



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con
Oreochromis niloticus, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L,
Morales, 2021

TESIS PARA OBTENER EN TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Pinedo Chujandama, Ruth Carmencita (ORCID: 0000-0003-1285-4305)

ASESOR:

MSc. Ordoñez Sanchez, Luis Alberto (ORCID: 0000-0003-3860-4224)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los recursos Naturales

TARAPOTO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por su infinito amor, por la vida y la salud que me brinda cada día; a mi familia Edith, Esteban, RoJosé, Siomi, Ariel y Olivia, por todo el cariño y apoyo incondicional, donde quiera que estén en los lugares más apartados del mundo les llegarán estas páginas que como saben les pertenece.

Ruth Carmencita

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo por permitirme lograr una meta importante en mi camino profesional.

Al Msc. Ing. Luis Ordoñez Sánchez-Asesor de Tesis de la UCV, por ser guía constante y soporte en el desarrollo de todo el proceso de elaboración y ejecución del proyecto.

A todos los profesionales que estuvieron apoyando en el desarrollo de la presente investigación.

Ruth Carmencita

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.1.1. Tipo de investigación	11
3.1.2. Diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización:	11
3.3. Población, muestra y muestreo:	12
3.3.1. Población:.....	12
3.3.2. Muestra:	12
3.3.3. Muestreo:	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	13
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	13
3.4.3. Criterios de validez y confiabilidad	13
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	48

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Esquema general del diseño experimental.</i>	11
Tabla 2 <i>Conductividad eléctrica del agua de piscigranjas en pre y post.</i>	22
Tabla 3 <i>Turbiedad del agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	23
Tabla 4 <i>Sólidos suspendidos totales en el agua de piscigranja en pre y post tratamiento.</i> .24	
Tabla 5 <i>Demanda bioquímica de oxígeno en agua de piscigranja - pre y post tto.</i>	25
Tabla 6 <i>Fosfato en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	26
Tabla 7 <i>Fósforo total en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	27
Tabla 8 <i>Nitratos en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	28
Tabla 9 <i>Nitrógeno total en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	29
Tabla 10 <i>Potencial de hidrogeno en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	30
Tabla 11 <i>Temperatura en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.</i>	31
Tabla 12 <i>Promedio de número de raíces de Eryngium foetidum L.</i>	32
Tabla 13 <i>Promedio de longitud de raíces de Eryngium foetidum L.</i>	33
Tabla 14 <i>Número de hojas de Eryngium foetidum L.</i>	34
Tabla 15 <i>Promedio de longitud de hojas de Eryngium foetidum L.</i>	35
Tabla 16 <i>Promedio de longitud de tallo de Eryngium foetidum L.</i>	36
Tabla 17 <i>Tratabilidad (%) del agua de piscigranjas mediante sistemas de acuaponía.</i>	38

Índice de figuras

Figura 1 Prototipo del sistema de acuaponía.	14
Figura 2 Ubicación geográfica del punto de muestreo.	15
Figura 3 Muestreo pre-aplicación del sistema de acuaponía.	16
Figura 4 Evaluación de los parámetros de campo (T° y pH) pretratamiento.	16
Figura 5 Muestreo pre-aplicación del sistema de acuaponía.	17
Figura 6 Sistema I de acuaponía – Instalación con 48 plántulas.	18
Figura 7 Sistema II de acuaponía – Instalación con 35 plántulas.	18
Figura 8 Sistema III de acuaponía – Instalación con 24 plántulas.	18
Figura 9 Evaluación del crecimiento radicular.	19
Figura 10 Muestreo post aplicación del sistema acuapónico.	20
Figura 11 Frecuencia de crecimiento en función al número de raíces de <i>E. foetidum</i> L.	32
Figura 12 <i>Frecuencia de crecimiento en función a la longitud de raíz de E. foetidum</i> L.	33
Figura 13 Frecuencia de crecimiento en función al número de hojas de <i>E. foetidum</i> L.	34
Figura 14 Frecuencia de crecimiento en longitud de hojas de <i>E. foetidum</i> L.	35
Figura 15 Frecuencia de crecimiento en función a la longitud de tallo de <i>E. foetidum</i> L.	36

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar la fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L.* Estuvo representada por el agua no consuntiva y las plántulas, en densidades de 48, 35 y 24 plántulas. Se determinó, CE inicial fue 118,7 umho/cm y post tratamiento 84.24, 85.20 y 86.86 umho/cm; turbiedad de 346,45 UNT a 18.400, 19.400 y 20.800 UNT; SST de 852 mg/L a 13, 14 y 15 mg/L; DBO se redujo de 286 mg/L a 21, 23 y 24 mg/L; PO_4^{3-} se mantuvo por debajo de 0,009 mg/L; fósforo total fue 4.302 mg/L a < 0,010 mg/L; NO_3^- varió de 0.248 mg/L a 0.116, 0.115 y 0.114 mg/L; nitrógeno total 1.57 mg/L a 1.16, 1.18 y 0.20 mg/L; pH de 7.75 a 7.25, 7.37 y 7.52; temperatura varió de 26 °C a 27 °C; *Eryngium foetidum L* presentó; de 3 raíces se alcanzó 12, 14 y 14 unidades con longitudes de 1 cm inicial hasta 6.7, 7.1 7.0 cm; número de hojas fue 4, 5 y 6 con longitudes 6.4, 6.3 y 6.5 cm. Permitiendo concluir que la acuaponía con *Eryngium foetidum L* es una alternativa para remediar aguas no consuntivas.

Palabras claves: Fitorremediación, acuaponía, piscigranja, consuntiva, tilapia.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the phytoremediation of non-consumptive waters of fish farm with *Oreochromis niloticus*, by means of aquaponics with *Eryngium foetidum* L. It was represented by non-consumptive water and seedlings, in densities of 48, 35 and 24 seedlings. It was determined, initial EC was 118.7 umho / cm and post-treatment 84.24, 85.20 and 86.86 umho / cm; turbidity from 346.45 NTU to 18,400, 19,400 and 20,800 NTU; SST 852 mg / L at 13, 14 and 15 mg / L; BOD was reduced from 286 mg / L to 21, 23 and 24 mg / L; PO₄³⁻ remained below 0.009 mg / L; total phosphorus was 4.302 mg / L to <0.010 mg / L; NO₃⁻ ranged from 0.248 mg / L to 0.116, 0.115 and 0.114 mg / L; total nitrogen 1.57 mg / L at 1.16, 1.18 and 0.20 mg / L; pH from 7.75 to 7.25, 7.37 and 7.52; temperature ranged from 26 ° C to 27 ° C; *Eryngium foetidum* L presented; From 3 roots, 12, 14 and 14 units were reached with lengths from initial 1 cm to 6.7, 7.1, 7.0 cm; number of leaves was 4, 5 and 6 with lengths 6.4, 6.3 and 6.5 cm. Allowing to conclude that aquaponics with *Eryngium foetidum* L is an alternative to remedy non-consumptive waters.

Keywords: Phytoremediation, aquaponics, fish farm, consumptive, tilapia.

