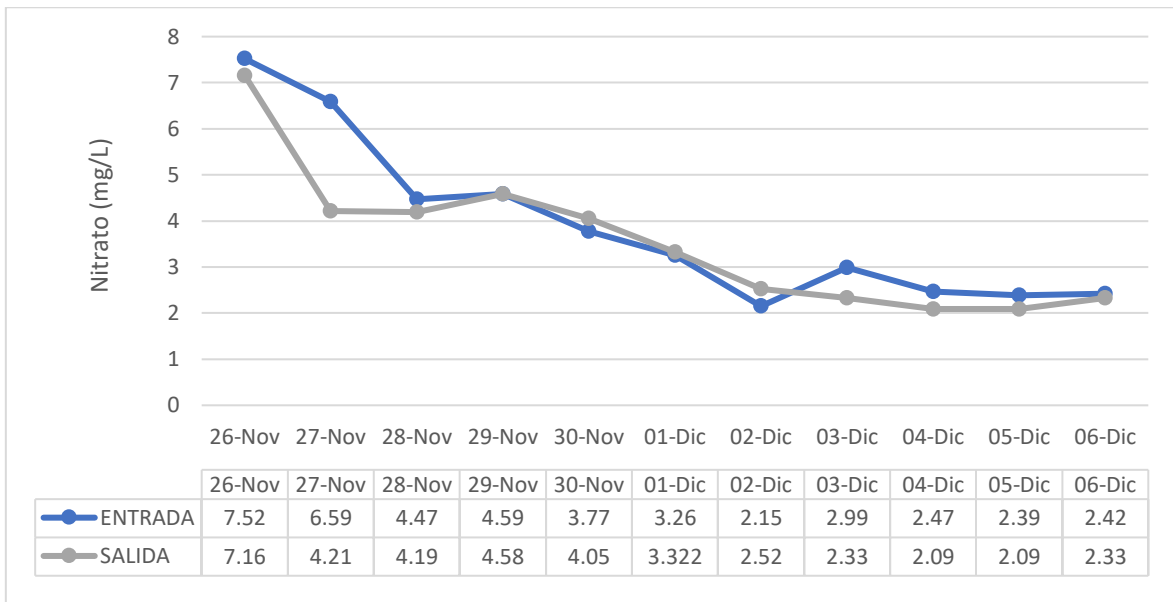
**Figura 20.** Sistema A - 500 g de biocarbón



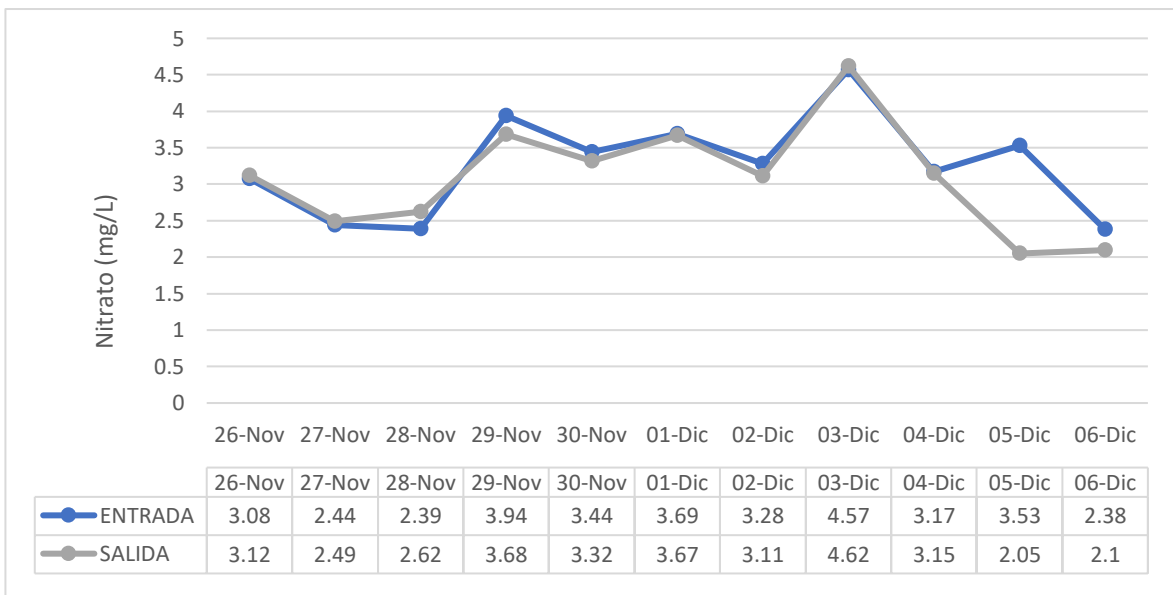
**Figura 21.** Sistema B - 500 g de biocarbón

En la figura 20 y 21, existe diferencias en las entradas y salidas de los sistemas A y B con 500 g de biocarbón, donde se muestra la remoción mínima que existe durante unos días, asimismo el incremento de nitrato más altas de los resultados de 250 g de biocarbón.

#### 4.5. Cultivo de hortalizas A y B sin Biocarbón



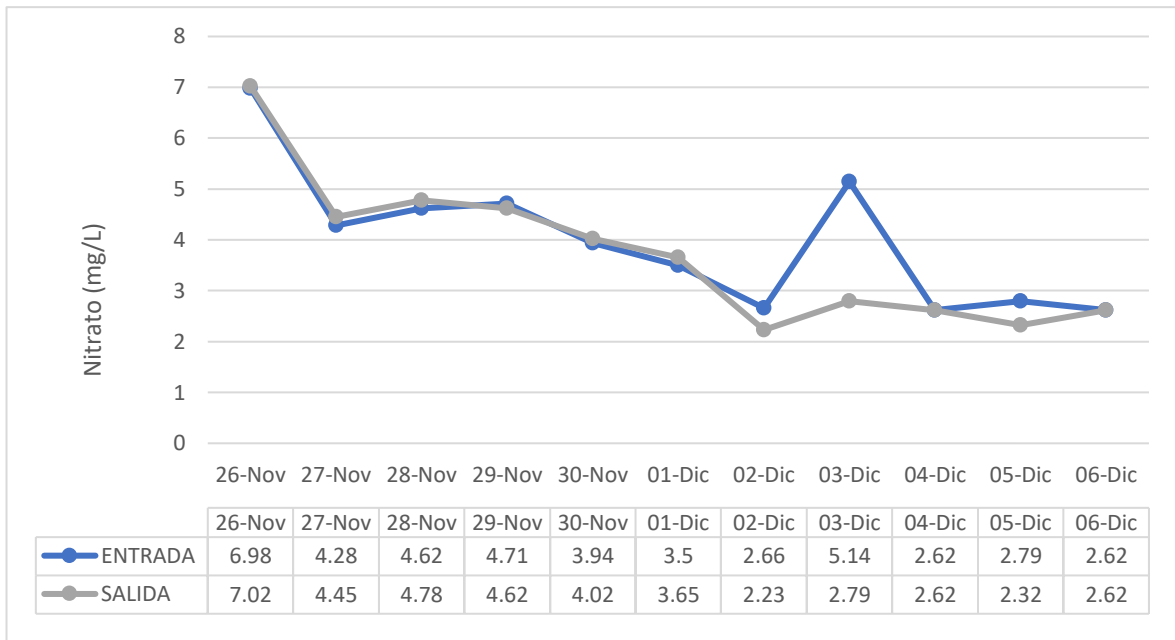
**Figura 22.** Cultivo de hortalizas A - sin biocarbón



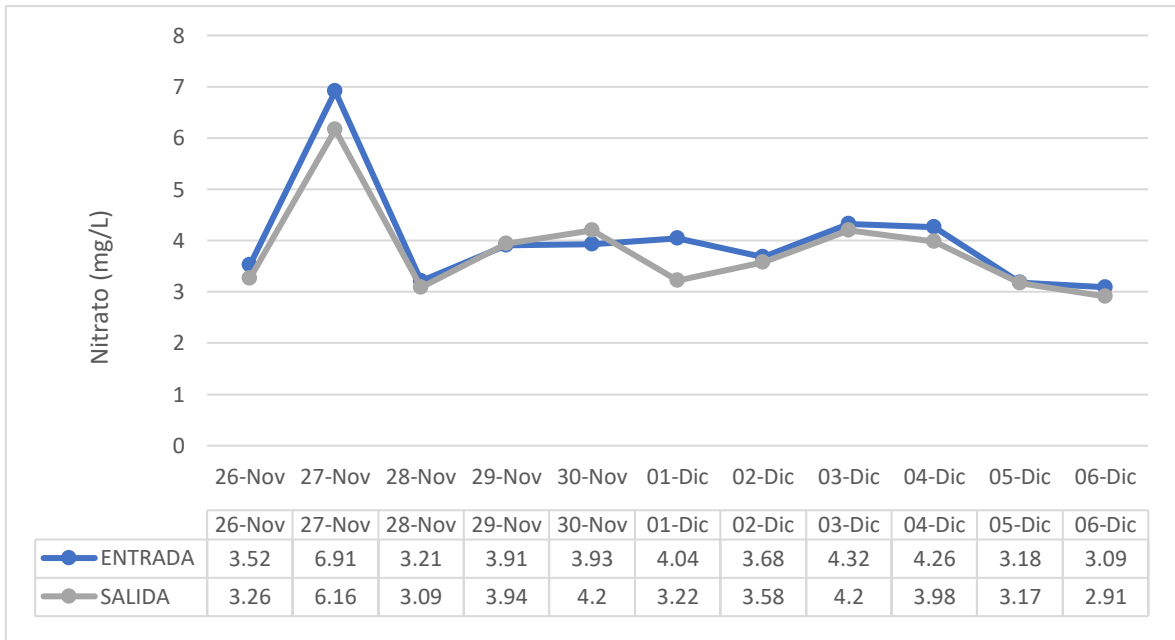
**Figura 23.** Cultivo de hortalizas B - sin biocarbón

En la figura 22 y 23, se muestran las entradas y salidas de los sistemas A y B sin biocarbón, notándose inicialmente en el sistema A con mayor ingreso de nitrato y la disminución en los últimos días del experimento. En comparación con el sistema B, se mantiene en equilibrio.

#### 4.6. Cultivo de hortalizas A y B con 250 g de Biocarbón



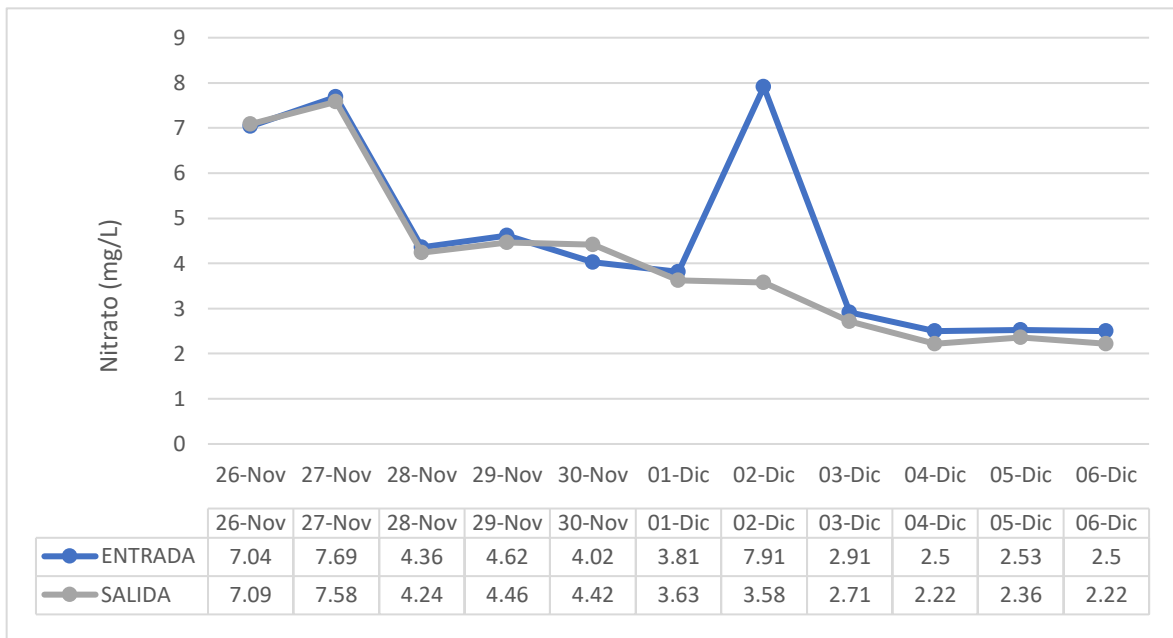
**Figura 24.** Cultivo de hortaliza A - 250 g de biocarbón



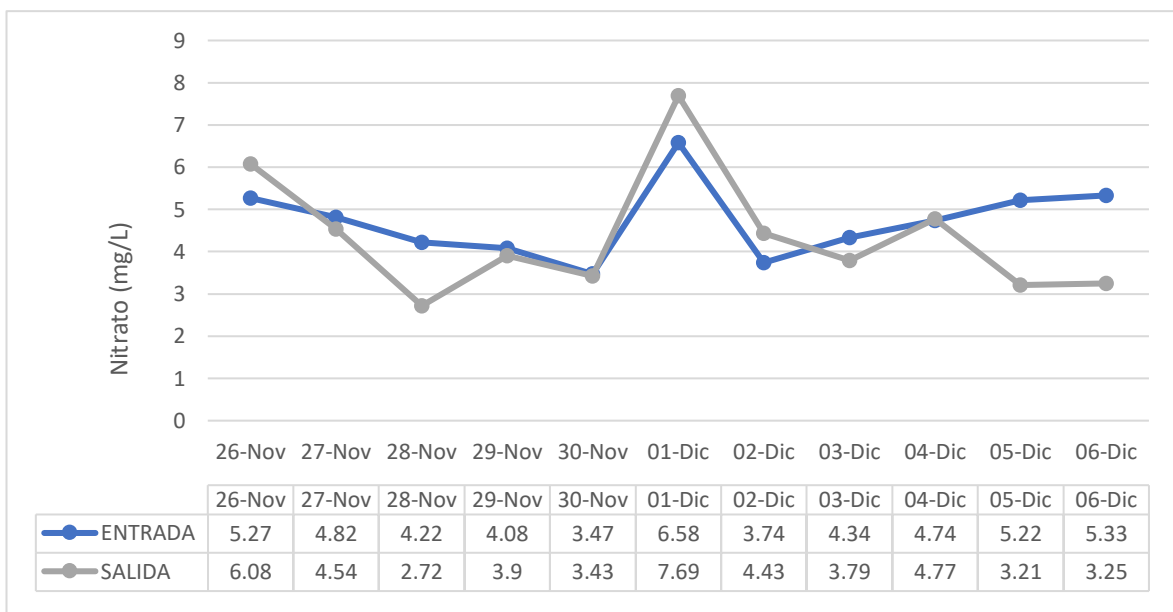
**Figura 25.** Cultivo de hortalizas B - 250 g de biocarbón

En la figura 24 y 25, se observa en el sistema A que el 3 de diciembre se incrementa el nitrato por las causas de la carga de agua de pozo en más cantidades, de igual manera en el sistema B del 26 y 27 de noviembre.

#### 4.7. Cultivo de hortalizas A y B con 500 g de Biocarbón



**Figura 26.** Cultivo de hortalizas A - 500 g de biocarbón



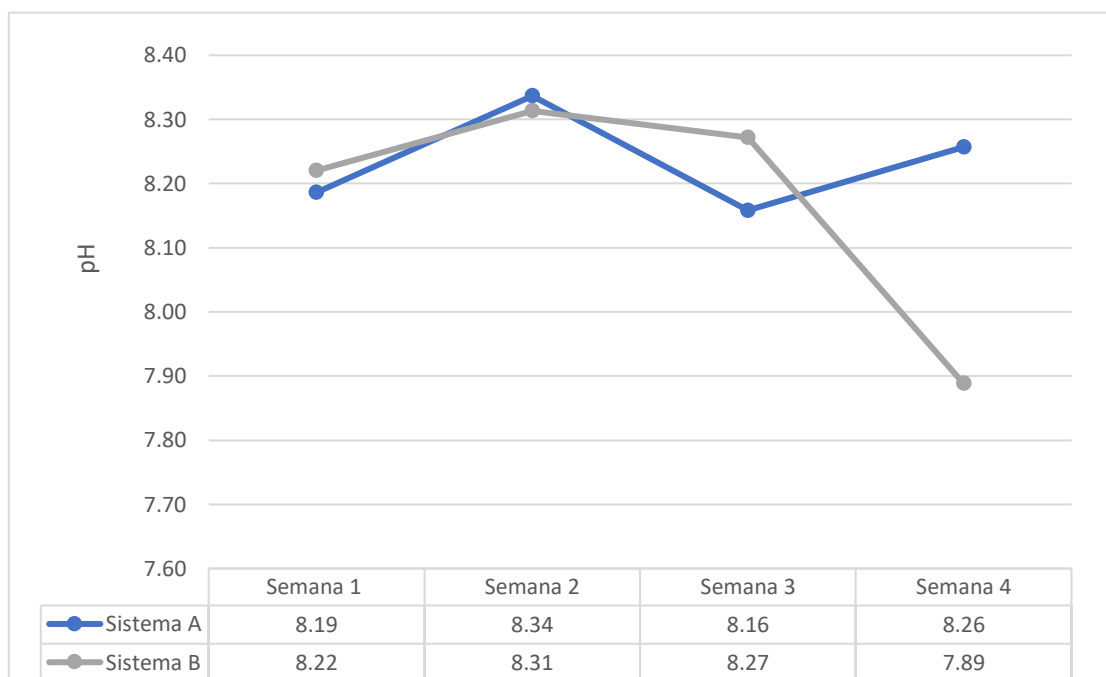
**Figura 27.** Cultivo de hortalizas B - 500 g de biocarbón

En la figura 26 y 27, se observa en el sistema A que el 2 y 3 de diciembre se incrementa el nitrato por las causas de la carga de agua de pozo en más cantidades, de igual manera para el sistema B en la fecha 1 de diciembre. Por otro lado, en el sistema A se incrementa en la entrada y disminuye en la salida, siendo

así que baja en los días siguientes. En el sistema B el 1 de diciembre el ingreso es menor y mayor en la salida.

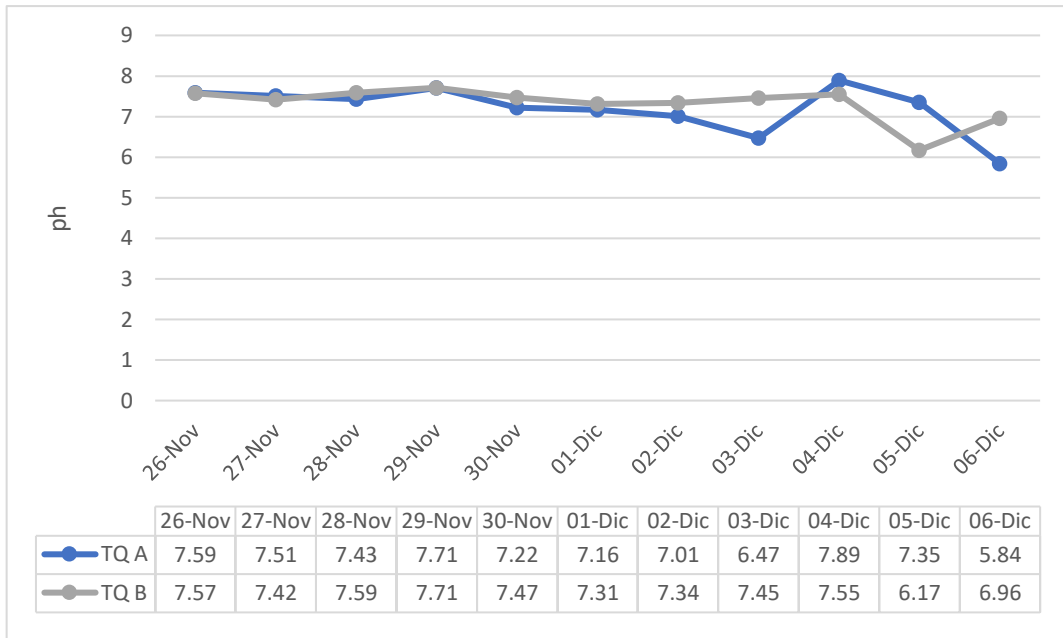
**OE2: Analizar las condiciones y propiedades que deben cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica**

**4.8. Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los tanques A y B del primer y segundo experimento para la mejora de la calidad acuática y biológica.**



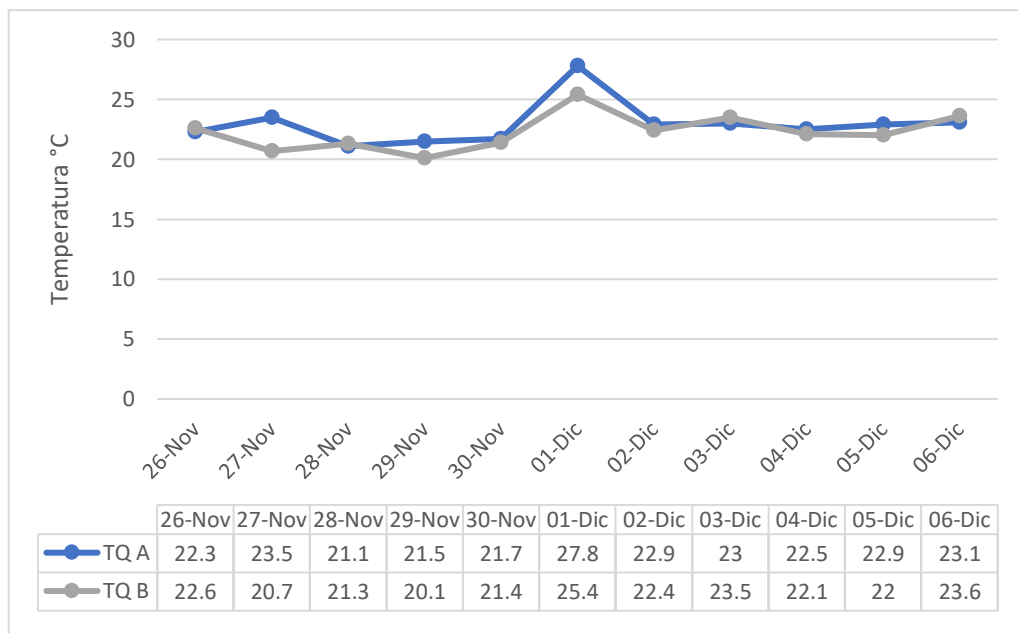
**Figura 28.** Primer experimento – pH



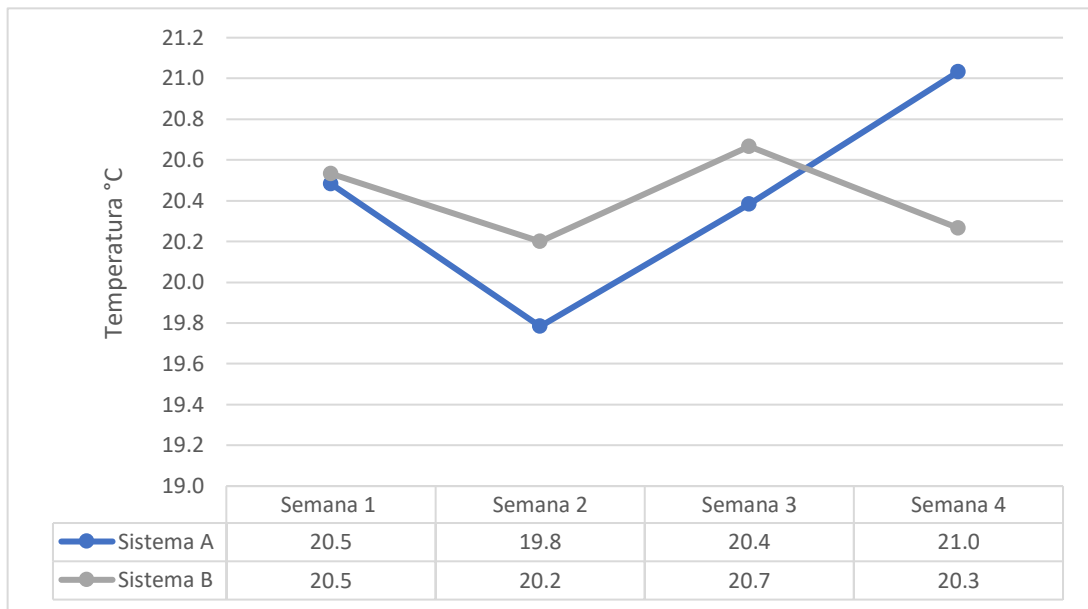


**Figura 29.** Segundo experimento - pH

En las figuras 28, se observa los monitoreos de pH semanal del primer experimento en donde se muestra en la semana 4, baja con un valor de 7.89 en el tanque B, en la figura 29 se observa el segundo experimento, en donde el pH se mantiene estable en los tanques A y B.

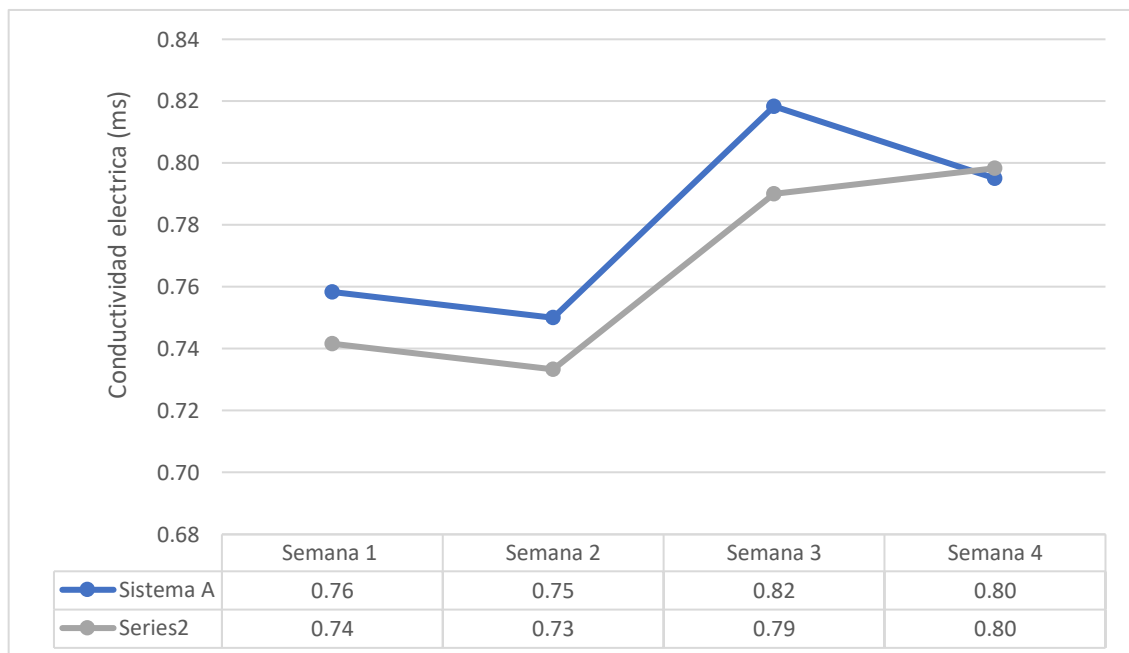


**Figura 30.** Primer experimento - Temperatura

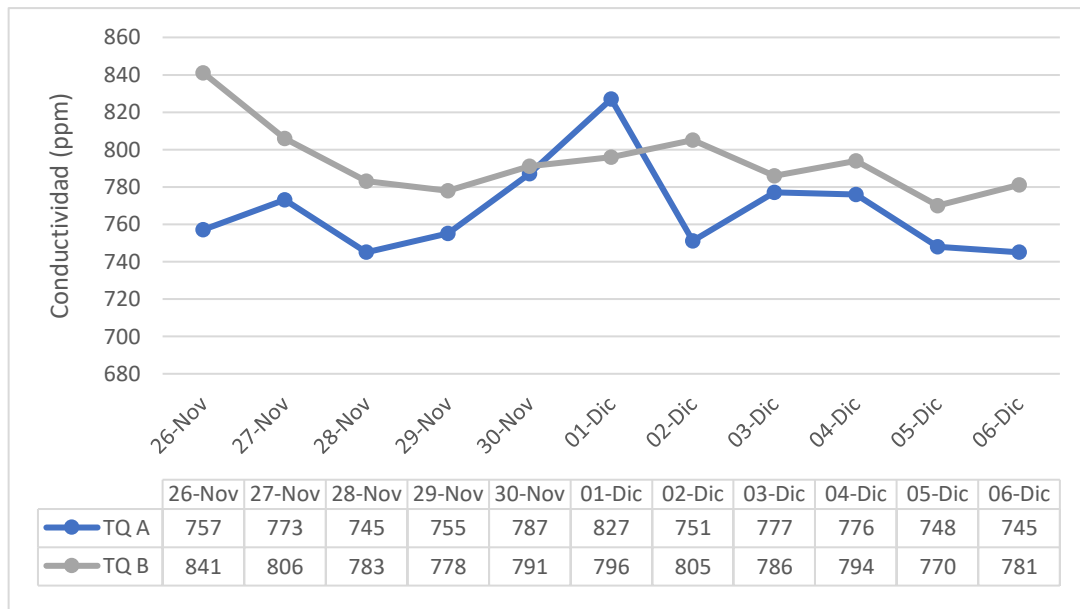


**Figura 31.** Segundo experimento - Temperatura

En la figura 30, se observa el monitoreo de la temperatura del primer experimento y en la figura 31, se observa el monitoreo del segundo experimento, sabiendo que esta especie de tilapia se adapta a la temperatura en donde se cultive, estando actualmente en un rango de 19 -28 °C.

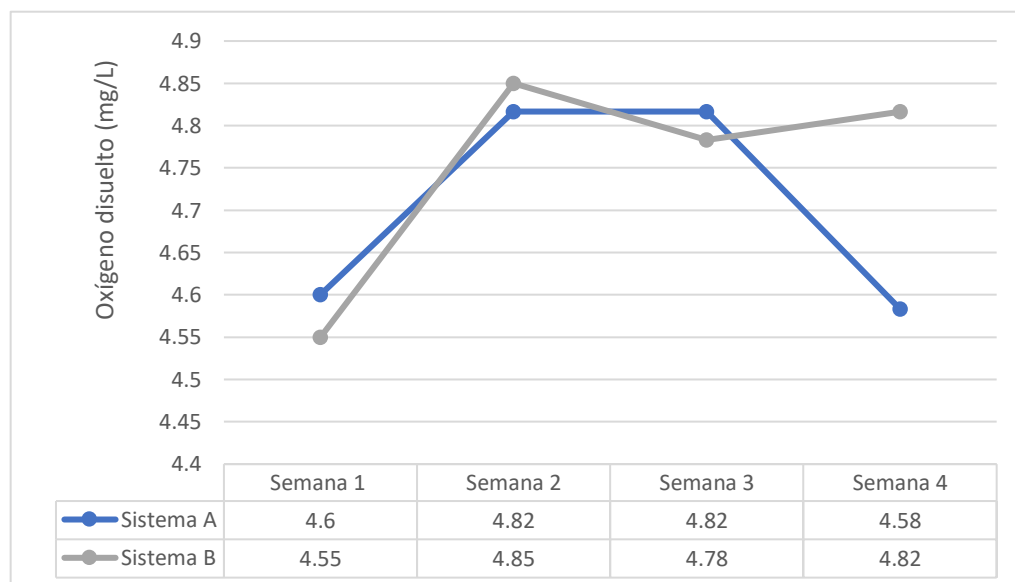


**Figura 32.** Primer experimento - Conductividad eléctrica

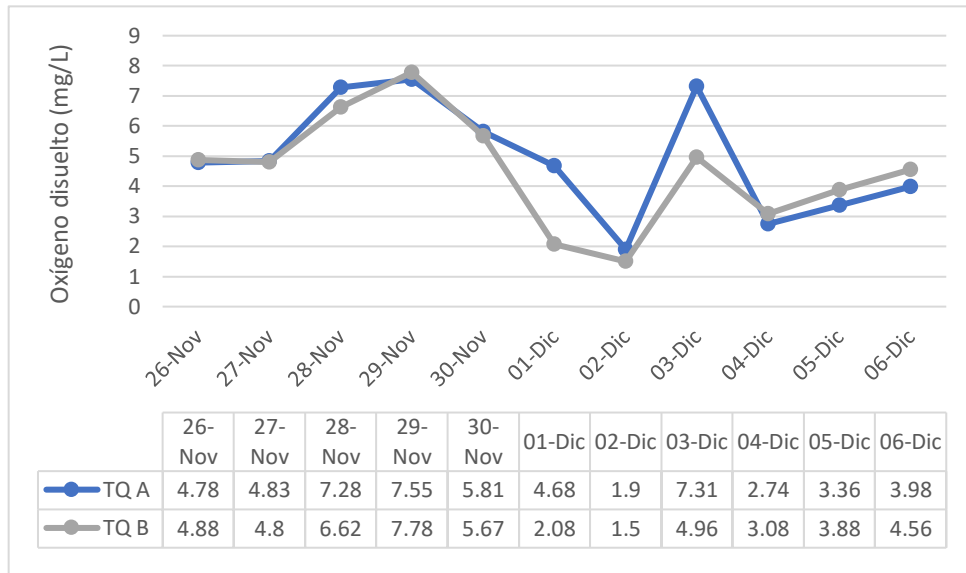


**Figura 33.** Segundo experimento - Conductividad eléctrica

En la figura 32, se observa el monitoreo de la conductividad eléctrica del primer experimento en donde la semana 3 se muestra un pico de 0.82 ms (525 ppm) y en la figura 33, se observa la comparación del monitoreo de la conductividad del tanque A y B, en donde el 1 de diciembre se muestra un pico de 827 ppm en el tanque B y en el tanque A es constante.

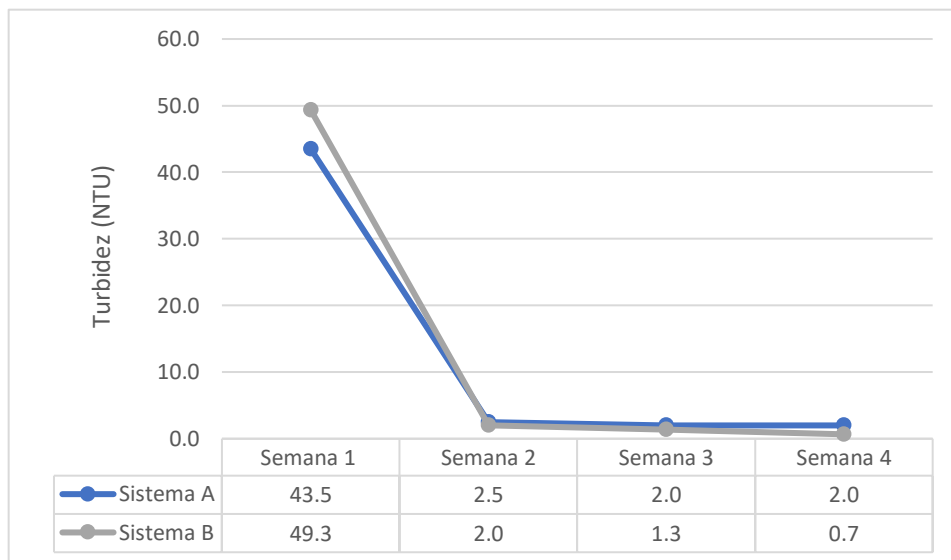


**Figura 34.** Primer experimento - Oxígeno disuelto

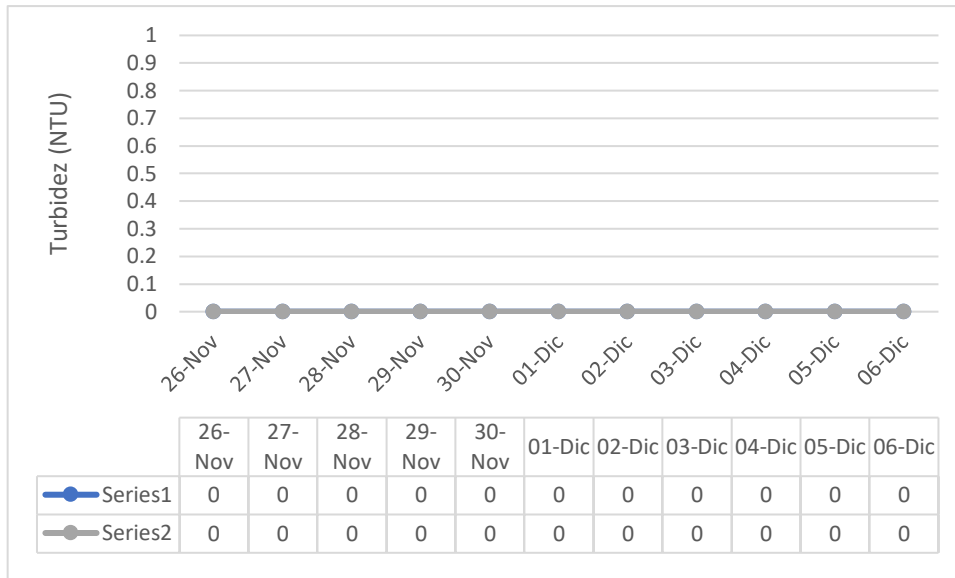


**Figura 35.** Segundo experimento - Oxígeno disuelto

En la figura 34, se observa el primer experimento del monitoreo del oxígeno disuelto de los tanques A y B, en donde se muestra el OD similar y en la semana 4 en el tanque A con un valor de 4.58 es diferente al tanque B con un valor de 4.82, en la figura 35 se observa el monitoreo del segundo experimento, en donde se visualiza un pico alto de 7.31 sobreponiéndose sobre los demás resultados de los tanques.