I. INTRODUCCIÓN

Según Kiliç (2020), el agua es un recurso trascendental, por lo que, su administración es importante, debiéndose implantar medidas de gestión y control, pues, el crecimiento urbano ejerce una presión cada vez mayor dejando cantidades insuficientes, lo que pone en riesgo el caudal ecológico que mantiene los ecosistemas. Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (2017), el desarrollo urbano impacta en la disponibilidad del recurso, pero el manejo ineficiente y la ausencia de gobernanza favorecen esta situación. Desde otro contexto, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2020), estima que la producción de pescado en el mundo alcanzó unos 179 000 000 de Tn en 2018, donde un 62.34% fueron producidos en la industria acuícola. China es el primer productor de pescado, con un registro un 36%; seguido de Asia con un 35%, las Americas con un 15%, Europa con un 9%, África con un 6% y Oceanía con el 1%. Al 2020 se estimaba que, Egipto, Chile, La India, Bangladesh y Noruega consoliden su participación productiva; ya que, Egipto y Nigeria aumentaron considerablemente su producción, convirtiéndose en los segundos productores más importante de África. Diversos reportes, al final del año 2020, los 10 principales países con producción cultivada de pescado, 04 superan el 50% de producción (China, 77,5%; la India, 56%; Viet Nam 55,4% y Bangladesh, 56,3%); los otros seis se encuentran debajo del 50% (Noruega, 35,3%; el Japón, 18%; Estados Unidos, 9%; Rusia, 3,8%; y el Perú, 1,4%). Según Berger (2020), al Perú se lo reconoce por su actividad pesquera, gracias a los diversos emprendimientos en el rubro acuícola desde el principio del presente siglo, alcanzando un crecimiento en una variedad minoritaria de especies y muy pocas regiones. Según PRODUCE, la acuicultura creció sostenidamente, con 6 000 Tn en 1993 hasta un promedio de 100 000 Tn en el 2018, proyectándose sobrepasar las 200 000 toneladas para el 2025. Por su parte Ramírez et al. (2018), mencionan que, al 2017, resalta la producción de la trucha (88,7%); seguida de la tilapia (3,7%), el paco (3,1%), la gamitana (1,9%), el langostino (1,5%), la concha de abanico (1%) y otras (0,9%). Actualmente, la region San Martin, es considerada la de mayor produccion de tilapia, existiendo una gran variedad de especies que se cultivan en otras regiones. De acuerdo con un reciente estudio, el cultivo de tilapia es el de mayor rentabilidad, debido a la gran demanda y su baja inversión en alimento para su producción en represas, tal es el caso de San Lorenzo (Piura), Gallito Ciego (La

Libertad), Tinajones (Lambayeque), lago Sauce (San Martín) y laguna Morón (Ica). Para la producción semi-intensiva, se utilizan estanques con superficies menores a una hectárea, produciendo entre 8-16 Tn/ha/año a una densidad de 2-10 individuos/m². Según, Vásquez, Talavera e Inga, (2016), la acuicultura es considerada una actividad económica en aumento, la cual es susceptible a la degradación del ambiente debido a la utilización de grandes volúmenes de agua y que retorna con desechos, por el alimento no aprovechado y los detritus generados los cuales promueven la eutrofización; impacto que tiene un costo ambiental, monetario e incluso social. Por su parte Bernex et al., (2017), sostiene que el volumen hídrico utilizado en diversos usos de cada sector ha ido variando año a año; cuyos registros de diversos inventarios de la ONERN (1984) y la DGAS (1992) hasta los datos estadísticos de la ANA (2016), lo cual permite determinar que el volumen hídrico aprovechado aumentó en un 37.8%. Al 2019, el uso consuntivo, mayormente por el sector agrícola y uso poblacional eran predominantes con un 64.5%, observándose un decrecimiento en el 2012 (52.5%), sin embargo, al 2020, el uso energético, estaría empleado el mayor volumen de agua (62,6%). Por expuesto anteriormente, se plantea como **problema general** ¿Cuál es la fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021?; y los problemas **específicos** son los siguientes ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua pre y post la aplicación de acuaponía, Morales, 2021?, ¿Cuáles son las medidas de crecimiento y desarrollo de *Eryngium foetidum* L en condiciones de acuaponía, Morales, 2021? y ¿Cuál es la propuesta de fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021?; el presente estudio se **Justifica teóricamente**, considerando la problemática de la afectación que sufren los cuerpos loticos (ríos y sus tributarios) por las actividades que generan agua impactada con residuos las cuales son vertidas con escaso o nulo tratamiento, modificando su calidad y poniendo en riesgo permanente la salud poblacional de quienes lo aprovechan post las descargas. Por otra parte, una gran cantidad de las diversas implementadas, demandan costos elevados y con tiempo de vida útil corto. Por su parte, la **justificación metodológica**, se fundamenta considerando que, las especies vegetales (*Eryngium foetidum* L) del sistema de acuaponía aprovechan los nutrientes residuales presentes en el agua no consuntiva procedente de la crianza de peces para su desarrollo, y evitar que estos agentes alcancen los cursos de agua

generando impactos ambientales, así mismo promover un manejo sustentable en la industria piscícola y la producción de especies vegetales, considerándose como una técnica sostenible y la **justificación social**, está relacionada con la viabilidad de la propuesta, la cual es factible a ser implementada en el tratamiento de aguas no consultivas contribuyendo al desarrollo de manera sostenible en la piscicultura de la región. Los sistemas de acuaponía como alternativa para el tratamiento permitirían una serie beneficio como: 1. Disminuir la carga contaminante de las aguas no consultivas procedente de la crianza de peces. 2. Aprovechar la materia orgánica residual presente en el agua para facilitar el crecimiento vegetal de las especies de interés. Por lo que el **objetivo general** que se plantea es evaluar la fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021; y los **objetivos específicos** son los siguientes: Evaluar las características fisicoquímicas del agua en pre y post la aplicación de acuaponía, Morales, 2021; Evaluar los parámetros de crecimiento y desarrollo del *Eryngium foetidum L* en condiciones de acuaponía, Morales, 2021. y Elaborar la propuesta de fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021. Considerando los problemas y los objetivos planteado, se propone como **Hipótesis nula (H0)**: La acuaponía con *Eryngium foetidum L*, no logra la fitorremediación de aguas no consuntivas procedentes de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, Morales, 2021, la **Hipótesis alterna (H1)**: La acuaponía con *Eryngium foetidum L*, logra la fitorremediación de aguas no consuntivas procedentes de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, Morales, 2021

II. MARCO TEÓRICO

El estudio hace reseña a estudios anteriores, para lo cual, se consideró antecedentes como Lau & Mattson (2021), cuyo objetivo fue determinar los efectos del H₂O₂ en cultivos hidropónicos de lechuga. Se compararon tres tratamientos con aplicaciones de 0, 37.5 y 75 mg/L en recipientes aireados de 4 L con fertilizante orgánico (a base de pescado (4-4-1, N-P₂O₅-K₂O) o una solución nutritiva a base de minerales inorgánicos (21-5-20, N-P₂O₅-K₂O)), ambos aplicados a 150 mg/L de N. Se prepararon tres réplicas de cada combinación, cada uno con una cabeza de lechuga. Al agregar el peróxido con los fertilizantes inorgánicos provocaron un retraso en el crecimiento o la muerte de las plantas de lechuga; respecto a la aplicación con peróxido y fertilizantes orgánicos. El resultado demuestra que la aplicación de H₂O₂ tiene el potencial de hacer de la fertilización hidropónica orgánica un método más viable en el futuro.

Por su parte Alcarraz, et al. (2018), estudiaron la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional de *Lactuca sativa* en condiciones de acuaponía e hidroponía. Para lo cual, la mencionada especie vegetal fueron cultivadas en un sistema acuapónico donde se utilizó agua residual de criaderos y un sistema hidropónico con aplicación de una solución nutritiva (Hoagland II modificado) por un periodo de tres semanas. Una vez concluido el período, las lechugas baby (8 y 12 cm de longitud) presentaron el siguiente rendimiento, en acuaponía fue 6,74% con respecto a las desarrolladas en el sistema hidropónico. Concluyéndose que, el sistema acuapónico es podría considerarse como una alternativa viable y sostenible en la producción de la mencionada especie.

Así mismo, Jordan et al. (2018), se proponen evaluar el efecto del sustrato sobre el rendimiento de lechugas cultivadas en sistemas acuapónicos e hidropónicos. Los sustratos analizados fueron: fibra de cáscara de coco, espuma fenólica y vermiculita expandida. Las plantas se cultivaron en dos sistemas (acuapónico e hidropónico), utilizando el NFT (Nutrient Film Technique). Se analizó el rendimiento del cultivo y porcentaje de raíces por planta. El sustrato compuesto de fibra de cáscara de coco era más adecuado. para la producción de lechuga, ya que condujo a mayores rendimientos tanto para acuapónicos (2,88 kg/m²) como para Sistemas hidropónicos (2,58 kg/m²). El uso de espuma fenólica como sustrato condujo a una reducción del

rendimiento en ambos sistemas analizados, 1,94 y 2,15 kg/m² para acuaponía y sistemas hidropónicos, respectivamente.