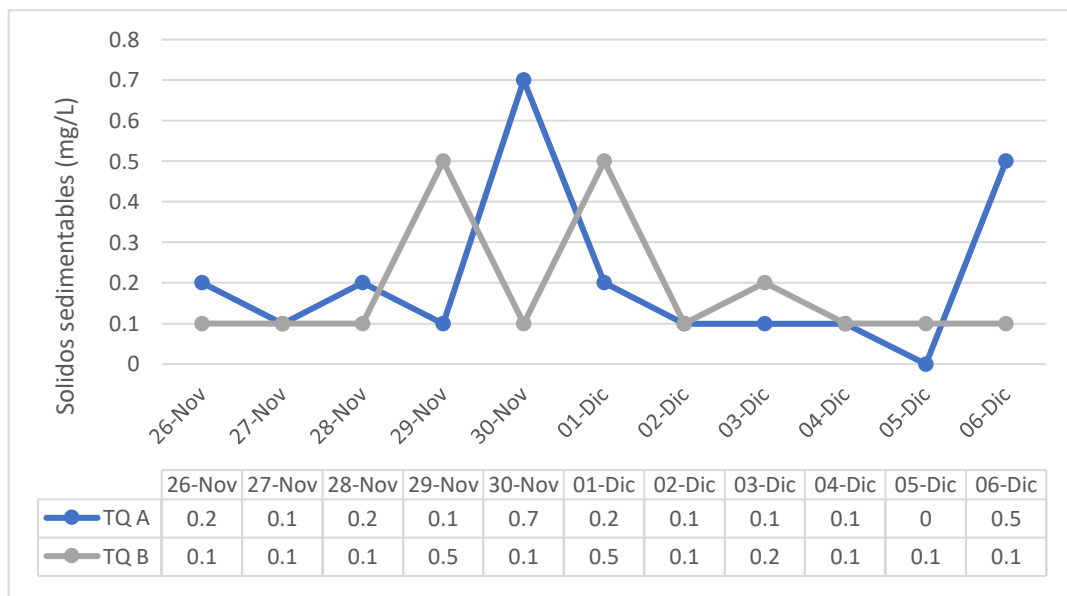


**Figura 36.** Primer experimento - Turbidez

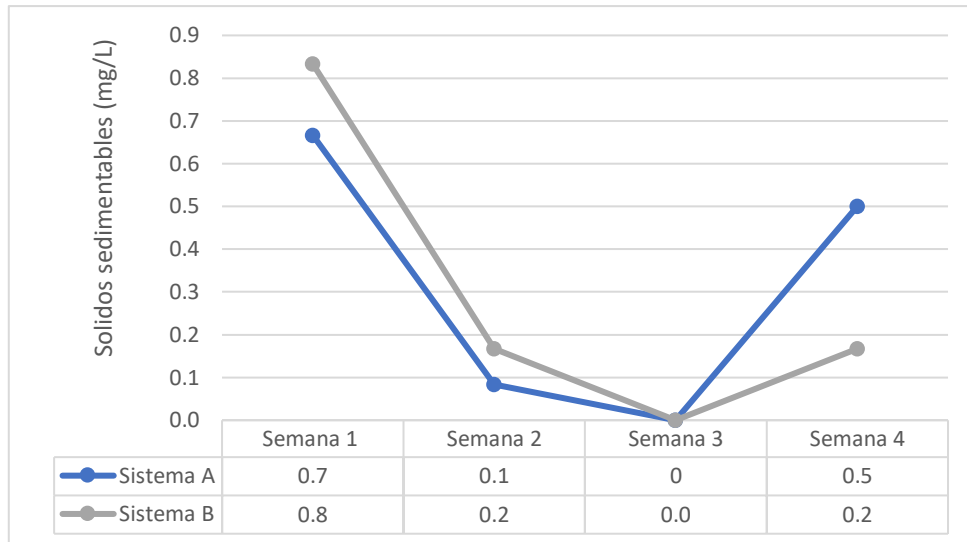


**Figura 37.** Segundo experimento - Turbidez

En la figura 36, se observa el primer experimento del monitoreo de la turbidez del tanque A y B en donde la primera semana se visualiza con valores altos de 43.5 y 49.5 respectivamente por la incorporación del biocarbon al sistema, notándose la disminución de la turbidez en las siguientes fechas al igual que en la figura 37.

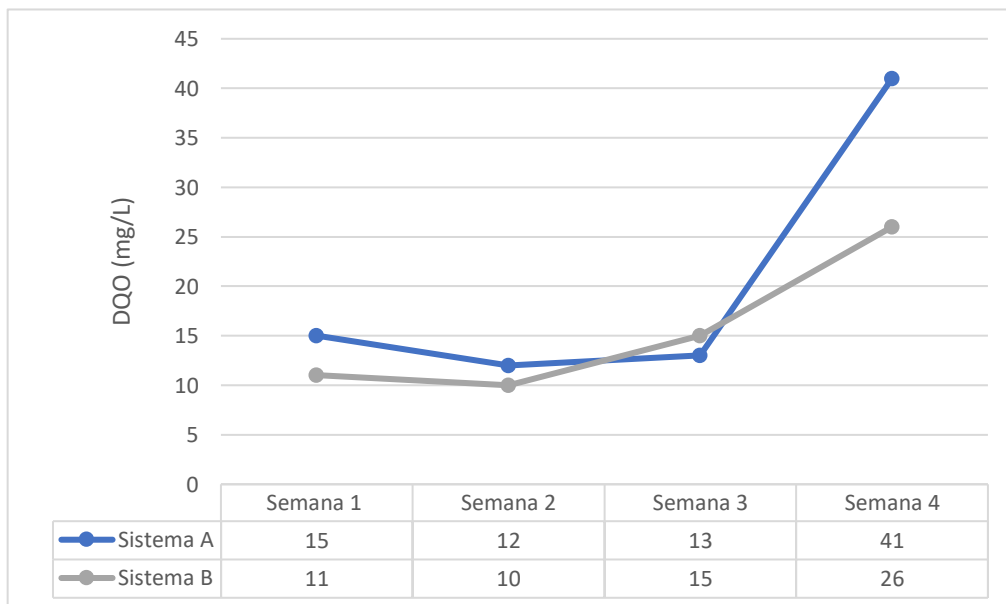


**Figura 38.** Primer experimento - Sólidos sedimentables

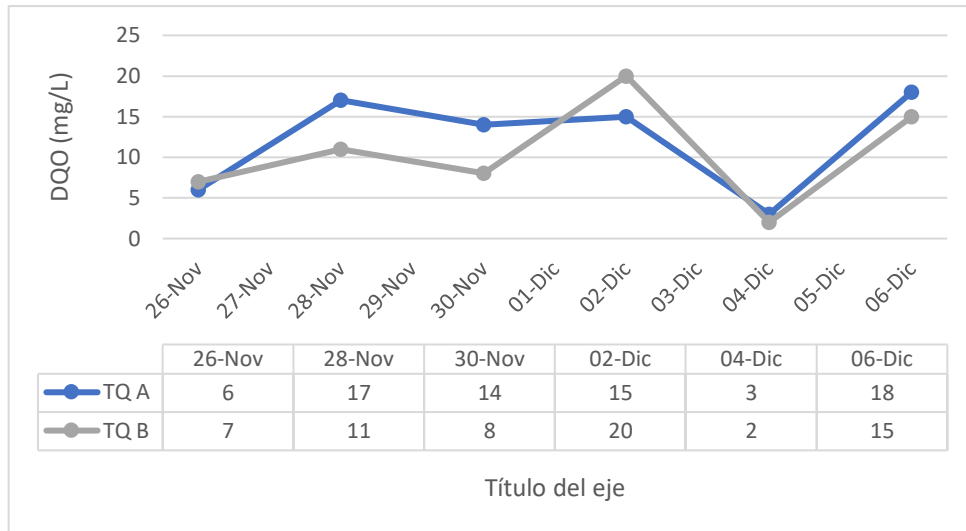


**Figura 39.** Segundo experimento Sólidos sedimentables

En la figura 38, se observa los monitoreos de solidos sedimentables del sistema A y B del primer experimento, en donde presenta pocos sedimentos debido a la recarga de agua constante al igual que en la figura 39.

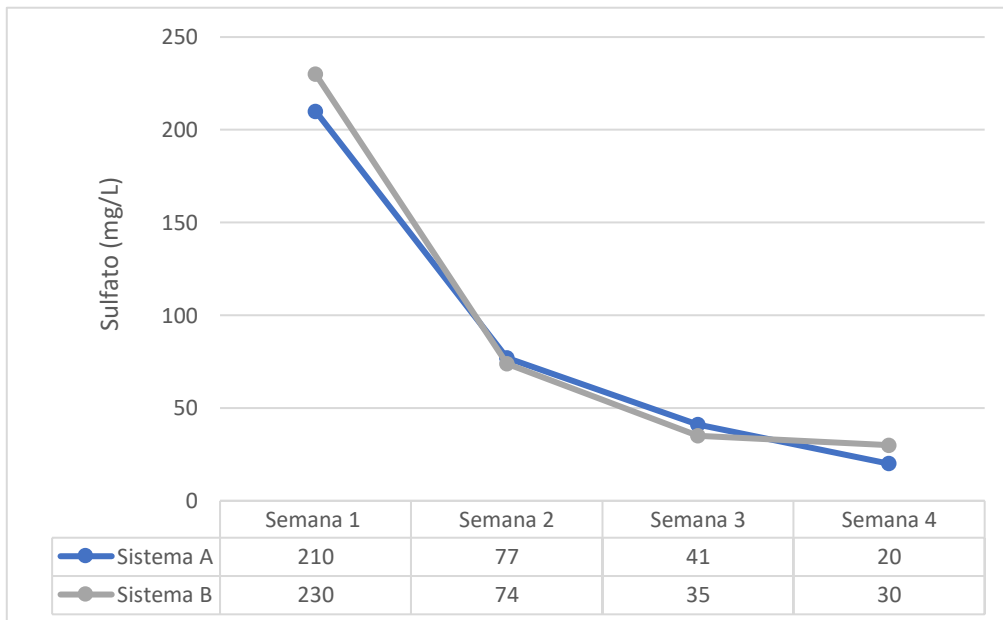


**Figura 40.** Primer experimento - DQO

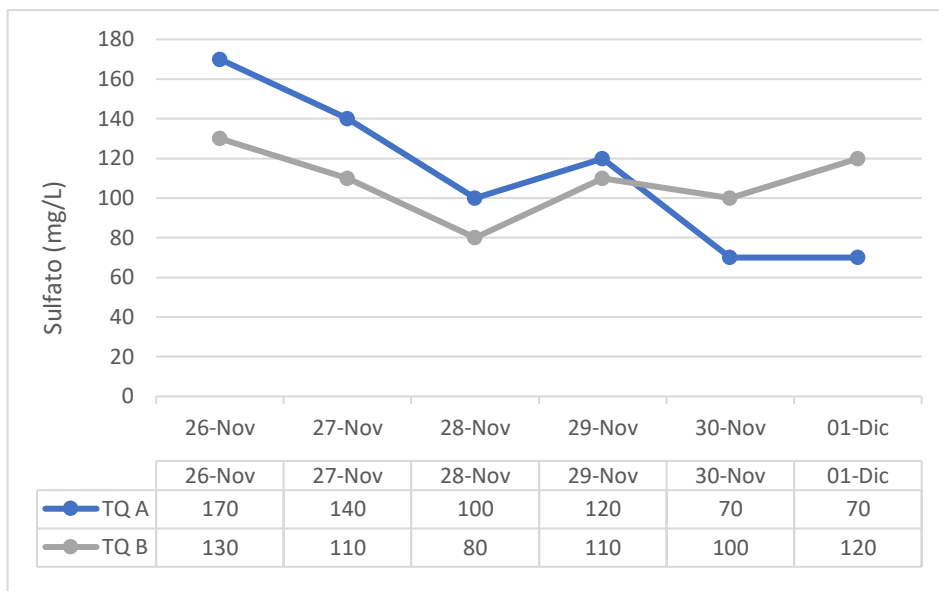


**Figura 41.** Segundo experimento - DQO

En la figura 40, se observa los monitoreos de DQO del primer experimento en donde la semana 4 en el tanque A presenta un pico alto de 41, en la figura 41, el 2 de diciembre hay poca presencia de DQO con valores de 3 y 2 respectivamente.



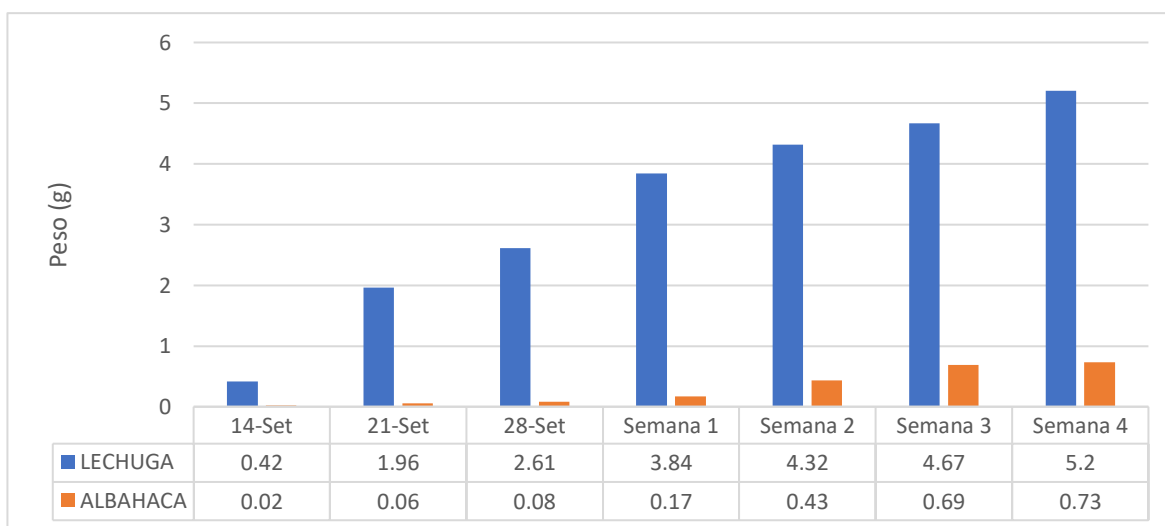
**Figura 42.** Primer experimento - Sulfato



**Figura 43.** Segundo experimento, sulfato

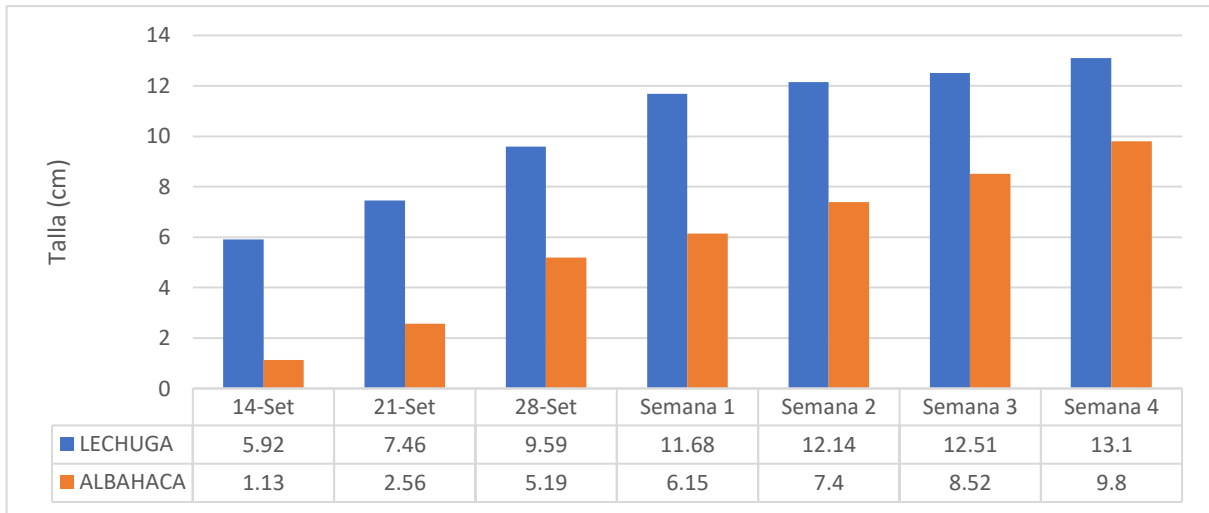
En la figura 42, se observa los monitoreos del sulfato del tanque A y B del primer experimento, en donde se aprecia una disminucion del sulfato presente en los tanques, en la figura 43, en la fecha 29 presenta un incremento de sulfato en ambos tanques.