Por su parte, Espinosa et al. (2018), evalúan el crecimiento y desarrollo plantas herbáceas como la albahaca, hierba-buena en condiciones acuapónicas. Determinándose que, las especies evaluadas se adaptan a las condiciones facilitadas y que, pueden ser empleadas como parte de los sistemas de filtros biológicos en condiciones acuapónicas para producir tilapia (*Oreochromis niloticus* L. var. Stirling). El volumen empleado de agua fue constante, tanto para la producción de tilapia como en el desarrollo de las herbáceas. De estas últimas, la hierba-buena fue la que presentó mayor productividad, lo cual permite concluir que, esta especie asimila de manera eficiente los nutrientes producidos en el sistema de cultivo de tilapia.

Así mismo, Stathopoulou et al. (2018), evaluaron la relación entre los parámetros de calidad del agua y el crecimiento de peces y plantas en un sistema de acuaponía. Para lo cual construyeron dos sistemas de 720L con un flujo de 6900 cm³/min. En cada sistema se cultivaron nueve plantas de albahaca en un área de 0,7 m². La biomasa total de la planta (g), el aumento de la altura (%) y la tasa de crecimiento fueron mayores en el sistema I (147.1±28.15 g, 45.7±12.42% y 0.2±0.06, respectivamente) comparados con los obtenidos en el sistema II (131.1±16.7g, 38.8±7.46% y 0.1±0.03 respectivamente). La albahaca en el sistema II desarrolló más tallos laterales 9.3±1.08 respecto a la del sistema I 8.9±1.39. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

También, Riaño et al. (2019), evalúan los cambios en el nivel de nutrientes en la solución hidropónica durante el cultivo de espinacas baby. Para lo cual sembraron 24 plantas en tanques de 50 L en lechos hidropónicos, utilizando una solución nutritiva modificada "La Molina"; se realizó 5 repeticiones y 3 cosechas. Los parámetros del agua se registraron semanalmente y las plantas se recolectaron a las tres semanas. Se registró la longitud y número de hojas, área foliar, peso fresco y seco de la parte aérea. La extracción de macronutrientes se obtuvo en orden descendente: N>P>K⁺>Ca²⁺ y micronutrientes: Mn²⁺>Fe²⁺. El pH se mantuvo entre 6,00-6,97, el OD entre 4,93-7,54 mg/L. La conductividad varió de 1559-1593 μS/cm a 1141-1276 μS/cm. La tasa de crecimiento = 0,00002-0,00003 g/cm²/día; la tasa relativa de crecimiento = 0,16, 0,15 y 0,14 g/g/día y tasa de asimilación neta = 0,006,

0,005 y 0,006 g/cm²/día. se concluye que la especie tendría buen desempeño en sistemas acuapónicos, sin embargo, se debe adicionar micronutrientes los cuales son escasos en sistemas acuapónicos.

Por su parte Alcarraz et al. (2018), evaluaron el rendimiento y concentración de nitrato en *L. sativa* L. bajo condiciones de acuaponía (trucha arco iris) e hidroponía (solución Hoagland II-modificada), evaluándose, además, la biomasa y la conversión alimentaria (FCA) de *O. mykiss*. El periodo fue de 21 días. Obteniéndose lechugas de 8-12 cm, donde la masa fresca de *L. sativa* en acuaponía fue 6,74% mayor al de las producidas en hidroponía. En las lechugas acuapónicas los nitratos fueron menor respecto a las hidropónicas. La masa inicial promedio de las truchas fue 27,2±0,9 g, la cual se incrementó a 13,7 g, alcanzando un FCA de 0,75. Concluyéndose que, las condiciones acuapónicas son una alternativa viable para producir *L. sativa* de calidad y con menor concentración de nitratos respecto a hidropónico.

Adicionalmente Segura & Balois (2017), evaluaron producir lechugas en sistemas acuapónicos empleando agua del cultivo de *O. niloticus* con 200, 250 y 300 alevines/m³ en 60 días de ensayo. La mayor tasa de crecimiento fue 2.67±0.54 gr con aprovechamiento del agua del sistema de 300 alevines/m³. El mayor peso promedio de lechugas fue 4.33±0.11 gr, logrado con el aprovechamiento del agua del sistema con 250 alevines/m³. La mayor biomasa de *O. niloticus* se logró en el tratamiento de 300 alevines/m³ con un promedio de 94.28±7.74. Concluyendo que el mejor tratamiento para la producir *L. sativa* fue el agua proveniente del sistema con 300 alevines/m³.

Además, Delgado (2020), evaluó cultivos hidropónicos y un sistema acuapónico para cultivar tilapia; utilizando un sistema de recirculación con tres unidades experimentales: 1. Cultivo de peces (1.2 m³), sistema de filtración (filtración de sólidos 0.60 m³ y biofiltro 0.68 m³) y un sistema hidropónico (0.45 m³) con reposición del 10% a los 15 días. La tilapia se desarrolló a 7.64 kg/m³ con dieta del 42% de proteína por tres meses; se emplearon 90 plántulas de lechuga con una distribución de 20 unidades/m². Los resultados arrojaron un desarrollo de lechugas del 2.18 kg/m² y ganancia de 2.76 g/d (sobrevivencia del 100%). La mayor absorción nutricional fue el K:7.96%, N:4.35%, P:0.58% y Fe:323 ppm. La eficiencia en acuaponía permitió una producción de 1.88 kg de peces y 9.68 kg de lechuga; reduciéndose los valores

de nitrógeno amoniacal total (47.62%), NH_3 (40.1%) y NO_2^- (69.77%), conversión de NO_3^- del 14.13% y una remoción de DBO5 del 85.89%.

Además, se consideró respaldar con descripciones teóricas acorde con la problemática descrita; por lo cual lo conceptualizamos al recurso agua, la cual es además, participa regulando las condiciones climatológicas y modelando a la considerada como un recurso indispensable para el sustento de las poblaciones, geomorfología terrestre. Es considerada, además, como un solvente extraordinario, reactivo absoluto en diversas reacciones metabólicas, presenta una elevada capacidad calorífica y la propiedad de expandirse al congelarse (Chang y Goldsby 2013).

El uso sustentado como la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado es considerado como uso consuntivo. Existen otros usos que no consumen el recurso tal es el caso de la generación de energía eléctrica (usos no consuntivos). La Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos), indica que, la licencia de uso en caso no consuntivo es cuando el volumen asignado no es consumido en la actividad y cuyo titular debe captar y devolver el recurso en puntos específicos, contando con instalaciones de medición. Los volúmenes devueltos no deben alterarse su calidad respecto a la captación, se debe descontar la pérdida según la resolución de otorgamiento (Comisión Nacional del Agua 2017).

Las piscigranjas, son considerados sistemas de cultivo de peces basados en estanques de agua diversos niveles de intensidad de manejo, pueden clasificarse según la intensidad del manejo, la salinidad, elevación y/o temperatura. Una granja de estanques típica debe estar ubicada cerca de una fuente de agua confiable, en un tipo de suelo que pueda retener agua; el factor más importante a considerar al seleccionar un sitio para una granja de estanques es la disponibilidad de un suministro constante de agua de buena calidad. Ejemplos de fuentes de agua incluyen: manantiales naturales, lluvia, canal de riego, embalse, pozos excavados y arroyos o ríos. Propiedades químicas como pH, oxígeno disuelto, amoníaco y factores biológicos. (por ejemplo, potencial de producción primaria) y características físicas como temperatura, turbidez, etc. todos sean favorables durante todo el año o dentro del ciclo de cultivo¹³, así lo indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2017).

Además, consideramos definir a la tilapia, la cual es considerada una especie de pez de mayor uso en sistemas acuapónicos, gracias a factores como su tolerancia a las variaciones coherentes a parámetros físicos como el pH, la temperatura, conductividad eléctrica y otros fisicoquímicos como los sólidos disueltos, totales, etc.; la tilapia tiende a ser el pez preferido en la mayoría de los sistemas acuapónicos. La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es excepcionalmente resistente y crece bien en sistemas de alta densidad (Akter, Chakraborty y Salam 2018).

Por su parte, la fitorremediación, es una técnica basada en las prácticas de limpieza pasiva donde se aprovecha la capacidad de los vegetales junto a la energía solar. Los vegetales actúan como filtros biológicos que actúan transformando o bioacumulando a los contaminantes que se encuentran en el medio de interés (suelo o agua), finalmente convierten en compuestos inocuos o menos peligrosos y estables (Arias et al. 2010). En los 70, las iniciativas de recuperación de sitios mineros desarrollaron tecnologías para cubrir el suelo con vegetación con fines de estabilización y reducción del impacto visual. No fue hasta el 1990 que el concepto de fitorremediación surgió como una nueva tecnología que utiliza plantas para limpiar o disminuir la toxicidad de suelos y aguas superficiales y residuales contaminados por metales, xenobióticos orgánicos, explosivos o radionucleidos. (Abou et al. 2020).

Acuaponía e hidroponía, es una combinación de sistemas de recirculación de acuicultura (RAS) e hidroponía, que consiste en cultivar plantas sin suelo en agua circulante que contiene nutrientes. En RAS, es importante mantener una buena calidad del recurso a fin de asegurar la salud de los peces mediante la eliminación de desechos sólidos y nutrientes disueltos que se volverían tóxicos para los peces en altas concentraciones. Por el contrario, en hidroponía, es beneficioso mantener altas concentraciones de nutrientes para un buen crecimiento y salud de las plantas. La combinación de estos dos sistemas de producción reduce así el desperdicio de nutrientes a través de la reutilización, facilitando la producción alimenticia sostenible (Danner et al. 2019).

La acuaponía como sistema agroalimentario sustentable, el agua proveniente del estanque es enriquecida con compuestos orgánicos generados por los organismos acuáticos, los cuales serán aprovechados como fuente nutricional para las plantas que se desarrollen en el sistema; es así que, mediante mecanismos diversos del sistema radicular de estas que actuaran como biofiltros participan en la purificación

y quedará de esta manera lista para recircular o aprovecharlo con uso diferente sin alterar sus calidad, lo cual resulta un sistema integrador acuícola agrícola (Merino et al. 2015).

Por su parte, la acuicultura, es considerada como un proceso del cultivo de organismos acuáticos, donde se incluyen diversas variedades de peces, algunos moluscos, así como crustáceos y plantas con buen desarrollo en sistemas acuáticos controlados. La acuicultura está creciendo más rápidamente en las últimas décadas de manera exponencial comparada con otros sistemas de producción de alimentos integrados (Bouelet et al. 2018).

Entre los parámetros de interés, se debe tener en cuenta que los sistemas anteriormente mencionados aprovechan al agua en sus diversas etapas de los procesos, la cual se encontraría enriquecida con materia orgánica, por lo que resulta indispensable llevar a cabo un análisis de parámetros como nitrógeno total donde se incluye nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico e incluso nitrógeno amoniacal, los cuales de manera individual serán expresados en mg/L.

Es importante, considerar que el fósforo total, por lo general se encuentra presente en el agua residual que presenta materia orgánica, como producto resultante de los detritus constituidos por las heces y la orina compuestas entre el 3,1 y el 5,3% y entre el 2,6 y el 5,1% respectivamente, el cual podría encontrarse en la forma de P_2O_5 ; la concentración típica en los sistemas de interés oscilaría entre 6,1 y 20,2 mg/L en la forma de fósforo total.

Según la American Public Health Association (APHA) y la American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF), los sólidos totales disueltos (STS), son considerados como un parámetro empleado en la determinación de la calidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que no presentan la capacidad para solubilizar y/o sedimentar de manera directa, los cuales se expresan en mg/L o ppm (APHA, AWWA & WEF, 2017).

Otro parámetro a considerar es la temperatura, la cual resulta un indicador directo de la calidad del agua o de otros indicadores de los que también influyen en la calidad, tal es el caso del pH, la concentración de O_2 , la conductividad eléctrica e incluso variables fisicoquímicas diversas. Por su parte, el potencial de hidrógeno

(pH), es definido como la cantidad de iones H^+ presentes en un determinado volumen de agua (Loayza & Cano 2015).

Respecto a la turbiedad, es un parámetro relacionado con la difracción óptica donde participan las partículas suspendidas presentes en una muestra, las cuales dispersan la luz e interfieren en el proceso de auto purificación impidiendo además en su claridad. Es considerado un parámetro indicador de calidad del agua y se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (APHA, AWWA & WEF, 2017).

Por su parte, la conductividad eléctrica, está relacionada con la capacidad para transportar la corriente eléctrica y que, depende de la concentración de diversos iones, la valencia de estos, la temperatura del agua, la cantidad de materia orgánica soluble presente; su medición es de resistencia, medida en ohmios o siemens (APHA, AWWA & WEF, 2017).

El oxígeno disuelto (OD), es importante para el proceso de respiración de los organismos aerobios, aunque se debe considerar que este, es ligeramente soluble estando presente junto a otros gases en la solución, la cual está condicionada por la presión, temperatura y otros compuestos presentes en el agua. Es un parámetro indirecto que determina la concentración de materia orgánica presente en un determinado volumen de agua y se expresa en mg/L (APHA, AWWA & WEF, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Considerando lo descrito por Paz (2017), corresponde a una investigación aplicada, teniendo en cuenta que, este tipo se fundamenta en aplicar el conocimiento; según naturaleza corresponde a una investigación mixta, debido a que se ajusta en aspectos observables dispuestos a cuantificarse empleando el nivel correlacional entre variables.

3.1.2. Diseño de investigación

Según señala Paz (2017), la investigación es de corte experimental (tabla 1), considerando que, la variable independiente podría manipularse intencionalmente; así, por ejemplo, el número de *Eryngium foetidum L.*, así como su densidad poblacional. Por otra parte, considerando la linealidad metodológica, el método tendrá un enfoque cuantitativo.

Tabla 1

Esquema general del diseño experimental.

Grupos	Pre-Test	Tratamiento	Post-Test
Experimental	Oa	X	Ob
Control	Oa	-	Ob

Nota:

Oa: Ensayo inicial.

Ob: Ensayo final.

Fuente: Modificado a partir de Paz (2017).

3.2. Variables y operacionalización:

Variables y operacionalización

Variable independiente: Acuaponía con *Eryngium foetidum L.*

Definición conceptual: Es la capacidad que presenta el sistema acuapónico para permitir aprovechar el uso eficiente de las aguas no consuntivas. (Berger et al. 2015).

Definición operacional: Se determina relacionando los valores fisicoquímicos iniciales y finales para alcanzar un objetivo, empleando las propiedades fisiológicas y cinéticas para poder aprovechar los nutrientes de las aguas no consuntivas como una alternativa de tratamiento.

Dimensiones: Condiciones operativas del sistema de acuaponía.

Indicadores: Concentración de nitratos, nitrógeno total, fosfatos y fósforo total en el agua del sistema acuapónico.

Escala de medición: Cuantitativo continua: mg/L.

Variable dependiente: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*.

Definición conceptual: Está relacionada con la restauración de la calidad del agua gracias a diversas propiedades (degradación, bioacumulación y/o translocación) de los vegetales para depurar agentes contaminantes (Lara & Negrete 2015).

Definición operacional: Proceso por el cual se comprueba al relacionar la evolución final respecto al inicial, post implementación del tratamiento, función que cumple con el objetivo de remediación.

Dimensiones: Características morfológicas de las plantas de *Eryngium foetidum L.*

Indicadores: Número y longitud de raíces, número y longitud de hojas, así como la longitud de tallo en general.

Escala de medición: Cuantitativa continua: mm, cm, unidad.

3.3. Población, muestra y muestreo:

3.3.1. Población:

Representada por el agua no consuntiva procedente de piscigranja, y las plántulas de *Eryngium foetidum L.*, ubicado en el distrito de Morales, provincia y región San Martín; esto considerando lo recomendado por (Domínguez 2015).

3.3.2. Muestra:

Representada por 138.25 L de agua procedentes de piscigranja en la región San Martín; cuyo volumen sustenta según los siguientes requerimientos: 3.25 L de muestra requerida por el laboratorio pre tratamiento; para el ensayo de acuaponía 135 L, disponibles 45 L en los tres sistemas, 1 (Paz 2017).