#### 4.9. Peso y talla de las hortalizas del primer experimento



**Figura 44.** Peso de las Hortalizas del primer experimento

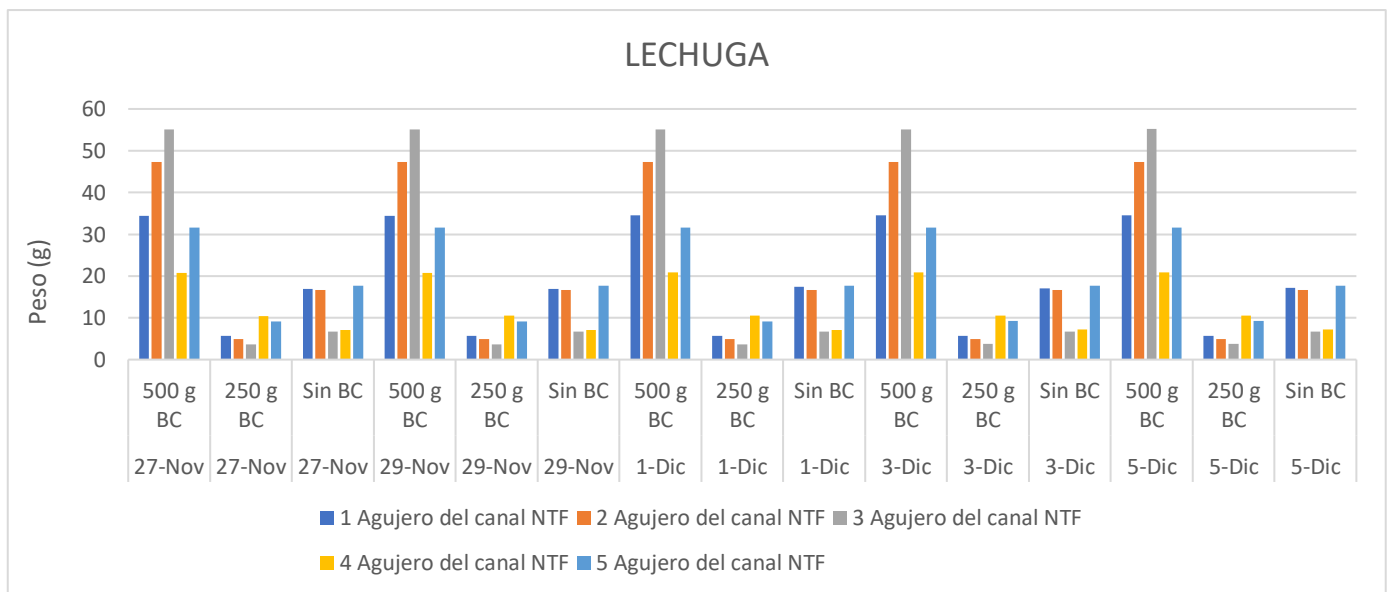




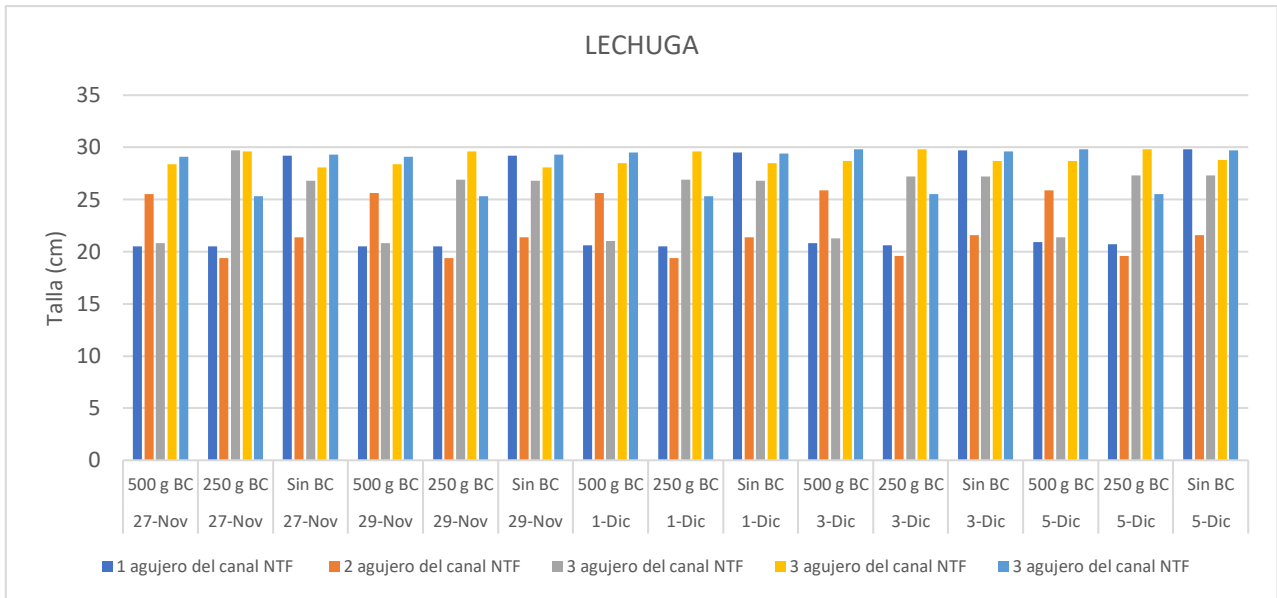
**Figura 45.** Talla de las hortalizas del primer experimento

En las figuras 44 y 45, se muestran las primeras fechas sin uso del sistema de adsorción con biocarbón, con la diferencia de las siguientes semanas nombradas que si se incluyeron las diferentes dosis de biocarbón, para lo cual se evidencia la ganancia de peso mayor con la Lechuga y tamaño por su rápida adaptación y desarrollo.

#### 4.10. Peso y talla de las lechugas en el segundo experimento



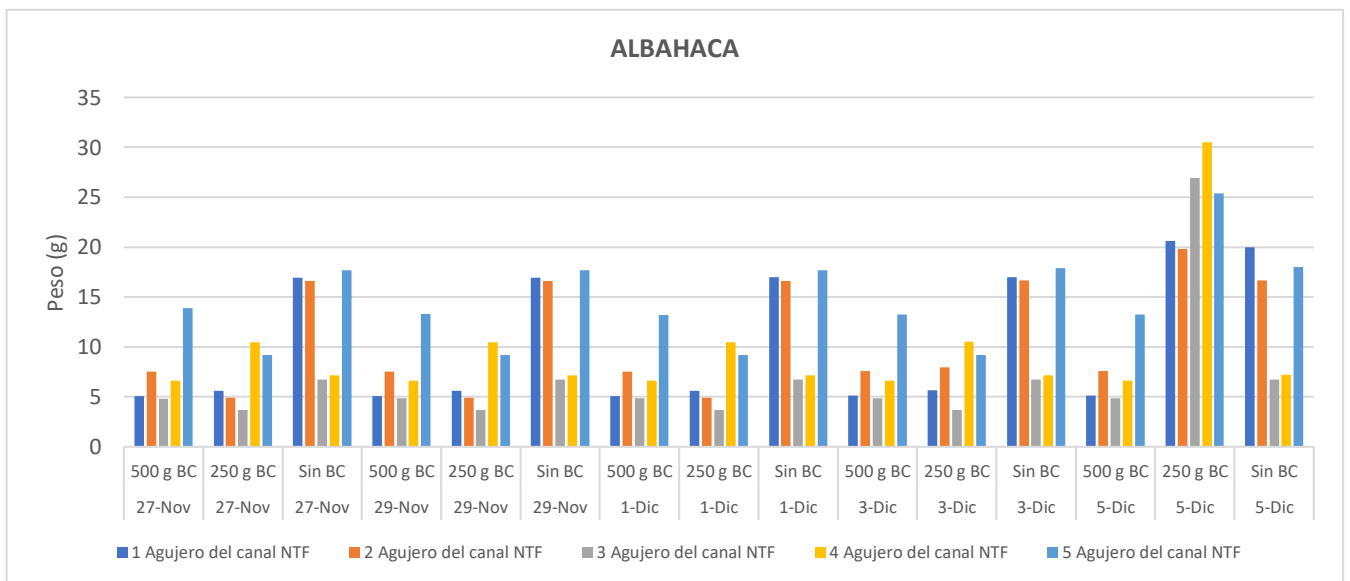
**Figura 46.** Peso de cada lechuga del canal NTF



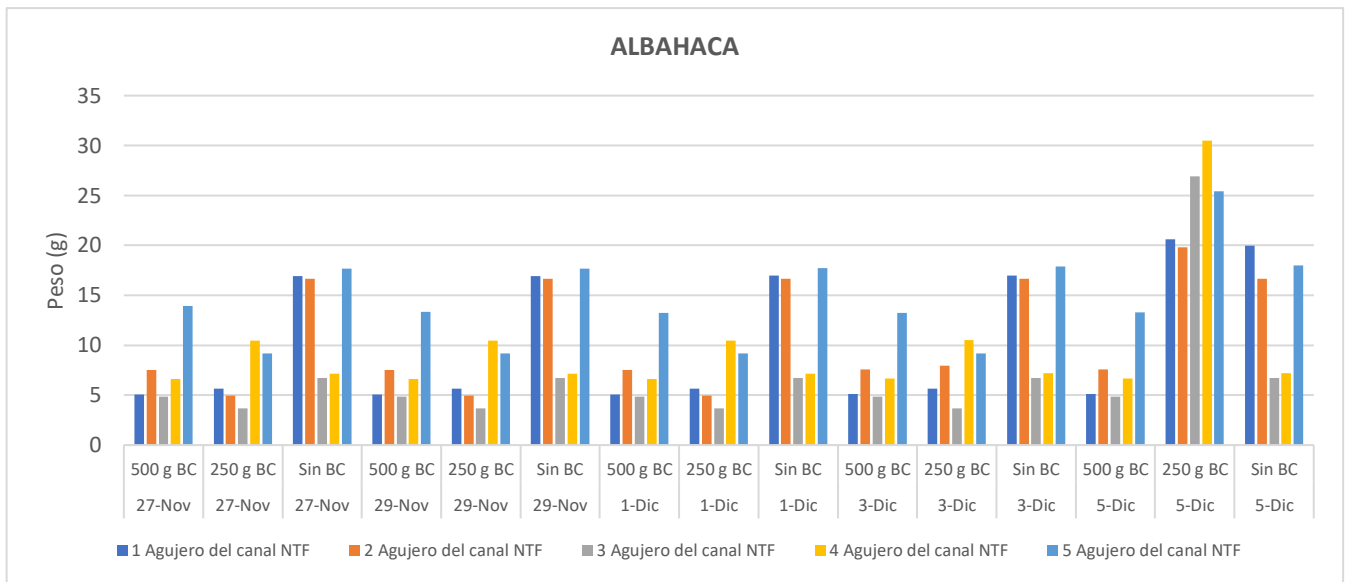
**Figura 47.** Talla de cada Lechuga del canal NTF

En las figuras 46 y 47 se aprecia el peso y tamaño de las Lechugas del primer experimento con diferentes dosis de biocarbón (250 – 500 g) y una sin biocarbón (BC) donde se dispone de 1 lechuga en cada agujero del canal de NTF.

#### 4.11. Peso y talla de las albahacas en el segundo experimento



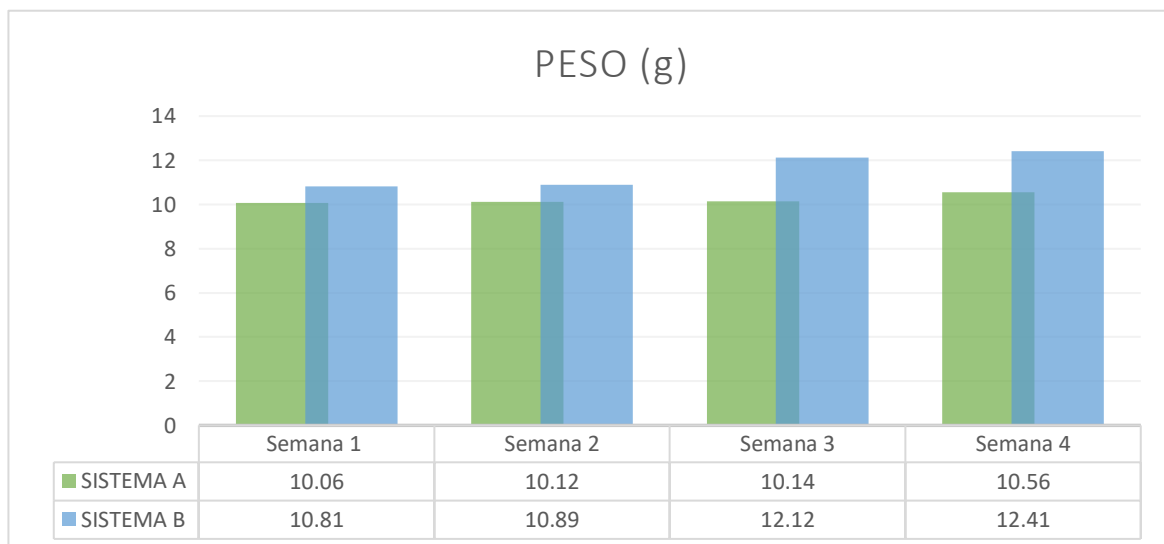
**Figura 48.** Peso de cada Albahaca del canal NTF



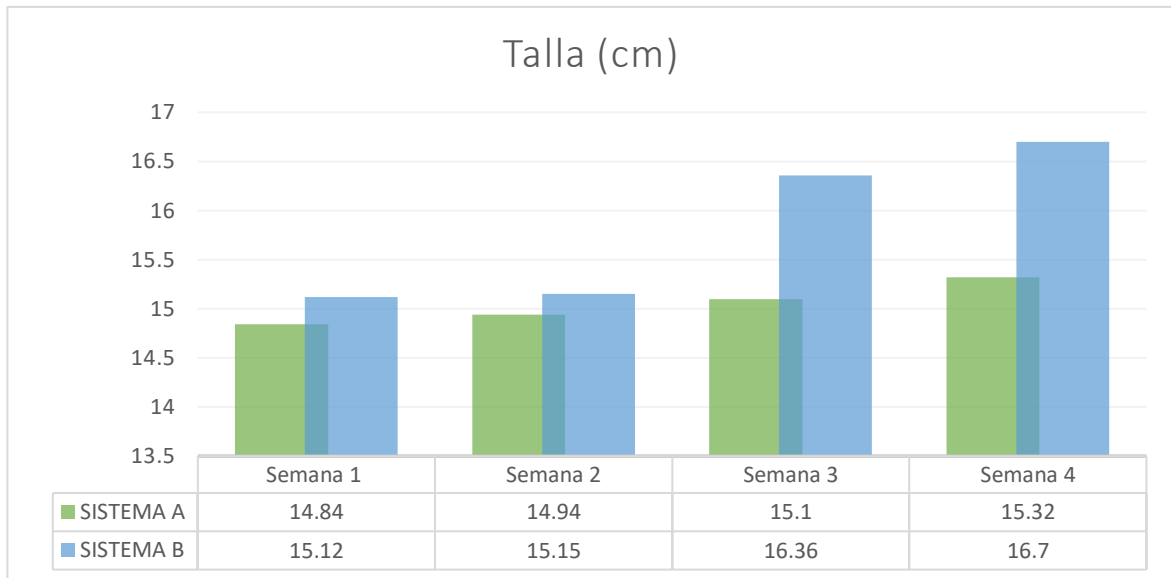
**Figura 49.** Talla de cada Lechuga del canal NTF

En las figuras 48 y 49 se aprecia el peso y tamaño de las Albahacas del según experimento con diferentes dosis de biocarbón (250 – 500 g) y una sin biocarbón (BC) donde se dispone de 1 lechuga en cada agujero del canal de NTF.