3.3.3. Muestreo:

Se muestreo a finde obtener una muestra integrada por conveniencia considerando el acceso en el fundo la Fusión S.A., sin interferir las actividades que se desarrollan de la entidad. En concordancia con la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), el muestreo se debe realizar mediante un procedimiento que permita obtener una muestra homogénea respecto al cuerpo de interés.

Tipo de muestreo:

El **muestreo integrado es aquel** constituido por **muestras simples** de los puntos de monitoreo preestablecido. La **muestra simple o puntual, es aquella colectada** de una porción de agua en un punto específico (Afluente de la piscigranja) en tiempo determinado. Esta muestra representa las características originales del cuerpo de agua en tiempo y lugar de su recolección.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos.

- Considerando lo descrito por Domínguez, (2015), la técnica empleada para la recolectar la información fue el análisis documental y la observación. Los datos registrados se transcribieron y sistematizaron en la aplicación Excel del software Microsoft office 2019, donde fueron procesados y presentados en tablas y/o figuras, para finalmente ser interpretados según la normativa relacionada.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- Formatos de registro de campo.
- La cadena de custodia que es otorgada por el laboratorio.
- GPS marca GARMIN, para la obtención de datos de georreferenciación.

3.4.3. Criterios de validez y confiabilidad

Validez de los instrumentos

El instrumento “formato de registro de campo” se validó según el criterio de expertos considerando la fiabilidad de la investigación (Anexo 2).

3.5. Procedimiento

Las actividades para la ejecución de la investigación se desarrollaron en cuatro etapas:

3.5.1. Etapa I: Etapa de gabinete inicial

Revisión bibliográfica

- Se revisó libros, revistas, artículos, tesis y otros, información que fue sistematizada para ser revisada según se requiera.

Gestión para el desarrollo del proyecto

- Se realizó cronograma de actividades para la ejecución del proyecto
- Determinar el lugar donde realizar el proyecto, se coordinó con los propietarios del lugar de elaboración del proyecto fundo la Fusión, a fin de gestionar los permisos respectivos para la ejecución del proyecto.
- Adquisición de materiales, equipos e instrumentos, se coordinó con el laboratorio certificado el envío de los materiales para el análisis de las muestras obtenidas.

Del sistema de acuaponía

- Cada sistema (tanque) presentó las siguientes características:
 - Sistema I: Tanque de vidrio 45 L (55x35x35 cm).
Plataforma de tecnopor de 49.5 x 34.5 cm (con 48 orificios).
 - Sistema II: Tanque de vidrio 45 L (55x35x35 cm).
Plataforma de tecnopor de 49.5 x 34.5 cm (con 35 orificios).
 - Sistema III: Tanque de vidrio 45 L (55x35x35 cm).
Plataforma de tecnopor de 49.5 x 34.5 cm (con 24 orificios)

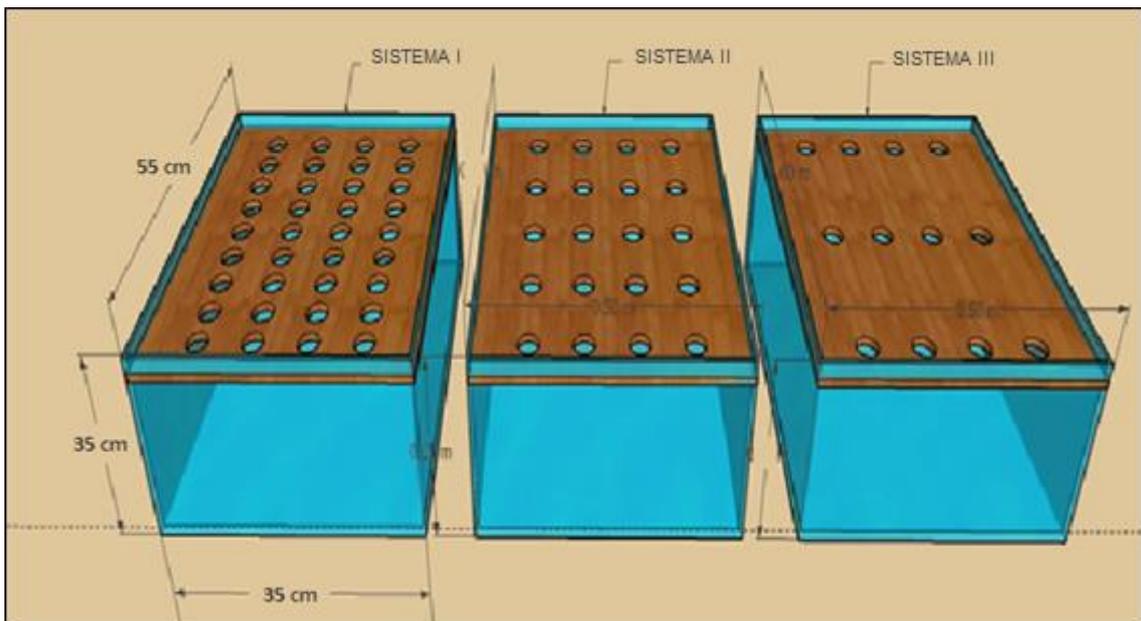


Figura 1

Prototipo del sistema de acuaponía.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.5.2. Etapa II: Etapa de campo

Delimitación del punto de muestreo

- El punto de muestreo se georreferenció haciendo uso de un GPS.



Figura 2

Ubicación geográfica del punto de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Obtención, conservación y transporte de la primera muestra pre-aplicación del sistema de acuaponía.

- La muestra inicial fue colectada en la desembocadura de la piscigranja del fundo la Fusión, se organizaron los frascos de muestreo a utilizar, se procedió a realizar el triple lavado de los envases por cada parámetro: DBO, SST, conductividad eléctrica, turbiedad, nitratos, nitrógeno total, fosforo total, fosfatos, se procedió a tomar las muestras de campo temperatura y pH.



Figura 3
Muestreo pre-aplicación del sistema de acuaponía.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Figura 4
Evaluación de los parámetros de campo (T° y pH) pretratamiento.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Para la muestra de fosforo se agregó 80 gotas de H₂SO₄ como preservante para dicha muestra.



Figura 5

Muestreo pre-aplicación del sistema de acuaponía.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Las muestras se reservaron a 4°C, en un cooler térmico acondicionándole bolsas en gel para su conservación.
- Los envases fueron rotulados indicando el nombre del solicitante, código de la muestra, matriz, fecha, hora de muestreo.
- Se llenó la cadena de custodia y se remitió al laboratorio junto a las muestras.

3.5.3. Etapa III: Etapa experimental

Recolección de esquejes de *Eryngium foetidum* L.

- Los esquejes fueron recolectados a conveniencia, con aproximadamente 5 cm de largo y fueron trasplantadas a los sistemas correspondientes.

Ensayo de propagación

- La instalación de las plántulas en cada uno de los sistemas se realizó según el siguiente criterio:



Figura 6
Sistema I de acuaponía – Instalación con 48 plántulas.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Figura 7
Sistema II de acuaponía – Instalación con 35 plántulas.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Figura 8
Sistema III de acuaponía – Instalación con 24 plántulas.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Se consideró adicional un sistema IV, tanque de vidrio de 45 L (70x30x35 cm), plataforma de tecnopor de 69.5 x 29.5 cm (con 31 orificios), con la finalidad de servir como soporte en caso de que algunas plántulas de los sistemas (I, II, III) sufriera algún tipo de declive y poder suplantarla.
- Se evaluó semanal por un periodo de 1 mes, los siguientes parámetros de crecimiento y desarrollo: raíz, longitud de raíz, número de hojas, longitud de hojas, tallo, los resultados fueron registrados en el formato de registro de datos. (Anexo 4)

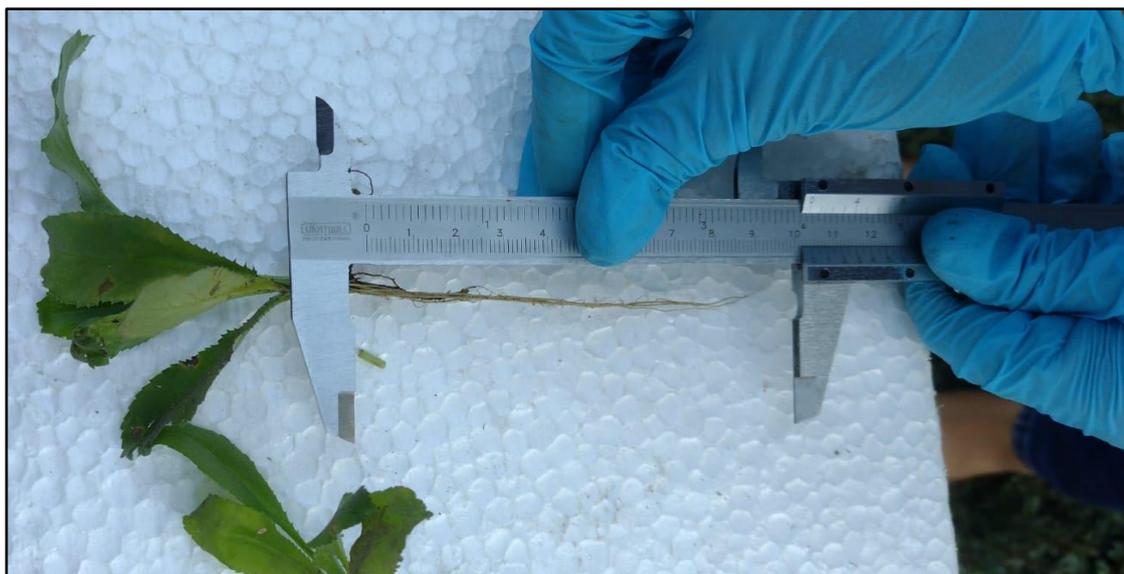


Figura 9

Evaluación del crecimiento radicular.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- La aireación de los sistemas acuapónicos fue de forma manual, una vez al día por un periodo de 15 minutos, donde se revolvió de forma homogénea cada sistema generando burbujas, con el fin oxigenar el espacio.
- Tras culminar el proceso de evaluación, se procedió a realizar la segunda toma de muestras, se organizó los materiales a utilizar y de cada uno de los sistemas (I, II, III) se colectó 3.25 L para el análisis post tratamiento: DBO, SST, pH, conductividad eléctrica, fósforo, fósforo total, nitratos, nitrógeno total, turbiedad, temperatura, se enjuagaron tres veces los envases con el agua de cada sistema según corresponda, las mismas fueron colectadas en un cooler con las condiciones apropiadas para su conservación, se completó la cadena de custodia, se enviaron las muestras al laboratorio para su respectivo análisis. (Anexo 6)



Figura 10
Muestreo post aplicación del sistema acuapónico.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- La evaluación de cada uno de los parámetros se realizó en el laboratorio EQUAS S.A. institución acreditada (Anexo 7).

3.5.4. Etapa IV: Etapa de gabinete final

- Los resultados fueron transcritos a formatos virtuales, para ser analizados e interpretados según la normativa.
- La eficiencia de la remoción de la materia orgánica se realizó aplicando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Remocion} = \frac{(DBO \text{ Inicial} - DBO \text{ Final})}{DBO \text{ Inicial}} \times 100 \dots\dots\dots \text{Formula 01}$$

- Es eficiente, si el valor final es mayor o igual al 90% de la MO.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos de cada uno de los parámetros se transcribieron a un formato virtual en la aplicación Excel del software Microsoft Office 2019, para posteriormente determinar la eficiencia en valores porcentuales de la remoción de materia orgánica considerando los parámetros como nitratos y fosfatos, DBO.

3.7. Aspectos éticos

La investigación es inédita, ya que fue elaborada por el propio autor; guiándose en todo momento de los productos de investigación, el código de ética en investigación y su modificatoria de la Universidad César Vallejo; además, la información de investigaciones y teorías relacionadas respetando los derechos de autor, los cuales fueron verificados mediante la revisión en Turnitin. Se respetó los criterios éticos en la veracidad, autenticidad y originalidad; se adecuará a la normativa internacional Organizationfor Standardization (ISO – 690) al elaborar la estructura del informe de la tesis en concordancia con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, 2015).

IV. RESULTADOS

A continuación, los resultados obtenidos en la ejecución de la investigación.

Características fisicoquímicas del agua no consuntiva de piscigranja del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) en pre y post la aplicación de acuaponía.

4.1: La conductividad eléctrica del agua no consuntiva de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) en pre tratamiento es de 118,7 umho/cm; post el tratamiento en sistemas acuapónicos con *Eryngium foetidum* L a una densidad de 48 plántulas/45 L es de 84,24 umho/cm, a 35 plantas/45 L es de 85,2 umho/cm y a 24 plántulas/45 L es de 86,86 umho/cm, encontrándose por debajo de lo establecido en el D.S. 004-2017 - ECA, Categoría 4 Sub categoría E2: ríos de la Selva (MINAM, 2017) (tabla 2).

Tabla 2

Conductividad eléctrica del agua de piscigranjas en pre y post.

Parámetro	Unidad de medida	ECA-Categoría 4	Muestra inicial	Sistema		
				I	II	III
Conductividad eléctrica	umho/cm	1000	118.7	84.240	85.200	86.860

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.2: La turbiedad del agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 346,45 UNT, post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es 18.400 NTU, con 35 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es 19.400 NTU, con 24 plántulas es de 20.800 UNT. (tabla 3).

Tabla 3

Turbiedad del agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad de medida	D.S. 004-2017 ECA-Categoría 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Turbidez	UNT	-	346.45	18.400	19.400	20.800

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.3: Los sólidos suspendidos totales presentes en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 852 mg/L; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 13 mg/L; con 35 plantas de *Eryngium foetidum L*, es de 14 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 15 mg/L. Los cuales disminuyeron significativamente respecto al valor inicial y que aplican dentro de los ECA Categoría 4 Sub categoría E2: ríos de la Selva MINAM, 2017, (≤ 400 mg/L). (tabla 4).

Tabla 4

Sólidos suspendidos totales en el agua de piscigranja en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Sólidos suspendidos totales	mg/L	≤ 400	852	13	14	15

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.4: La demanda bioquímica de oxígeno presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 286 mg/L; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de 21 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de 23 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de 24 mg/L, los cuales disminuyeron significativamente respecto al valor inicial, las mismas que se encuentran fuera de rango de los ECA, categoría 4, Sub categoría E2: ríos de la Selva, MINAM, 2017 (10 mg/L). (Tabla 5).

Tabla 5

Demanda bioquímica de oxígeno en agua de piscigranja - pre y post tto.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	10	286	21	23	24

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

4.5: El fosfato presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de < 0,009 mg/L; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,009 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,009 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,009 mg/L, los cuales se mantuvieron en las mismas condiciones respecto al valor inicial. (Tabla 6).

Tabla 6

Fosfato en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad de medida	D.S. 004-2017 ECA-Categoría 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Fosfato	mg/L	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6: El fósforo total presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 4.302 mg/L; el cual sobrepasa los estándares de calidad establecidos en el D.S. 004-2017 - ECA, Categoría 4, Sub categoría E2: ríos de la Selva (MINAM, 2017), y post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,010 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,010 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum* L, es de < 0,010 mg/L, los cuales cumplen los ECAs establecidos, (Tabla 7)

Tabla 7

Fósforo total en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Fósforo Total	mg/L	0.05	4.302	< 0,010	< 0,010	< 0,010

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.7: El nitrato presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 0.248 mg/L; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 0.116 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 0.115 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 0.114 mg/L, valores muy por debajo de los 13 mg/L establecidos en el D.S. 004-2017 - ECA, Categoría 4 Sub categoría E2: ríos de la Selva (MINAM, 2017 (Tabla 8).

Tabla 8

Nitratos en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Nitratos	mg/L	13	0.248	0.116	0.115	0.114

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.8: El nitrógeno total presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 1.57 mg/L; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 1.16 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 1.18 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 1.20 mg/L. (Tabla 9).