#### 4.12. Peso y talla de los peces Tilapias del primer experimento



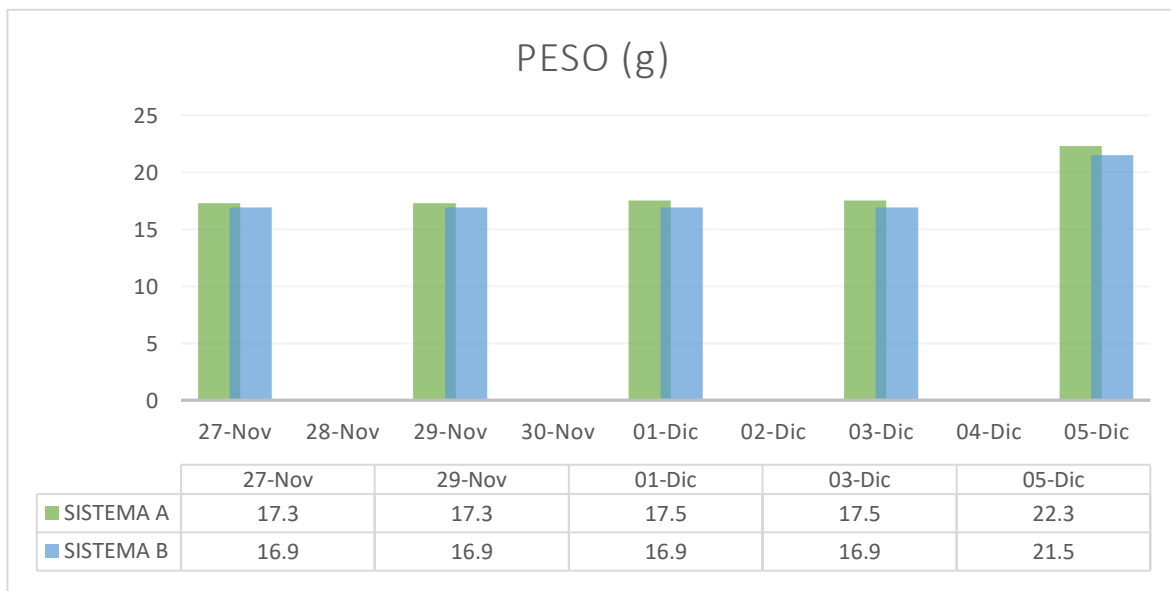
**Figura 50.** Peso de la tilapia del primer experimento



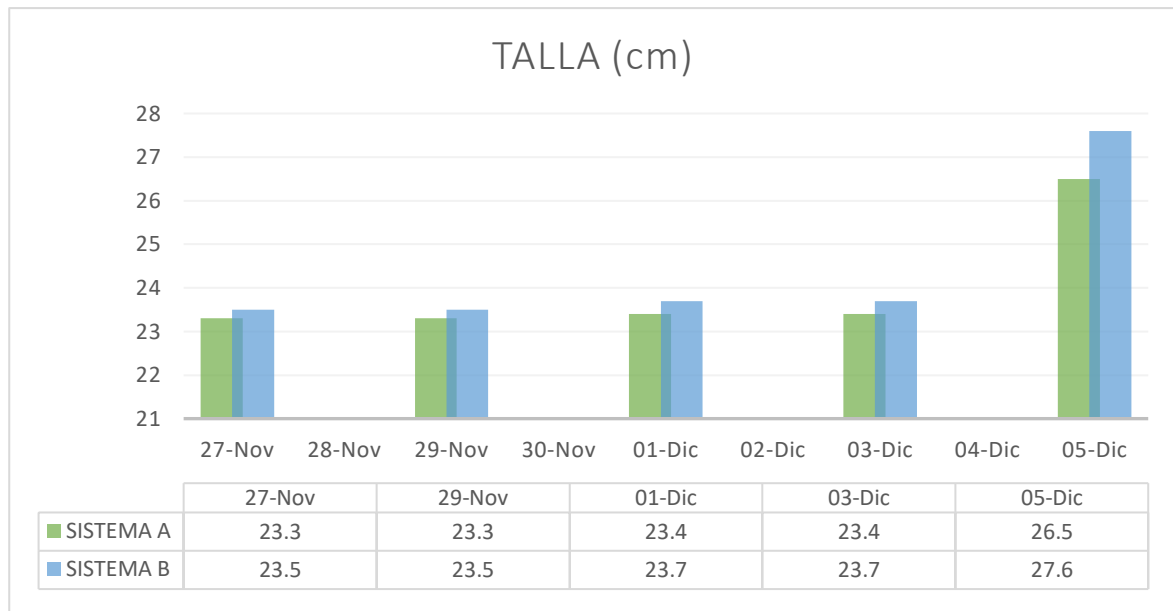
**Figura 51.** Talla de la tilapia del primer experimento

En la figura 50 y 51, se visualiza en el sistema B con mayor peso y tamaño de los peces en las ultimas semanas del sistema B.

#### 4.13. Peso y talla de los peces Tilapias del segundo experimento



**Figura 52.** Peso de las tilapias del segundo experimento



**Figura 53.** Talla de las tilapias del segundo experimento

En la figura 52 y 53, se observa el peso y talla de las tilapias de ambos tanques, en donde se visualiza ganancia de peso y talla en el ultimo día, además de que no varía los datos de pesos y tamaños porque se midió interdiario.

#### 4.14. Condiciones y propiedades del biocarbón de la parra de vid

**Tabla 16.** Etapas según la temperatura y tiempo de residencia

Etapas	Pasos de la carbonización	Temperatura (°C)	Tiempo de calentamiento
1	Secado previo de 21.06 kg de parra de vid	A temperatura ambiente de la ciudad de Ica	3 meses
2	Carbonización en un reactor pirolítico	20 – 537 °C	2:30 horas
3	Enfriamiento con agua para cristalización	537 °C hasta poder remover el biocarbón	1 hora
4	Se obtuvo 8.1 kg de biocarbón de parra de vid		

En la tabla 15, se evidencia como primera etapa la cantidad inicial de biomasa (parra de vid) fue de 21.06 kg y la cantidad final del biocarbón obtenido fue de 8.01

kg, esta se realizó en un reactor pirolítico a una temperatura constante de 500 a 537 °C por un periodo de tiempo de 2 h 30 min.

### **Determinación del rendimiento del biocarbón de parra de vid**

Se tuvo en cuenta el peso de la parra de vid, el peso de la capsula vacía y el peso final para determinar la cantidad de biocarbón que se consiguió por pirolisis.

Se calculó en rendimiento por porcentaje de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left( \frac{m_{CB}}{m_{MP}} \right) \times 100$$

Donde:

$m_{CB}$ : masa del Biocarbón producido (g)

$m_{MP}$ : masa del precursor (g)

$$R(\%) = \left( \frac{8.01}{21.06} \right) \times 100$$

$$R(\%) = 38.462$$

El rendimiento que se obtuvo del biocarbón de parra de vid se encuentra menor al 50 % del total de producción de biocarbón de 8.01 kg

### **Análisis del Biocarbón de Parra de Vid: Caracterización de parámetros**

Para analizar las características del biocarbón, se calcularon de la siguiente manera.

#### **Humedad (%)**

$$\text{Contendio de humedad (\%)} = \frac{(W_{pc} + bch) - (w_{pc} + bcs)}{(w_{pc} + bc) - w_{pc}} \times 100$$

**Donde:**

$W_{pc} + bch$ : peso del crisol + biocarbón (g)

$W_{pc} + bcs$ : peso del crisol + biocarbón seco a 110 °C por 4 horas (g)

$W_{pc}$ : peso del crisol limpio y seco a 105 °C x 60 minutos

### Cenizas (%)

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{g \text{ de residuo}}{g \text{ bc a } 110^\circ\text{C}} \times 100$$

Donde:

G del residuo: peso del residuo a 750 °C

G bc: peso del biocarbón x 7 minutos

### Carbono fijo (%)

$$\text{Carbono fijo (\%)} = 100 - (\% \text{ ceniza} + \% \text{ MV})$$

**Tabla 17.** Determinación de Humedad (método: Norma ASTM D 2216)

Muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + m (g)	Peso del crisol + muestra a 105°C (g)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
HPV	48.6437	49.9215	49.7477	1.2778	13.6

HPV: Humedad de poda de vid.

**Tabla 18.** Materia Volátil (método: Norma ASTM D 3175)

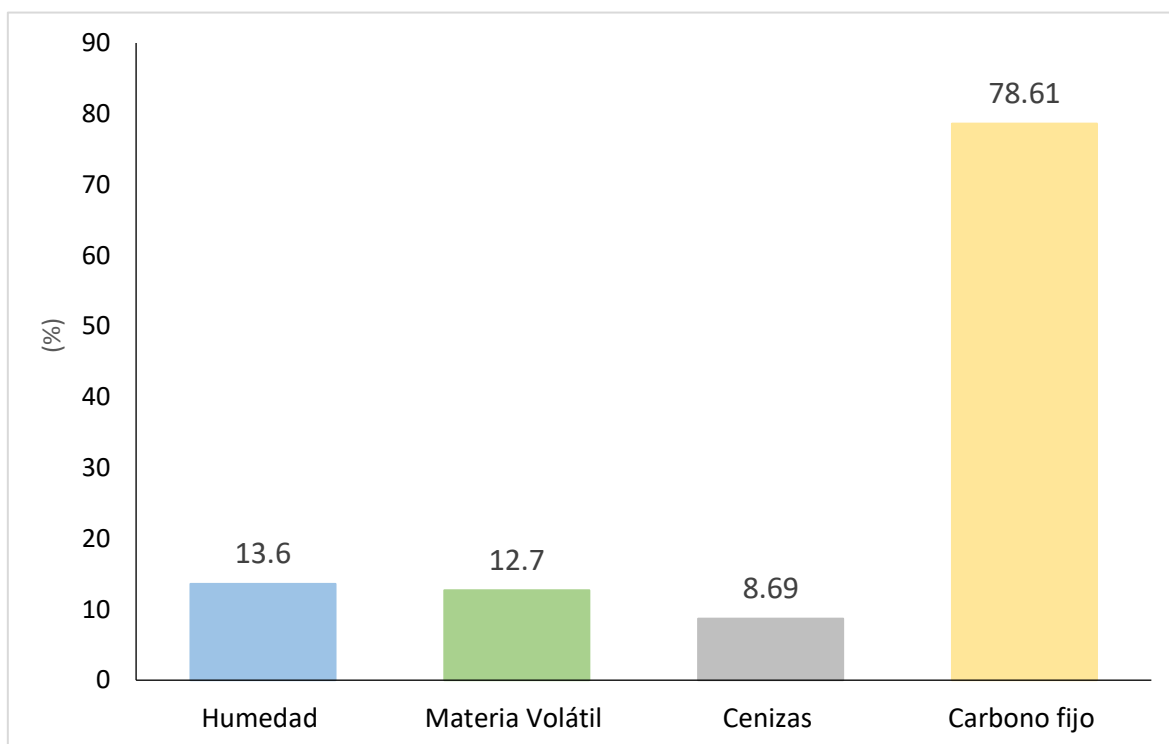
Muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + m (g)	Peso de la muestra (g)	MV (%)
MV PV	45.8483	46.448	0.5997	12.7

**Tabla 19.** Cenizas (método: Norma ASTM D 5142)

Muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol +m (900°C-g)	Peso del crisol + m (g)	Peso de Muestra (g)	Cenizas %
CPV	45.8483	45.9004	46.448	0.5997	8.69

**Tabla 20.** Carbono fijo (Método: Norma ASTM D 5865)

Muestra	MV %	Cenizas %	Carbono fijo (%)
CFPV	12.7	8.69	78.61



**Figura 54.** Parámetros fisicoquímicos del Biocarbón de la Parra de vid

Como se puede ver en la Figura 54, se muestran los resultados del análisis de humedad del biocarbón con 13,6 %, material volátil 12,7 %, cenizas 8,69 % y carbono fijo 78,61 %.



## ESTADÍSTICA DE LA REMOCIÓN DE NITRATO ENTRE EL SISTEMA A Y B

En las siguientes tablas de estadística por ANOVA y no paramétricas de Wilcoxon se evalúa la significancia que puede existir en relación al de nitrato en el sistema de adsorción con biocarbón y cultivo de hortalizas.

Para la probar la hipótesis se toma en cuenta la regla de determinación, donde el p valor  $< 0.05$  tiene una significancia y se puede rechazar la hipótesis nula con más probabilidad de que la hipótesis alterna sea verdadera. Sin embargo, p valor  $> 0.05$  no es significativo o representativo, ya que la probabilidad de que se acepte es la hipótesis nula

### 1. Tanques del Sistema A Y B

#### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La varianza poblacional del conjunto de datos del tanque A posee la misma varianza poblacional del conjunto de datos del tanque B.

**H<sub>1</sub>:** La varianza poblacional del conjunto de datos del tanque A se diferencian con la varianza poblacional del conjunto de datos del tanque B.

**Tabla 21.** Prueba F para varianzas de dos muestras

	<b>TQ A</b>	<b>TQ B</b>
Media	3.81	3.57
Varianza	2.72	0.41
Observaciones	11	11
Grados de libertad	10	10
F	6.656	
P(F<=f) una cola	0.003	
Valor crítico para F (una cola)	2.978	

**Fuente:** SPSS - ANOVA

#### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística (p-value  $< 5\%$ ) para rechazar la hipótesis nula, en tanto aceptamos la hipótesis alternativa. La varianza poblacional del conjunto de datos del tanque A proviene de diferente población del tanque B. Además

## 2. Sistema Acuapónico A - Sin Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 22.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_Sistema A_Sin bicoarbón y Sal_Sistema A_sin biocarbón es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	1.000	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 23.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	33.000
Error estándar	11.236
Estadístico de prueba estandarizado	0.000
Sig. asintótica (prueba bilateral)	1.000

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida sin biocarbón del tanque A, provienen de la misma población.

## 3. Sistema Acuapónico B - Sin Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 24.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Entrada_SISTEMA B_SIN TRAT. y Salida_SISTEMA B_SIN TRAT. es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,859	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 25.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	31.000
Error estándar	11.247
Estadístico de prueba estandarizado	-0.178
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.859

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### **Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p\text{-value} > 5\%$ ) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida sin tratamiento del tanque B, provienen de la misma población.

## **4. Sistema Acuapónico A con 250 g de Biocarbón**

### **Pruebas de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 250g BC de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 250g BC de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 26. Resumen de contrastes de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_SISTEMA A_250g BC y Sal_SISTEMA A_250g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,859	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 27. Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas**

N total	11
Estadístico de prueba	35.000
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	0.178
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.859

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### **Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida de 250g del tanque A y provienen de la misma población.

## **5. Sistema Acuapónico B con 250 g de Biocarbón**

### **Pruebas de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 250g BC de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 250g BC de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 28. Resumen de contrastes de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_SISTEMA B_250g BC y Sal_SISTEMA B_250g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,286	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 29.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	21.000
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	-1.067
Sig. Asintótica (prueba bilateral)	0.286

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p\text{-value} > 5\%$ ) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida de 250g del tanque B, provienen de la misma población.

**6. Sistema Acuapónico A con 500 g de Biocarbón**

**Pruebas de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 500g BC de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 500g BC de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 30.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_SISTEMA A_500g BC y Sal_SISTEMA A_500g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,859	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 31.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	31.000
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	-0.178
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.859

Fuente: SPSS - Wilcoxon

**Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida de 500g del tanque A, provienen de la misma población.

**7. Sistema Acuapónico B con 500 g de Biocarbón**

**Pruebas de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 500g BC de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato de 500 g BC de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 32.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_SISTEMA B_500g BC y Sal_SISTEMA B_500g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,575	Conserve la hipótesis nula.

Fuente: SPSS - Wilcoxon

**Tabla 33.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	33.000
Error estándar	9.811
Estadístico de prueba estandarizado	0.561
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.575

Fuente: SPSS - Wilcoxon

**Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida de 500g del tanque B, provienen de la misma población.

## 8. Sistema Cultivo de hortaliza A (Lechuga) sin Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortalizas sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 34.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_SISTEMA A_CULTIVO DE HORTALIZAS SIN TRAT. y Sal_SISTEMA A_CULTIVO DE HORTALIZAS. SIN TRAT. es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,100	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 35.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	14.500
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	-1.646
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.100

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística ( $p\text{-value} > 5\%$ ) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema del cultivo de hortalizas sin tratamiento del tanque A, provienen de la misma población.

## 9. Sistema Cultivo de hortaliza B (Albahaca) sin Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortalizas sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortalizas sin tratamiento de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 36.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_sistema B_SIST. HIDROP. SIN TRAT. y Sal_sistema B_SIST. HIDROP. SIN TRAT. es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,247	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 37.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	20.000
Error estándar	11.236
Estadístico de prueba estandarizado	-1.157
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.247

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema de cultivo de hortalizas sin tratamiento del tanque B, provienen de la misma población.

## 10. Sistema Cultivo de hortaliza A (Lechuga) con 250 g de Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 250g de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.



**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 250g de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 38.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_Sistema A_SIST. HIDROP. 250g BC y Sal_Sistema A_SIST. HIDROP. 250g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,594	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 39.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	18.000
Error estándar	8.441
Estadístico de prueba estandarizado	-0.533
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.594

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística ( $p\text{-value} > 5\%$ ) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema cultivo de hortaliza de 250g del tanque A, provienen de la misma población.

## 11. Sistema cultivo de Hortaliza B (Albahaca) con 250 g de Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 250 g de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>1</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 250g de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 40. Resumen de contrastes de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_Sistema B_SIST. HIDROP. 250g BC y SaI_Sistema B_SIST. HIDROP. 250g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,041	Rechace la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 41. Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas**

N total	11
Estadístico de prueba	10.000
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	-2.046
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.041

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

### Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística ( $p\text{-value} < 5\%$ ) para rechazar la hipótesis nula, en tanto aceptamos la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema cultivo de hortaliza de 250g del tanque B y no provienen de la misma población.

## 12. Sistema cultivo de Hortaliza A (Lechuga) con 500 g de Biocarbón

### Pruebas de hipótesis

H0: La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 500g de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son iguales a cero.

H1: La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 500g de la diferencia entrada del tanque A y la salida del tanque A son diferentes a cero.

**Tabla 42. Resumen de contrastes de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_Sistema A_SIST. HIDROP. 500g BC y SaI_Sistema A_SIST. HIDROP. 500g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,05	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 43.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	11.000
Error estándar	11.242
Estadístico de prueba estandarizado	-1.957
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.051

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema cultivo de hortaliza de 500g del tanque A y provienen de la misma población.

**13. Sistema cultivo de hortaliza B (Albahaca) con 500 g de Biocarbón**

**Pruebas de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 500g de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son iguales a cero.

**H<sub>0</sub>:** La mediana poblacional del nitrato en el sistema cultivo de hortaliza de 500 g de la diferencia entrada del tanque B y la salida del tanque B son diferentes a cero.

**Tabla 44.** Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Ent_Sistema B_SIST. HIDROP. 500g BC y Sal_Sistema B_SIST. HIDROP. 500g BC es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0.328	Conserve la hipótesis nula.

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Tabla 45.** Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N total	11
Estadístico de prueba	22.000
Error estándar	11.247
Estadístico de prueba estandarizado	-0.978

---

Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.328
------------------------------------	-------

---

**Fuente:** SPSS - Wilcoxon

**Conclusión:**

Existe suficiente evidencia estadística ( $p$ -value >5%) para no rechazar la hipótesis nula, en tanto no podemos aceptar la hipótesis alternativa. Las muestras de entrada y salida del sistema cultivo de hortaliza de 500g del tanque B y provienen de la misma población.

## V. DISCUSIÓN

### **OE1: Analizar las condiciones y propiedades de los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos**

En los tanques A y B con 16 Tilapias, conjuntamente en funcionamiento con el sistema de adsorción (biocarbón) se obtuvo (2.06 mg/L y 2.79 mg/L de nitrato) en los últimos días de experimentación, siendo óptimas para los peces. Sin embargo, Mopoung et al. (2020) aplicó biocarbón de cascara de arroz que tuvo un valor que no excede a los 2,0 mg/L para el agua del estanque de peces, lo que demuestra que al suplementar biocarbón juega un papel importante en eliminar las sustancias en los estanques acuáticos. Además, Abentín, Syafiqah y Saleem (2019) demostró diferencias significativas en las concentraciones de nitrato en sus diferentes sistemas, por el cual el resultado con una acumulación de nitrato en el sistema NTF con 1.17 mg/L, donde estos valores se encuentran óptimos para el cultivo de las Tilapias.

Durante el periodo del tiempo de experimentación en días sin biocarbón en el sistema A y B, se demuestran concentraciones bajas de nitrato en los últimos días de monitoreo con 2.17 y 1.99 mg/L, debido a que las hortalizas tuvieron la capacidad de adsorber los nutrientes sin ningún problema, también que no tenían suficientes nutrientes para abastecer a las plantas. En cuanto a Yang y Kim (2020) manifestó la tasa diaria de eliminación de nitrógeno total fue significativo en la acuaponía que, en una hidroponía a base de lechugas y albahacas, el 51 % de nitrógeno fue asimilado por las biomásas de los cultivos adquiriendo el 9 – 17 % en las plantas para lo cual resultó el crecimiento bueno de las lechugas y albahacas. Por otra parte, en los días de funcionamiento de los sistemas con 250 g de biocarbón resultó similar en las cantidades de nitrato en los sistemas A y B de salida con (2.55 mg/L - 1.72mg/L) por el cual se mantenía en el rango durante la semana y hubo días en las que aumentó el valor de NO<sub>3</sub> debido a la incorporación de agua de pozo que supuestamente contenía nitratos. Asimismo, con la dosis de 500 g de biocarbón con una salida de 2.36 mg /L y para el segundo sistema B (1.89 mg/L) lo que se logró entender conjuntamente con la estadística que no fueron significativas, por tanto, tienen una similitud en la cantidad que ingresa y la salida de nitrato para el cultivo de las hortalizas. De tal manera que en el cultivo de hortalizas del sistema

A y B con (500 g - 250 g) y sin biocarbón resultan ser no significativos, ya que no genera mayor adsorción por parte del biocarbón y por ende no se genera la nitrificación suficiente debido a la granulometría del biocarbón, además de los peces que se encuentran en pocas cantidades lo que se refiere a un desequilibrio de los nutrientes para el sistema. A diferencia de Su et al, (2020) obtuvo concentración de nitrato entre 2.1 y 34.5 mg/L durante su experimento en 70 días con diferentes dosis de biocarbón de cascara de Nuez de la Palma, lo que resalta que el tratamiento de 450 g de biocarbón produjera nitrato en un 29.7 mg/L por semana en comparación con los otros, lo cual llevo a una mayor conversión de nitrito a nitrato. También decir que el nitrógeno representado en función al nitrato ( $\text{NO}_3$ ) para la absorción por parte de las plantas y/o hortalizas, se tuvo como primer experimento durante un mes, las hortalizas se desarrollaron con un peso y tamaño mayor con (5.2 g y 13.1 cm de la Lechuga) en la semana 4 y (0.73 g y 9.8 cm de la Albahaca), determinando que la Lechuga tiene rápido crecimiento en el sistema acuapónico que la Albahaca. Además, la absorción de nutrientes aumenta a medida que pasa el tiempo en la edad de la planta teniendo en cuenta los factores que influyen como es en la concentración de nutrientes, la intensidad de la luz, la humedad y la temperatura (Wongkiew et al., 2017). Del mismo modo, para el segundo experimento, el 5 de diciembre se muestra el valor del peso y tamaño mayor (22.3 g y 6.5 cm de la Lechuga; 21.5 g y 27.6 cm de la Albahaca), durante el lapso del tiempo se mantiene constante en sus valores de peso y tamaño porque se obtuvo los resultados interdiarios lo que lleva a pequeños cambios. Después de todo Lennard y Sala, (2019) menciona que el potencial de los sistemas acuapónicos son óptimas, pero que tiene deficiencias en nutrientes si el sistema no está bien diseñado y administrado correctamente.

**OE2: Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica**

El biocarbón que fue elaborado de la parra de vid con 21.06 kg, se produjo 8.01 kg de biocarbón en un reactor pirolítico hasta una temperatura de 537 °C durante dos horas y media, con rendimiento de 38.463 %, con carbono de 78.61 %. Asimismo, Nunes et al. (2021), produjo biocarbón de la poda de vid en un horno con 400 °C

en 90 minutos e hicieron la caracterización del biocarbón, para lo cual determinan que tiene un carbono del 60 % y tiene excelentes cualidades con una capacidad calorífica más del 50 %. Por otro lado, Liao et al. (2018) determinaron que el biocarbón a altas temperaturas de 500 – 600 °C tiene más carbono con poca capacidad de poder retener el nitrato, a diferencia del biocarbón pirolizados a 350 - 500 °C si obtuvieron mejores resultados en la adsorción de nitrato con un 67.9 %. El biocarbón de parra de uva resultó favorable para la adsorción del nitrato en los sistemas hidropónicos, el promedio durante los 11 días de monitoreos con la dosis de 500 g de BC en el sistema A, ingresó 4.535 mg/L y en su salida 4.046 mg/L, en el sistema B, ingresó 4.71 mg/L y en su salida 4.346 mg/L, con la dosis de 250 g de BC en el sistema A, ingresó 3.987 mg/L y en su salida 3.738 mg/L, en el sistema B, ingresó 4.004 mg/L y en su salida 3.791 mg/L, favoreciendo el crecimiento de las hortalizas. Mientras tanto, Efendi et al. (2017), sobre acuaponía de lechuga y romana encontraron que el nitrato se presentaba entre 0,02 y 0,04 mg/L. Según Xiang et al. (2020), indica que el biocarbón es efectivo para eliminar contaminantes por su poder de adsorción, siendo una importante solución para remediar la contaminación en diversos sectores acuáticos.

El rendimiento de crecimiento de la lechuga durante el tratamiento con diferentes dosis de biocarbón resultó favorable, llegando a tener en cosecha 189 g de lechuga con 500 g de BC, 34.07 g de lechuga con 250 g de BC y 65.57 g de lechuga sin BC. Se puede apreciar que en el tratamiento A, logró tener mayor ganancia de peso. Según Su M. et al. (2020) determinaron que el uso de diferentes cantidades de biocarbón tuvo una influencia significativa en el crecimiento y rendimiento de la lechuga en sistemas acuapónicos. En cuanto al rendimiento de crecimiento de la albahaca con diferentes tratamientos resultó favorable para el tratamiento B con 250 g de BC teniendo un peso de cosecha total de 123.2 g, las hojas presentan un color amarillento por motivo que tuvo una población muy pequeña de tilapias, generando el insuficiente nutriente para la población de la albahaca. Según Anvar (2022), su cultivo promedió 2 kg/m<sup>2</sup> por cultivo y una tasa de supervivencia del 84.7 %, en su primera cosecha obtuvo una buena producción mostrando un peso promedio de 167.1 g teniendo un crecimiento lento y a la cuarta cosecha debilitó a las plantas y raíces, siendo evidente la deficiencia nutritiva manifestándose de

forma amarillenta en sus hojas, llegando a la conclusión que es por clorosis. Por lo tanto, en su sistema de cultivo cambio a cultivo por etapas para una adsorción moderada de nutrientes.

En el presente estudio se midieron parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua del sistema, proveniente del subsuelo, en donde los valores promedio de temperatura fue entre 19 - 23 °C, sulfato (70 -170 mg/L), conductividad (700 – 800 ppm), OD (4 – 5 mg/L), nitrato (3 – 6 mg/L) y pH (6-9) no fueron significativamente diferentes en el agua de los sistemas A y B, sin embargo, para el nitrato en los sistemas hubo un incremento entre los días 2 y 3 de diciembre, pero luego se nivela. Según Bolaños, Cordero y Segura (2017), el nitrato son contaminantes móviles en el agua subterránea porque no son absorbidos por los materiales del acuífero, este factor hace que el nitrato permanezca en el agua subterránea. Por otro lado, Juárez C. et al. (2022), en sus resultados del monitoreo de sus parámetros nos da a conocer el pH (5.5 – 6.5 mg/L), CE (1.5 – 2.5 ds), temperatura (18.18 °C), OD (4.50 mg/L) manteniéndose los parámetros estables concluyendo que se debe monitorear frecuentemente los parámetros para evitar consecuencias negativas.

El rendimiento del crecimiento y ganancia de peso de las tilapias primer experimento teniendo 10 especies por cada tanque. El tanque A inició con (10.06 g y 14.84 cm) culminando con (17.74 g y 24.31 cm), por cada pez aproximadamente, para el tanque B inició con (10.81 g y 15.12 cm) culminando con 14.31 g y 25.2 cm) por cada pez aproximadamente, la mortandad de estos peces fue por falta de fluido eléctrico por corte de luz durante la noche al día siguiente dejando de funcionar las bombas de oxigenación. En el segundo experimento, se previnieron detalles obteniendo 8 por cada tanque, monitoreado durante 11 días. El peso y talla inicial de los peces que están en el tanque A fue de (17.3 g y 23.3 cm), culminando con (22.3 g y 26.5cm), por cada pez aproximadamente, en el tanque B fue de (16.9 g y 23.5 cm), culminando con (21.5 g y 27.6 cm), por cada pez aproximadamente, los peces en ambos experimentos fueron alimentados dos veces por día. Por otro lado, Rakocy, Bailey y Shultz (2022), utilizaron 154 peces (tilapia) oscilando el peso medio entre 43 y 138 g, alimentándolas 3 veces por día y criándolas por un tiempo de 24 semanas, teniendo una cosecha final de 480 kg, manifestando que los peces estuvieran ligeramente con desnutrición pudiendo haber sido mayor y menos viable.



Sin embargo, Hager et al. (2021), recomienda entre una de las especies tilapia ya que es una especie de reproducción rápida, tolerante al hacinamiento y a condiciones de agua relativamente mala, pudiendo estar a una temperatura optima entre (14 – 34 °C) y vital (25 – 30 °C), con un oxígeno disuelto (> 4 mg/L).

## VI. CONCLUSIONES

### **OE1: Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos.**

El biocarbón de parra de vid, no obtuvo buenos resultados en la remoción de nitrato debido a la granulometría de tamaño mayor de 2 cm, pero sí aportó beneficio en el sistema acuapónico debido a la desorción del biocarbón de nitratos en el sistema de adsorción para aportar al cultivo de las hortalizas en pocas cantidades durante el segundo experimento, asimismo se mantuvo la mejora de los parámetros de calidad del agua y crecimiento de las Tilapias. Asimismo, se deduce, que mayor dosis de biocarbón por pirólisis a una temperatura promedio de 500 °C y menor tamaño en su granulometría mostraría mejores resultados para el tratamiento del agua en el sistema acuapónico, ya que mantuvo el pH del tanque de agua a 7.2 en sistema A y B con 7.3 después de un mes, óptimas y tolerables para los peces.

### **OE2: Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica**

En los sistemas acuapónicos se obtuvo una buena calidad de agua teniendo los parámetros pH, temperatura, OD, CE, en los rangos adecuados para que las tilapias y las hortalizas estén en armonía, notándose un buen crecimiento en las tilapias con un tamaño de 26.5 y 27.6 respectivamente de cada tanque, siendo el uso del biocarbón favorable para el crecimiento de la lechuga sobre la albahaca, pero no es lo esperado ya que la granulometría de 2 cm no fue la adecuada. Las hortalizas se pueden adaptar a sistemas acuapónicos si se tiene en consideración un balance de nutrientes

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Optimizar en la proporción del biocarbón por reactor pirolítico, además de los peces y las plantas en el sistema acuapónico para controlar la liberación de nutrientes nitrogenados en el sistema de acuaponía.
2. Mejorar el diseño del tanque de peces, el filtro mecánico y los tener cuidado en el armado de los componentes hidropónicos NFT.
3. Hacer más estudios de la capacidad de adsorción y la porosidad del biocarbón de parra o sarmientos de vid para aplicar a diferentes contaminantes.
4. Ampliar más estudios de la caracterización físico-química de los biocarbones de la parra de vid a través de análisis termogravimétrico y textura, la capacidad de adsorción en cantidad y textura para agregar a un sistema acuapónico como biofiltro que aportaría grandes beneficios al sistema acuático y biológico.
5. Para elaborar un sistema acuapónico, tener en cuenta los parámetros físicos y químicos para mantener en equilibrio y sea sostenible para una buena producción de hortalizas y peces.
6. Realizar más estudios sobre la adsorción de este biocarbón de parra de vid con otros contaminantes con diferentes dosis para verificar
7. Evaluar la viabilidad de la indumentaria que se van a emplear en el sistema.

## REFERENCIAS

1. ADENIYI Adewale, Ighalo Joshua and Onifade Damilola. Production of biochar from elephant grass (*Pennisetum purpureum*) using an updraft biomass gasifier with retort heating, *Biofuels* 12, 2021 -10, p. 283-1290. <https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1613751>
2. AFRIANA, Santy; RAHMANIAR, Erita and SHALEH, Shaleh. Concept of Quantitative Research Methodology and its Implications for Methods in Islamic Education. *IJECA (International Journal of Education and Curriculum Application)*, 2022, vol. 5, no. 2, pp. 133-141. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/IJECA/article/view/8973/>
3. AGHOGHOVWIA, Makhosazana P.; HARDIE, Ailsa G.; ROZANOV, Andrei B. Characterisation, adsorption and desorption of ammonium and nitrate of biochar derived from different feedstocks. *Environmental Technology*, 2020, vol. 43, no 5, p. 774-787. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1804466>
4. AL-RUMAIHI, Aisha, et al. A review of pyrolysis technologies and feedstock: A blending approach for plastic and biomass towards optimum biochar yield. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, vol. 167, p. 112715. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112715>
5. ANEL, J. et al. Evaluation of the efficiency of the SuperFloc SD 20 80 coagulant versus ferric chloride in water clarification processes, 2020, vol. 6, no. 2. (2020): *Revista de Iniciación Científica*. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.2.2898>
6. ANTONANGELO, J. A., SUN, X. and ZHANG, H. (2021, January 1). The roles of co-composted biochar (COMBI) in improving soil quality, crop productivity, and toxic metal amelioration. *Journal of Environmental Management*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111443>
7. ANVAR Pulatov. GROWING BASIL IN AQUAPONICS. *International scientific research journal*, ISSN: 2776-0979, Volume 3, Issue 10, Oct., 2022. DOI: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/TUR6F>
8. ARIFFIN, FARAH DIYANA, et al. Kebolehpayaan fitoremediasi oleh *Azolla pinnata* dalam merawat air sisa akuakultur. *Sains Malaysiana*, 2019, vol. 48, no 2, p. 281-289. <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2019-4802-03>
9. ARTHUR, Philomina MA. et al. Performance evaluation of a full-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor coupled with trickling filters for municipal wastewater treatment in a developing country. *Heliyon*, 2022, vol. 8, no 8, p. e10129. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10129>
10. ASHA, Tom et al. Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 2021, vol. 4, p. 100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>
11. BATOOL, S. et al., 2019. Sorption of Cr (III) from aqueous media via naturally functionalized microporous biochar: Mechanistic study. *Microchemical Journal*, 144, 242–253. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.09.012>
12. BEJARANO, M.A. et al., 2020. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Universidad Internacional del Ecuador [en línea], [Consulta: 1 June 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA.pdf>

13. BERGER, Christian. La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *Sostenibilidad Sur*, 2020, vol. 1, N° 1, pág. e003-e003. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
14. BHATIA, Ravi Kant, et al. Renewable energy products through bioremediation of wastewater. *Sustainability*, 2020, vol. 12, no 18, p. 7501. <https://doi.org/10.3390/su12187501>
15. BIOMIN Holding GmbH. Acuicultura: Calidad del agua / biorremediación. Erber Campus 1. 3131 Getzersdorf. AUSTRIA. DSM, 2021, Landesgericht St. Pölten, UID: ATU56585323, FN 230702 v. <https://bit.ly/3w1ihRL>
16. BOHNES, Florence; LAURENT, Alexis. Environmental impacts of existing and future aquaculture production: Comparison of technologies and feed options in Singapore. *Aquaculture*, 2021, vol. 532, p. 736001. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736001>
17. CAI, Wenfei, et al. A review on the selection of raw materials and reactors for biomass fast pyrolysis in China. *Fuel Processing Technology*, 2021, vol. 221, p. 106919. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.106919>
18. CALONE, R. et al. Improving water management in European catfish recirculating aquaculture systems through catfish-lettuce aquaponics. *Science of the total environment*, 2019, vol. 687, p. 759-767. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.167>
19. CANDIA-ONFRAY, Christian, et al. Treatment of winery wastewater by anodic oxidation using BDD electrode. *Chemosphere*, 2018, vol. 206, p. 709-717. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.175>
20. CASTILLO, Bustos. Técnicas e instrumentos para recoger datos del hecho social educativo. *Revista Científica Retos De La Ciencia*, 5(10), 50–61, 2021. Recuperado a partir de <https://retosdelacienciaec.com/Revistas/index.php/retos/article/view/349>
21. CHITTARANJAN, Raul, et al. Biochar: an emerging solution for sustainable aquaculture. *World Aquaculture*, 2019, vol. 50, no 3, p. 64-65. ISSN: 1041-5602. <https://www.researchgate.net/publication/337759327>
22. CHALESHTORI Akram, et al., 2017. Removal of Acid Red 18 (Azo-Dye) from Aqueous Solution by Adsorption onto Activated Charcoal Prepared from Almond Shell, *Journal of Environmental Science and Management* 20-2: 9-16 (December 2017) ISSN 0119-1144. [https://doi.org/10.47125/jesam/2017\\_2/02](https://doi.org/10.47125/jesam/2017_2/02)
23. CHALESHTORI, F. et al., (2022, December 1). Advanced techniques in the production of biochar from lignocellulosic biomass and environmental applications. *Cleaner Materials*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100137>
24. CHANG, Yin-Ru; LEE, Yu-Jen; LEE, Duu-Jong. Membrane fouling during water or wastewater treatments: Current research updated. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2019, vol. 94, p. 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.12.019>