Tabla 9

Nitrógeno total en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Nitrógeno total	mg/L	-	1.57	1.16	1.18	1.20

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.9: El potencial de hidrogeno presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 7.75 pH; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 7.25 pH; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 7.37 pH; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 7.52 pH, encontrándose dentro del rango de los ECA, Categoría 4 Sub categoría E2: ríos de la Selva (MINAM, 2017) (Tabla 10).

Tabla 10

Potencial de hidrogeno en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Potencial de hidrogeno	pH	6.5 A 9.0	7.75	7.25	7.37	7.52

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.10: La temperatura presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 26 °C; post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 27 °C; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 27 °C; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de 27 °C. (Tabla 11).

Tabla 11

Temperatura en el agua de piscigranjas en pre y post tratamiento.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra inicial	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Temperatura	°C	-	26	27	27	27

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Evaluar los parámetros de crecimiento y desarrollo del *Eryngium foetidum* L en condiciones de acuaponía, Morales, 2021.

4.11 El promedio de número de raíz de *Eryngium foetidum* L, en el sistema I de 48 plántulas es 12, sistema II de 35 plántulas es 14, sistema III de 24 plántulas es 14. (Tabla 12) (Figura 11).

Tabla 12

Promedio de número de raíces de Eryngium foetidum L.

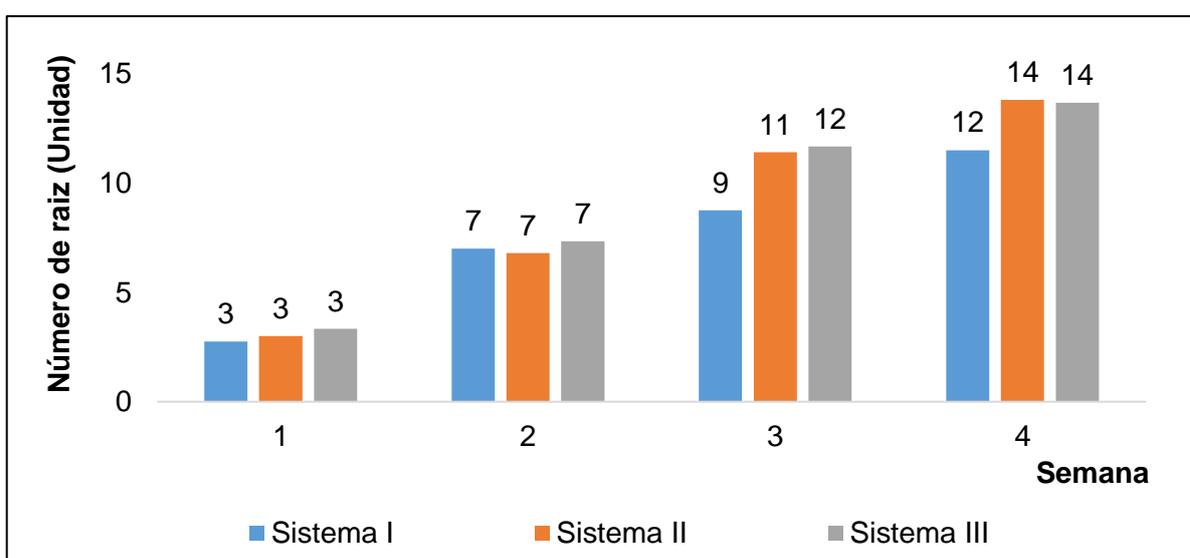
Día de evaluación	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Semana 1	3	3	3
Semana 2	7	7	7
Semana 3	9	11	12
Semana 4	12	14	14

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 11

Frecuencia de crecimiento en función al número de raíces de *E. foetidum* L.



Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.12 El promedio de número de longitud de raíz de *Eryngium foetidum* L, sistema I con 48 plántulas es 5.8 cm, sistema II con 35 plántulas es 5.6 cm, sistema III con 24 plántulas es 6.9 cm. (Tabla13) (Figura 12).

Tabla 13

Promedio de longitud de raíces de Eryngium foetidum L.

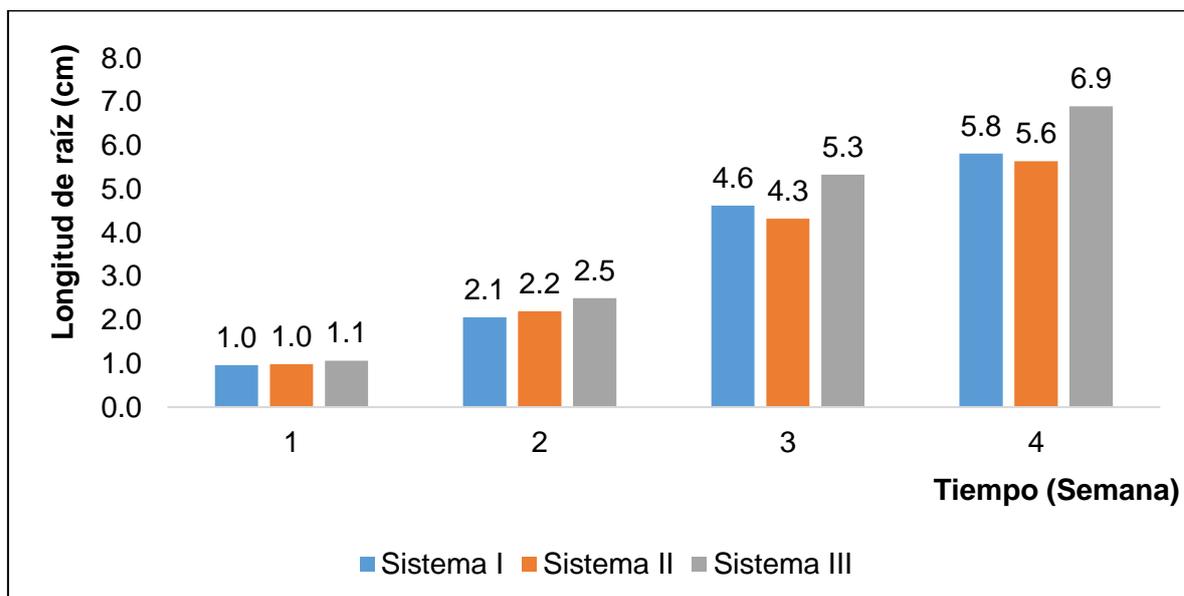
Día de evaluación	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Semana 1	1.0	1.0	1.1
Semana 2	2.1	2.2	2.5
Semana 3	4.6	4.3	5.3
Semana 4	5.8	5.6	6.9

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 12

Frecuencia de crecimiento en función a la longitud de raíz de E. foetidum L.



Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.13 El promedio de número de hojas de *Eryngium foetidum* L, en el sistema I con 48 plántulas es 5, en el sistema II con 35 plántulas es 4, sistema III con 24 plántulas 4. (Tabla 14) (Figura 13).

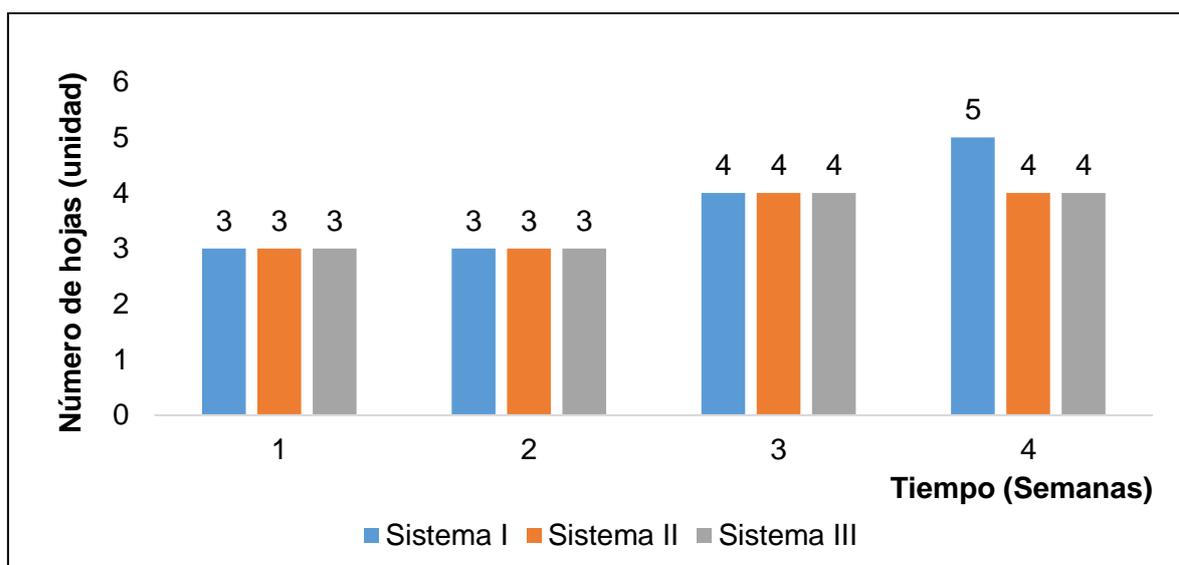
Tabla 14
Número de hojas de *Eryngium foetidum* L.