25. CORREA, G. et al. Evaluación de la remoción de la turbidez de un sistema de coagulación mediante Almidón de la Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), 2019. <http://hdl.handle/20.500.12952/5115>
26. CRINI, Grégorio; LICHTFOUSE, Eric. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*, 2019, vol. 17, no 1, p. 145-155. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02082890/document>
27. DAUDA, A. B. et al. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*. KeAi Communications Co., 2019, May 1. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>
28. DESWATI *et al.* Samhong mustard cultivation by utilizing tilapia waste in nutrient film technique (nft) aquaponics system based on bioflocs, and its impact on water quality. Vol. 14 | No. 4 |2559-2566| October- December |, 2021, ISSN: 0974-1496 <http://doi.org/10.31788/RJC.2021.1446576>
29. DUNNIGAN, L. et al., (2018). Emission characteristics of a pyrolysis-combustion system for the co-production of biochar and bioenergy from agricultural wastes. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 77, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.004>
30. EFFENDI, Hefni, *et al.* Ammonia and orthophosphate removal of tilapia cultivation wastewater with *Vetiveria zizanioides*. *Journal of King Saud University-Science*, 2020, vol. 32, no 1, p. 207-212. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.018>
31. EL BIED, O. *et al.* Turbidity and Chemical Oxygen Demand Reduction from Pig Slurry through a Coagulation Flocculation Process. *Agronomy* 2021, 11, 2158. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112158>
32. ELISANTE, Eliapenda; MUZUKA, Alfred NN. Occurrence of nitrate in Tanzanian groundwater aquifers: a review. *Applied Water Science*, 2017, vol. 7, no 1, p. 71-87. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0269-z>
33. ESPINOSA-MOYA, Azucena, et al. Crecimiento y desarrollo de plantas herbáceas en sistemas acuapónicos. *Acta universitaria*, 2018, vol. 28, no 2, p. 1-8. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1387>
34. ESTIM, Abentin; SAUFIE, Syafiqah; MUSTAFA, Saleem. Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. *Journal of Water Process Engineering*, 2019, vol. 30, p. 100566. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.001>
35. FAO y CIRAD. 2021. Frutas y hortalizas – Oportunidades y desafíos para la agricultura sostenible a pequeña escala. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb4173es>
36. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. ISBN: 978-92-5-130562-1. Disponible: <https://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>
37. FARAG et al. Impacts of water additives on water quality, production efficiency, intestinal morphology, gut microbiota, and immunological responses of Nile tilapia fingerlings under a zero-water-exchange system. *Aquaculture*, 547, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737503>

38. FERNANDES, L., MARQUES, J. J., y ARLEN, J. Adsorção de dióxido de carbono utilizando o biochar produzido a partir de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa*). *Scientia Plena*, 14(3), 2018. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.034202>
39. GODDEK, Simon, et al. Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer Nature, 2019. <http://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22883>
40. GODDEK, Simon; KEESMAN, Karel J. The necessity of desalination technology for designing and sizing multi-loop aquaponics systems. *Desalination*, 2018, vol. 428, p. 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.11.024>
41. GODDEK, Simon; KÖRNER, Oliver. A fully integrated simulation model of multi-loop aquaponics: a case study for system sizing in different environments. *Agricultural systems*, 2019, vol. 171, p. 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.010>
42. GRZYB, Aleksandra; WOLNA-MARUWKA, Agnieszka and NIEWIADOMSKA, Alicja. The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management. *Agronomy*, 2021, vol. 11, no 7, p. 1415. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071415>
43. GUERRERO, C. et al. Claudia Jimena, et al. Evaluation of biological and physicochemical relationships as indicators of water quality in toltén river basin, araucanía, chile: preliminary results. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 2021, vol. 66, no 4, p. 5307-5311. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-97072021000405307>
44. GUPTA, S., and Kashani, A. (2021). Utilization of biochar from unwashed peanut shell in cementitious building materials – Effect on early age properties and environmental benefits. *Fuel Processing Technology*, 218. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.106841>
45. GUZMÁN-LUNA, P.; GERBENS-LEENES, P. W.; VACA-JIMÉNEZ, S. D. The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in mexico, a comparison of the footprints of fish and meat. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, vol. 165, p. 105224. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105224>
46. HAGER et al. Production Manual A Practical Handbook for Growers. KENTUCKY STATE UNIVERSITY AQUAPONICS. (2020) <http://www.ksuaquaculture.org/PDFs/Aquaponics%20Handbook%202021%20Updated%20.pdf>
47. HALIM, A., et al. N, P and K content in non-soil planting media for pakchoy (*Brassica rapa L.*) cultivation in vertical circulation system of aquaponics. *En IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 012081. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/667/1/012081/meta>
48. HARUN, A. *et al.*, 2019. Effect of different aeration units, nitrogen types and inoculum on biofloc formation for improvement of Pacific Whiteleg shrimp production. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(3), 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.07.001>

49. HERNÁNDEZ, C. E., y CARPIO, N. A. Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, Revista científica Del Instituto Nacional De Salud, 2(1 (enero-junio), 75–79, 2019 <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
50. HESSEN, Katharina Karlsen. A coastline altered by aquaculture: the sociocultural sustainability of fish farming in Arctic Norway. 2022. Tesis de Maestría. Norwegian University of Life Sciences, Ås. <https://hdl.handle.net/11250/3018018>
51. HINIĆ-FRLOG, S. Introductory animal physiology: Osmoregulation in Animals Living in Aquatic Environment. University of Toronto Mississauga. LibreTexts. (2020) [https://med.libretexts.org/Bookshelves/Veterinary\\_Medicine/Book%3A\\_Introductory\\_Animal\\_Physiology\\_\(Hinic-Frlog\)](https://med.libretexts.org/Bookshelves/Veterinary_Medicine/Book%3A_Introductory_Animal_Physiology_(Hinic-Frlog))
52. IBER, Benedict Terkula; KASAN, Nor Azman. Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. Heliyon, 2021, vol. 7, no 11, p. e08283. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283>
53. JABBOROVA, Dilfuza, et al. Impacts of biochar on basil (*Ocimum basilicum*) growth, root morphological traits, plant biochemical and physiological properties and soil enzymatic activities. Scientia Horticulturae, 2021, vol. 290, p. 110518. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110518>
54. JAMROEN, C. et al. A standalone photovoltaic/battery energy-powered water quality monitoring system based on narrowband internet of things for aquaculture: Design and implementation. Smart Agricultural Technology, 3, 100072. (2023). <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100072>
55. JIJÓN Joselyne (2022). Actividad enzimática digestiva e histología intestinal en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) alimentados con ácido ascórbico en dieta. Quevedo. UTEQ, 88 p.
56. JIN, Lili, et al. Biological filtration for wastewater treatment in the 21st century: A data-driven analysis of hotspots, challenges and prospects. Science of The Total Environment, 2022, p. 158951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158951>
57. JUÁREZ Rosete C, et al. (n.d.). CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN UN SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE. Retrieved December 12, 2022, from Redalyc.org website: <https://www.redalyc.org/journal/339/33971864004/33971864004.pdf>
58. JUSOH, Ahmad, et al. Green technology in treating aquaculture wastewater. En AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2020. p. 020001. Publicado en línea: 02 de enero de 2020. <https://doi.org/10.1063/1.5140892>
59. KHALIL, S. 2018. Growth performance, nutrients and microbial dynamic in aquaponics systems as affected by water temperature. *Eur. J. Hortic. Sci*, 83, 388-394. <https://doi.org/10.17660/ejhs.2018/83.6.7>
60. KUMAR, Adarsh; SAINI, Komal; BHASKAR, Thallada. Hydrochar and biochar: production, physicochemical properties and techno-economic analysis. Bioresource technology, 2020, vol. 310, p. 123442. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123442>
61. KUMARI, A. et al., 2023. Changes in the expression of certain osmosensitive channel and transporter genes in primary hepatocytes of air-breathing catfish,



- Clarias magur: A strategy to adapt under osmotic stress. *Aquaculture*, 562. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738756>
62. KUMBHAR, D. et al., 2021. Rapid discrimination of porous bio-carbon derived from nitrogen rich biomass using Raman spectroscopy and artificial intelligence methods. *Carbon*, 178, 792–802. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2021.03.064>
  63. KURNIAWAN, Setyo Budi, et al. Aquaculture in Malaysia: Water-related environmental challenges and opportunities for cleaner production. *Environmental Technology & Innovation*, 2021, vol. 24, p. 101913. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101913>
  64. LAUZURIQUE, Y. et al. Anodic Oxidation of Industrial Winery Wastewater Using Different Anodes. *Water* 2022, 14, 95. <https://doi.org/10.3390/w14010095>
  65. LEI, Chunli; ENGESETH, Nicki J. Comparison of growth characteristics, functional qualities, and texture of hydroponically grown and soil-grown lettuce. *Lwt*, 2021, vol. 150, p. 111931. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111931>
  66. LENG, Lijian, et al. Bio-oil upgrading by emulsification/microemulsification: a review. *Energy*, 2018, vol. 161, p. 214-232. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.117>
  67. LENNARD, Wilson; WARD, James. A comparison of plant growth rates between an NFT hydroponic system and an NFT aquaponic system. *Horticulturae*, 2019, vol. 5, no 2, p. 27. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5020027>
  68. LI, Xianyang, et al. Highly heterogeneous interior structure of biofilm wastewater for enhanced pollutant removals. *Bioresource technology*, 2019, vol. 291, p. 121919. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121919>
  69. LIAO, Fen, et al. Characteristics and inorganic N holding ability of biochar derived from the pyrolysis of agricultural and forestal residues in the southern China. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2018, vol. 134, p. 544-551. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.08.001>
  70. LIMBURG, K. E. et al. Ocean Deoxygenation: A Primer. *One Earth*. Cell Press, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.01.001>
  71. LIU, X., Kim, M., Nakhla, G., Andalib, M., & Fang, Y. (2020). Partial nitrification-reactor configurations, and operational conditions: Performance analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103984>
  72. MAGDZIARZ, A., Wilk, M., and Wądrzyk, M. (2020). Pyrolysis of hydrochar derived from biomass – Experimental investigation. *Fuel*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117246>
  73. MANISCALCO, Manfredi Picciotto; VOLPE, Maurizi and MESSINEO, Antonio. Hydrothermal carbonization as a valuable tool for energy and environmental applications: A review. *Energies*, 2020, vol. 13, no 16, p. 4098. <https://doi.org/10.3390/en13164098>
  74. MAO, Guozhu, et al. A bibliometric analysis of industrial wastewater treatments from 1998 to 2019. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 275, p. 115785. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115785>

75. MEACHAM, Kai. Unconventional Agriculture: An Exploration of Hydroponics and Aquaponics and Their Role as a Solution to Food Scarcity. 2021. <https://digitalcommons.unl.edu/honorstheses/315>
76. MEDFU, Zewdu and Iniyehu | Fatih Yildiz (Reviewing editor) (2020) Microbes used as a tool for bioremediation of heavy metal from the environment, *Cogent Food & Agriculture*, 6:1, DOI: 10.1080/23311932.2020.1783174
77. MOPOUNG, Sumrit, et al. Water treatment for fish aquaculture system by biochar-supplemented planting panel system. *The Scientific World Journal*, 2020, vol. 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7901362>
78. Morales Hernández, Yovanny, Cajamarca García, Yuly Natalia, & Arturo Calvache, Jaime Eduardo. (2019). Algoritmo de Matlab® para calcular isotermas de adsorción de Langmuir de ácidos carboxílicos sobre carbón activado o Amberlite IRA 67 como adsorbentes sólidos. *Educación química*, 30(1), 10-20. Epub 14 de octubre de 2019. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.64601>
79. MOSCOSO LOAIZA, Luisa Fernanda; DÍAZ HEREDIA, Luz Patricia. Aspectos éticos en la investigación cualitativa con niños. *Revista latinoamericana de bioética*, 2018, vol. 18, no 1, p. 51-67. ISSN 2462-859X. DOI 10.18359/r/bi.2955
80. MUSA, Mohammed Ali; IDRUS, Syazwani. Physical and biological treatment technologies of slaughterhouse wastewater: A review. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no 9, p. 4656. <https://doi.org/10.3390/su13094656>
81. NAKHCHI, M. E.; HATAMI, Mohammad and RAHMATI, Mohammad. Experimental investigation of performance improvement of double-pipe heat exchangers with novel perforated elliptic turbulators. *International Journal of Thermal Sciences*, 2021, vol. 168, p. 107057. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.107057>
82. NEMATOLLAHI, Mohammad A., et al. Effect of organic carbon source and nutrient depletion on the simultaneous production of a high value bioplastic and a specialty pigment by *Arthrospira platensis*. *Algal Research*, 2020, vol. 47, p. 101844. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101844>
83. NOZZI, Valentina, et al. Nutrient management in aquaponics: comparison of three approaches for cultivating lettuce, mint and mushroom herb. *Agronomy*, 2018, vol. 8, no 3, p. 27. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030027>
84. NUNES, L. et al. Energy Recovery of Agricultural Residues: Incorporation of Vine Pruning in the Production of Biomass Pellets with ENplus® Certification. *Recycling* 2021, 6, 28. <https://doi.org/10.3390/recycling6020028>
85. NUNES, Leonel JR, et al. Production of biochar from vine pruning: Waste recovery in the wine industry. *Agriculture*, 2021, vol. 11, no 6, p. 489. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060489>
86. ONI, Babalola Aisosa; OZIEGBE, Olubukola and OLAWOLE, Obembe O. Significance of biochar application to the environment and economy. *Annals of Agricultural Sciences*, 2019, vol. 64, no 2, p. 222-236. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2019.12.006>

87. PAPADOPOULOS, Konstantinos P., et al. Brewery wastewater treatment using cyanobacterial-bacterial settleable aggregates. *Algal Research*, 2020, vol. 49, p. 101957. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101957>
88. PAREDES CUESTA, Camila Abigail. Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población del cantón El Tambo, provincia del Cañar. 2022. Tesis de Licenciatura. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22328>
89. PAUL, Diplina; HALL, Steven G. Biochar and Zeolite as Alternative Biofilter Media for Denitrification of Aquaculture Effluents. *Water*, 2021, vol. 13, no 19, p. 2703. <https://doi.org/10.3390/w13192703>
90. PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín. Sistema Acuapónico. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-4: 538-546  
[https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol2num4/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%204%20Final.pdf#page=27](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num4/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%204%20Final.pdf#page=27)
91. PRAVEEN, Rosario, et al. Potential pitfalls in wastewater phosphorus analysis and how to avoid them. *Environmental health insights*, 2021, vol. 15, p. 11786302211019218. <https://doi.org/10.1177/11786302211019218>
92. RABALAIS, Nancy N., et al. Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, 2009, vol. 66, no 7, p. 1528-1537. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp047>
93. RAHMAN, Mir Tamzid, et al. A novel method to delaminate nitrate-intercalated MgAl layered double hydroxides in water and application in heavy metals removal from waste water. *Chemosphere*, 2018, vol. 203, p. 281-290. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.166>
94. RAJEEV, Riya et al. Healthy microbiome: a key to successful and sustainable shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 2021, vol. 13, no 1, p. 238-258. <https://doi.org/10.1111/raq.12471>
95. RAKOCY, J., Bailey, D., Shultz, R. y Thoman, E. (n.d.). Update on Tilapia and vegetable production in the uvi aquaponic system. Retrieved December 13, 2022, from Arizona.edu website: <https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/676.pdf>
96. REYES, J. L. Aceite de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su potencial de producción sustentable para uso medicinal, (marzo de 2010). Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2418>
97. SANTÍN, C., et al. Carbon sequestration potential and physicochemical properties differ between wildfire charcoals and slow-pyrolysis biochars. *Sci Rep* 7, 11233 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10455-2>
98. SAGASTA Mateo, Javier; ZADEH, S. Marjani; TURRAL, Hugh (ed.). More people, more food, worse water a global review of water pollution from agriculture. 2018. <https://www.fao.org/3/CA0146EN/ca0146en.pdf>
99. SAHOO, Swapna Sagarika, et al. Production and characterization of biochar produced from slow pyrolysis of pigeon pea stalk and bamboo. *Cleaner Engineering and Technology*, 2021, vol. 3, p. 100101. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100101>

100. SAMAJA, Juan. La triangulación metodológica (pasos para una comprensión dialéctica de la combinación de métodos). *Revista Cubana de Salud Pública*, 2018, vol. 55, nro 2, 431 – 443 pp. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v44n2/1561-3127-rcsp-44-02-431.pdf>
101. SENARATHNA DDTTD. et al. Veterinary pharmaceuticals in aquaculture wastewater as emerging contaminant substances in aquatic environment and potential treatment methods. *MOJ Eco Environ Sci.* 2021;6(3):98–102. DOI: 10.15406/mojes.2021.06.00221
102. SHARPE, S. (2020, 25 de february) How to Manage Nitrate in Your Freshwater Aquarium. <https://www.thesprucepets.com/nitrates-in-the-aquarium-1381883>
103. SHI, Min, et al. Phytochemicals, Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce—A Comprehensive Review. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, no 6, p. 1158. <https://doi.org/10.3390/antiox11061158>
104. SONG, Haihong, et al. Potential of novel biochars produced from invasive aquatic species outside food chain in removing ammonium nitrogen: Comparison with conventional biochars and clinoptilolite. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no 24, p. 7136. <https://doi.org/10.3390/su11247136>
105. SU, Man Huan, et al. Simultaneous removal of toxic ammonia and lettuce cultivation in aquaponic system using microwave pyrolysis biochar. *Journal of hazardous materials*, 2020, vol. 396, p. 122610. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122610>
106. SUPAJARUWONG, Siriwanee, et al. Design and function of a nitrogen and sediment removal system in a recirculating aquaculture system optimized for aquaponics. *Environmental Engineering Research*, 2021, vol. 26, no 2. <https://doi.org/10.4491/eer.2019.494>
107. TAHA, M.F. et al. Recent Advances of Smart Systems and Internet of Things (IoT) for Aquaponics Automation: A Comprehensive Overview. *Chemosensors* 2022, 10, 303. <https://doi.org/10.3390/chemosensors10080303>
108. TANGPAO, Tibet, et al. Volatile Organic Compounds from Basil Essential Oils: Plant Taxonomy, Biological Activities, and Their Applications in Tropical Fruit Productions. *Horticulturae*, 2022, vol. 8, no 2, p. 144. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020144>
109. TASNEEM and SHAH. Soil respiration, pH and EC as influenced by biochar, 2017 DOI:10.25252/SE/17/51184
110. TEJADA-TOVAR, Candelaria; VILLABONA-ORTIZ, Ángel; GARCÉS-JARABA, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 2015, vol. 18, no 34, p. 109-123.
111. TIWARI, Amit K. and PAL, Dan B. Nutrients contamination and eutrophication in the river ecosystem. En *Ecological Significance of River Ecosystems*. Elsevier, 2022. p. 203-216. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00001-7>
112. TOMCZYK, A., Sokołowska, Z. & Boguta, P. Propiedades fisicoquímicas del biocarbón: temperatura de pirólisis y efectos del tipo de materia prima. *Rev Environ Sci Biotechnol* 19, 191–215 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>

113. UDANOR, C. N., et al. An internet of things labelled dataset for aquaponics fish pond water quality monitoring system. *Data in Brief*, 2022, vol. 43, p. 108400. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108400>
114. VARMA, Anil Kumar; SHANKAR, Ravi and MONDAL, Prasenjit. A review on pyrolysis of biomass and the impacts of operating conditions on product yield, quality, and upgradation. *Recent advancements in biofuels and bioenergy utilization*, 2018, p. 227-259. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1307-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1307-3_10)
115. VÁSQUEZ, Wilfredo; TALAVERA, María; INGA, Marianela. Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa-Puno. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2016, vol. 82, no 1, p. 15-28. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2016000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2016000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)
116. VERZOLA, Marco A.; OLIVEIRA, Kaíque SGC; RUOTOLO, Luís AM. Optimization of electrochemical degradation of organics considering the simultaneous effects of electroactive area and mass transfer on current modulation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no 2, p. 107395. <http://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107395>
117. WANG, Jianlong; WANG, Shizong. Preparation, modification and environmental application of biochar: a review. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 227, p. 1002-1022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>
118. WANG, Jun-Ying, et al. Performance optimization of a batch scale electrocoagulation process using stainless steel mesh (304) cathode for the separation of oil-in-water emulsion. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 2022, vol. 174, p. 108901. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.108901>
119. WEBER, Kathrin; QUICKER, Peter. Properties of biochar. *Fuel*, 2018, vol. 217, p. 240-261. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>
120. WONGKIEW, Sumeth, HU, Zhen, CHANDRAN, Kartik, LEE, Jae, KHANAL, Samir. Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, Volume 76, January 2017, Pages 9-19 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>
121. WU, K. et al., 2019. The simultaneous adsorption of nitrate and phosphate by an organic-modified aluminum-manganese bimetal oxide: Adsorption properties and mechanisms. *Applied Surface Science*, 478, 539–551. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.01.194>
122. XIANG, Wei, et al. Biochar technology in wastewater treatment: A critical review. *Chemosphere*, 2020, vol. 252, p. 126539. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126539>
123. Xu, Z., Dai, X., and Chai, X. (2018). Effect of different carbon sources on denitrification performance, microbial community structure and denitrification genes. *Science of the Total Environment*, 634, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.348>
124. YAASHIKAA, P. R., et al. A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular

- bioeconomy. *Biotechnology Reports*, 2020, vol. 28, p. e00570. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00570>
125. YANG, Teng; KIM, Hye-Ji. Characterizing nutrient composition and concentration in tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. *Water*, 2020, vol. 12, no 5, p. 1259.
  126. YANG, Teng; KIM, Hye-Ji. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 274, p. 122619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619>
  127. YEP, Brandon and ZHENG, Youbin. Aquaponic trends and challenges—A review. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 228, p. 1586-1599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>
  128. YOUNIS U. et al., 2021. Fourier Transform Infrared Spectroscopy vibrational bands study of *Spinacia oleracea* and *Trigonella corniculata* under biochar amendment in naturally contaminated soil. *PLoS ONE* 16(6): e0253390. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253390>
  129. ZAINUDDIN, N. A.; DOUMIN, Joan and PUASA, S. W. Removal of heavy metal from wastewater by using acetylene gas production sludge. *Materials Today: Proceedings*, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.554>
  130. ZARE, Leila; GHASEMI-FASAEI, Reza. Investigation of equilibrium isotherm and kinetic modeling to asses sorption characteristics of nitrate onto palm leaf biochar. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, 2019, vol. 38, no 5, p. 143-153. [https://ijcce.ac.ir/article\\_31987\\_93b9b6b2070365750ec053c2013071ee.pdf](https://ijcce.ac.ir/article_31987_93b9b6b2070365750ec053c2013071ee.pdf)
  131. ZHENG, Z. et al., 2021. Layered double hydroxide modified biochar combined with sodium alginate: A powerful biomaterial for enhancing bioreactor performance to remove nitrate. *Bioresource Technology*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124630>
  132. ZIMMERMANN, Julius, et al. Using a digital twin of an electrical stimulation device to monitor and control the electrical stimulation of cells in vitro. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 2021, vol. 9. doi: 10.3389/fbioe.2021.765516


# **ANEXOS**

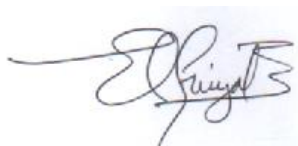
## ANEXO 1. Matriz de consistencia

Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos de un sistema acuapónico, 2022						
Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>			Adsorción de biocarbón en un sistema acuapónico (mg/L)	Ordinal
<b>PG:</b> ¿Cuán eficiente resulta la adsorción y el cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos en un sistema acuapónico?	<b>HG:</b> La adsorción y el cultivo de hortalizas remueve nitrato de manera significativa en un sistema acuapónico	<b>OG:</b> Evaluar la remoción de nitratos en un sistema acuapónico mediante la adsorción y el cultivo de hortalizas	<b>VI:</b> Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas	Biocarbón	Dosis de biocarbón Kg	Ordinal
					Temperatura °C	Ordinal
					Tiempo de producción del biocarbón h	Ordinal
					Tiempo de germinación Días	Ordinal
				Plantas (Albahaca y Lechuga)	Tamaño mm	Ordinal
					Peso g	Ordinal
					Condiciones de operación (Caudal)	Q <sub>1</sub> L/h
				Q <sub>2</sub> L/h	Ordinal	
<b>Específica</b>	<b>Específica</b>	<b>Específica</b>				
<b>PE1:</b> ¿Qué condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos?	<b>HE1:</b> Existen condiciones y propiedades optimas que debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos	<b>OE1:</b> Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitratos	<b>VD:</b> Remoción de nitrato	Remoción de nitrato	Remoción (% y concentraciones) en subsistema de hortalizas, subsistema de biocarbón y en el sistema acuapónico	Ordinal
<b>PE2:</b> ¿Qué condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica?	<b>HE2:</b> Existen condiciones y propiedades optimas debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica	<b>OE2:</b> Analizar las condiciones y propiedades debe cumplir los subsistemas de biocarbón, plantas y de operación en el sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para mejorar la calidad acuática y biológica		Mejora de la calidad acuática y biológica	DQO, temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sulfato, biometría de peces	Ordinal



## ANEXO 2. Instrumentos de recolección de datos validados

	<b>FICHA 1. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICOS DEL BIOCARBÓN DE PARRA DE VID</b>				
<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022				
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina				
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres				
<b>Dimensión 1. Biocarbón de parra de vid</b>					
<b>Parámetros</b>	<b>Parámetros fisicoquímicos</b>			<b>Indicadores</b>	
Humedad					%
Materia volátil					%
Cenizas					%
Carbono fijo					%





Luz Aurora Benites Garcia  
**Bióloga**  
 CBP. 11859

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfán, Eduardo Ronald  
**1.2. Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
**1.3. Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
**1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Análisis de las propiedades fisicoquímicos del biocarbón de parra de vid  
**1.5. Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

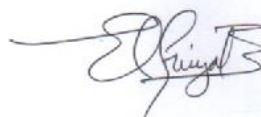
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>90%</b>
------------

Lima, 01 de diciembre del 2022



-----  
 Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
 CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí
No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre de 2022

-----  
 Juan Valentín Coasaca Portal  
 CIP: 59962



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

Lima, 12 de diciembre de 2022




 Luz Aurora Benites García  
**Bióloga**  
 CBP. 11859


**FICHA 2. PESO Y TALLA DE LAS HORTALIZAS (LECHUGA Y ALBAHACA)**

<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022				
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina				
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres				
<b>Dimensión 2. Plantas (Lechuga y Albahaca)</b>					
Fechas	Tiempo de germinación (días)	Lechuga		Albahaca	
		Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)



Luz Aurora Benites García  
**Bióloga**  
 CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Peso y talla de las hortalizas (Lechuga y Albahaca)  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 01 de diciembre del 2022

-----  
 Eduardo Ronald Espinoza Farfán  
 CIP: 92135



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre del 2022

Juan Valentín Coasaca Portal  
CIP: 59962



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

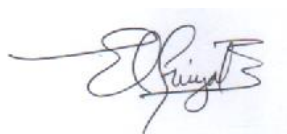
Lima, 12 de diciembre del 2022



Luz Aurora Benites Garcia  
 Bióloga  
 CBP. 11859



FECHAS		Dimension 3. Remoción de nitrato en el sistema acuapónico																												
		TANQUES		FILTRO MECANICO		SIN TRAT.				250g BC				500g BC				SIST. HIDROP. SIN TRAT.				SIST. HIDROP. 250g BC				SIST. HIDROP. 500g BC				
Horas		(mg/L)		(mg/L)		(mg/L)				(mg/L)				(mg/L)				(mg/L)				(mg/L)				(mg/L)				
		TQ A	TQ B	TQ A	TQ B	TQ A		TQ B		TQ A		TQ B		TQ A		TQ B		TQ A		TQ B		TQ A		TQ B		TQ A		TQ B		
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	





Luz Aurora Benites Garcia  
**Bióloga**  
 CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Monitoreo de nitrato del sistema acuapónico A y B  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 01 de diciembre del 2022

-----  
 Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
 CIP: 92135



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 03 de diciembre de 2022

-----  
 Juan Valentín Coasaca Portal  
 CIP: 59962

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.1. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

Lima, 12 de diciembre de 2022



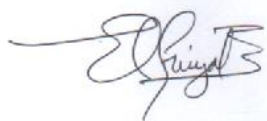

 Luz Aurora Benites García  
**Bióloga**  
 CBP. 11859


**FICHA 4. PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DEL TANQUE DE TILAPIAS A Y B**

<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

**Dimensión 4. Mejora de la calidad acuática del sistema acuapónico**

FECHAS	pH		TEMPERATURA		OD		SS		TURBIDEZ		CONDUCTIVIDAD		DQO		SULFATO	
	TQ A	TQ B	(°C)		(mg/L)		(mg/L)		(NTU)		(ms)		NTU		(mg/L)	
			TQ A	TQ B	TQ A	TQ B	TQ A	TQ B	TQ A	TQ B	TQ A	TQ B	TQ A	TQ B		





Luz Aurora Benites García  
Bióloga  
CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### I. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald

1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este

1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales

1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos del tanque de Tilapias A y B

1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 01 de diciembre del 2022

-----  
Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre de 2022

-----  
 Juan Valentín Coasaca Portal  
 CIP: 59962



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X


### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

Lima, 12 de diciembre de 2022

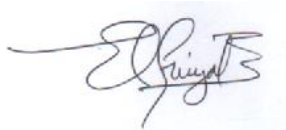
Luz Aurora Benites García  
Bióloga  
CBP. 11859



	<b>FICHA 5. PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DE LA ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA ACUAPÓNICO A Y B CON 500 G, 250 G Y SIN TRATAMIENTO DE BIOCARBÓN</b>
<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

**Dimensión 4. Mejora de la calidad acuática del subsistema de biocarbón de 500 g, 250 g y sin tratamiento**

FECHAS	Horas	Parámetros fisicoquímicos									
		pH		TEMPERATURA (°C)		TURBIDEZ (NTU)		CONDUCTIVIDAD (ms)		SULFATO (mg/L)	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida





Luz Aurora Benites Garcia  
**Bióloga**  
 CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### I. DATOS GENERALES

**1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald

**1.2. Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este

**1.3. Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales

**1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos de la entrada y salida del sistema acuapónico A y B con 500 g, 250 g y sin tratamiento de biocarbón

**1.5. Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

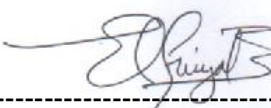
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 01 de diciembre del 2022

  
 -----  
 Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
 CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre de 2022



-----  
Juan Valentín Coasaca Portal  
CIP: 59962

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

Lima, 12 de diciembre de 2022




 Luz Aurora Benites García  
 Bióloga  
 CBP. 11859


**FICHA 6. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA ENTRADA Y SALIDA DEL COMPONENTE HIDROPÓNICO A Y B CON 500 G, 250 G Y SIN TRATAMIENTO DE BIOCARBÓN**

<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

**Dimensión 4. Mejora de la calidad acuática del subsistema de hortalizas A, B, y C**

FECHAS	Horas	Parámetros fisicoquímicos									
		pH		TEMPERATURA (°C)		TURBIDEZ (NTU)		CONDUCTIVIDAD (ms)		SULFATO (mg/L)	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida



Luz Aurora Benites Garcia  
**Bióloga**  
 CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 6

### I. DATOS GENERALES

**1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald

**1.2. Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este

**1.3. Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales

**1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos de la entrada y salida del componente hidropónico A y B con 500 g, 250 g y sin tratamiento de biocarbón

**1.5. Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 01 de diciembre del 2022

-----  
Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 6

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre de 2022

  
 -----  
 Juan Valentín Coasaca Portal  
 CIP: 59962

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 6

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95
----

Lima, 12 de diciembre de 2022

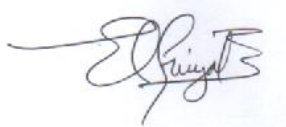


Luz Aurora Benites García  
Bióloga  
CBP. 11859




**FICHA 7. PESO Y TALLA DE LAS TILAPIAS DEL TANQUE A Y B**

<b>Título</b>	Sistema de adsorción y cultivo de hortalizas para la remoción de nitrato en un sistema acuapónico, 2022			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Autores</b>	Araujo Gómez, Axel Kayro y Calderón Sulca, Ana Cristina			
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres			
<b>Dimensión 4. Biometría de los peces</b>				
FECHAS	Tanque A		Tanque B	
	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)






 Luz Aurora Benites García  
 Bióloga  
 CBP. 11859



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 7

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Peso y talla de las Tilapias del tanque A y B  
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

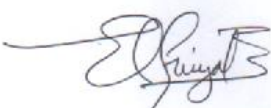
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 01 de diciembre del 2022

  
 -----  
 Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
 CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 7

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Juan Valentín Coasaca Portal
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Ing. químico / INAMAS
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 02 de diciembre de 2022

-----  
 Juan Valentín Coasaca Portal  
 CIP: 59962



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 7

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Luz Aurora Benites García
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Bióloga
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Araujo Gómez, Axel Kayro / Calderón Sulca, Ana Cristina

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

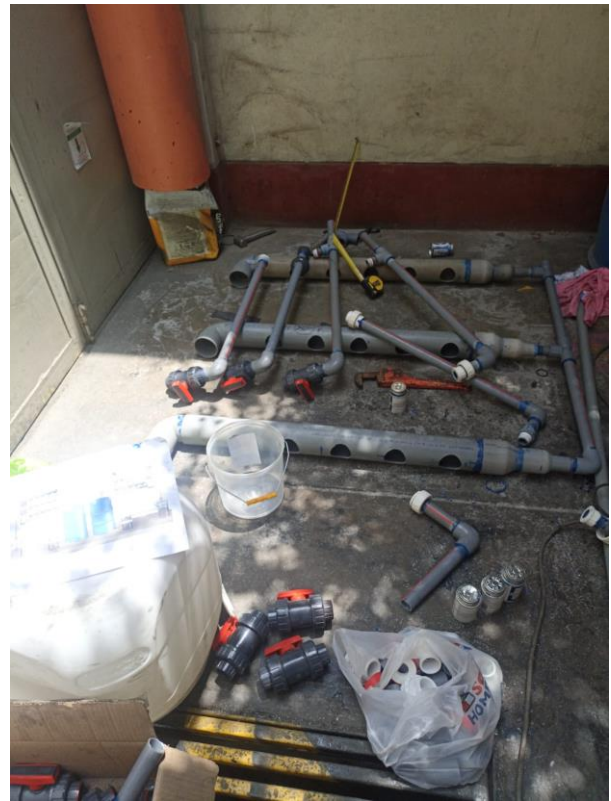
95
----

Lima, 02 de diciembre de 2022



Luz Aurora Benites García  
Bióloga  
CBP. 11859

### ANEXO 3. Instalación del sistema



### ANEXO 4. Instalación de los peces Tilapias



**ANEXO 5.** Germinación y mediciones de las hortalizas



## ANEXO 6. Elaboración del biocarbón por reactor de carbonización





### ANEXO 7. Análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua



### ANEXO 8. Análisis de los parámetros fisicoquímicos del biocarbón



**ANEXO 9. Resultado de las Lechugas y Albahacas al final del experimento**





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CABELLO TORRES RITA JAQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Sistema de Adsorción y Cultivo de Hortalizas para la Remoción de Nitratos en un Sistema Acuapónico, 2022", cuyos autores son ARAUJO GOMEZ AXEL KAYRO, CALDERON SULCA ANA CRISTINA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

SAN JUAN DE LURIGANCHO, 14 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CABELLO TORRES RITA JAQUELINE : 08947396 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9965-9678	Firmado electrónicamente por: RCABELLOTO15 el 14-12-2022 16:47:11

Código documento Trilce: INV - 0975578