Día de evaluación	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Semana 1	3	3	3
Semana 2	3	3	3
Semana 3	4	4	4
Semana 4	5	4	4

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 13
Frecuencia de crecimiento en función al número de hojas de *E. foetidum* L.



Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.14 El promedio de longitud de hojas de *Eryngium foetidum L*, en el sistema I con 48 plántulas es 6.4 cm, sistema II con 35 plántulas es 6.3 cm, sistema III con 24 plántulas es 6.5 cm. (Tabla 15) (Figura 14).

Tabla 15

Promedio de longitud de hojas de Eryngium foetidum L.

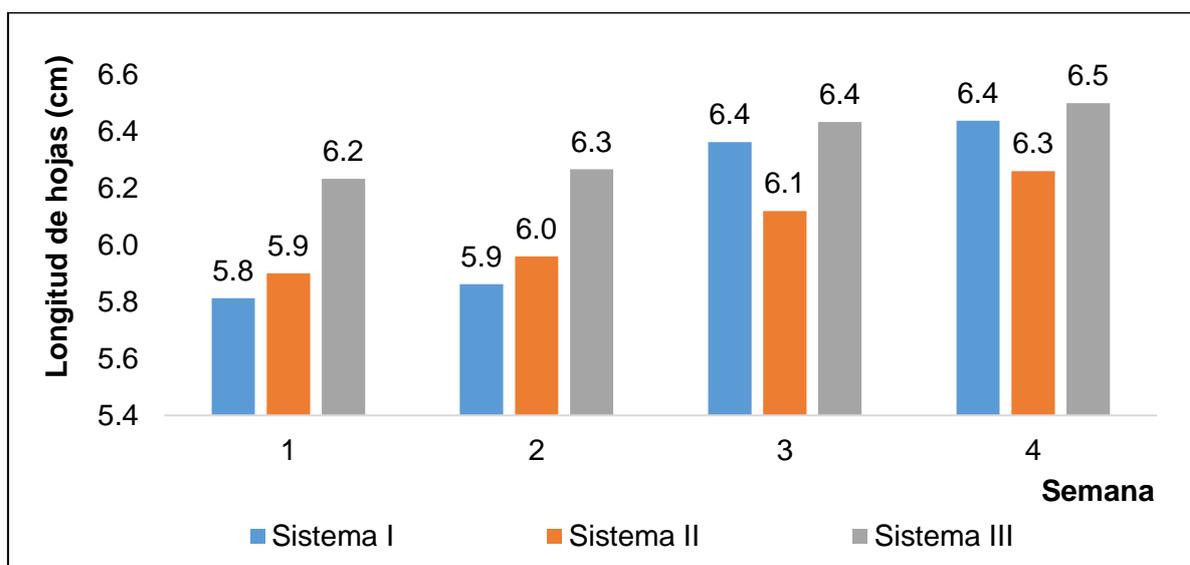
Día de evaluación	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Semana 1	5.8	5.9	6.2
Semana 2	5.9	6.0	6.3
Semana 3	6.4	6.1	6.4
Semana 4	6.4	6.3	6.5

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 14

Frecuencia de crecimiento en longitud de hojas de *E. foetidum L*.



Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.15 El promedio de longitud de tallo de *Eryngium foetidum L.*, en el sistema I con 48 plántulas es 0.56 cm, sistema II con 35 plántulas es 0.56 cm, sistema III con 24 plántulas es 0.53 cm. (Tabla 16) (Figura 15).

Tabla 16

Promedio de longitud de tallo de Eryngium foetidum L.

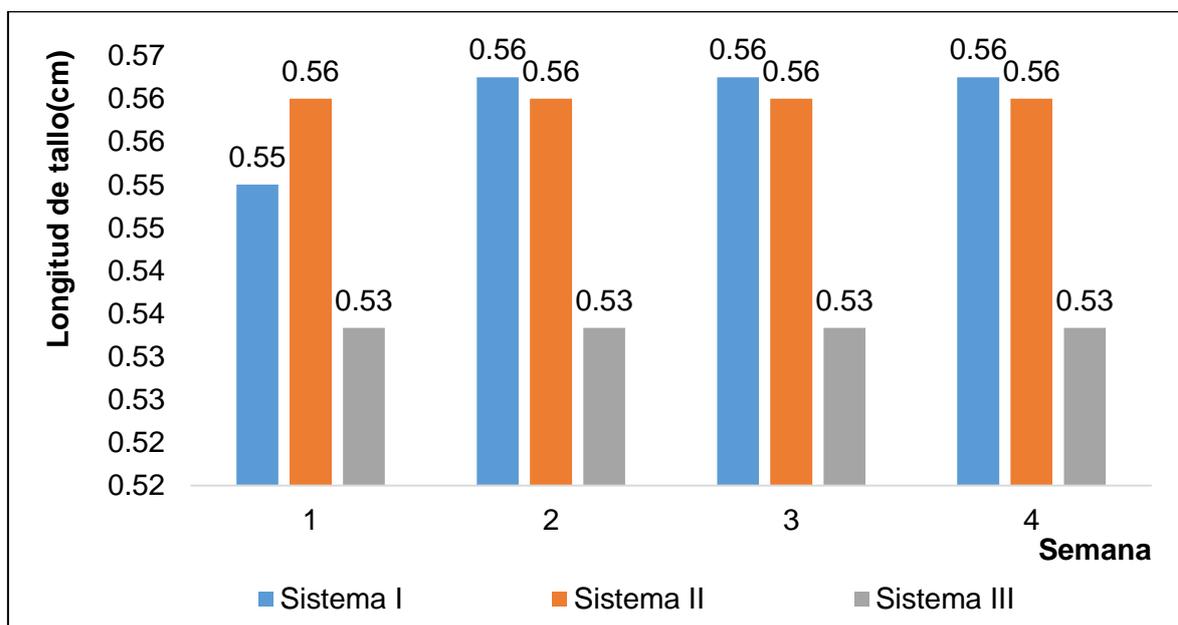
Día de evaluación	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Semana 1	0.55	0.56	0.53
Semana 2	0.56	0.56	0.53
Semana 3	0.56	0.56	0.53
Semana 4	0.56	0.56	0.53

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L.*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 15

Frecuencia de crecimiento en función a la longitud de tallo de *E. foetidum L.*



Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum L.*, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Propuesta de fitorremediación de aguas procedentes de piscigranja con el sistema de acuaponía con *Eryngium foetidum* L.

4.16. Las aguas procedentes de piscigranjas serían fitorremediadas con densidades de 48 plantas de *Eryngium foetidum* L, que disminuye en mayor grado la concentración de, fósforo total, nitratos, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, turbiedad. (Propuesta de fitorremediación).

La fitorremediación de aguas no consuntivas procedentes de piscigranja, mediante la acuaponía con *Eryngium foetidum* L.

4.17. La fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranjas mediante sistemas (S-I: 48 plántulas, S-II: 35 plántulas y S-III: 24 plántulas en 0.19 m² para cada sistema) de acuaponía con *Eryngium foetidum* L. en 30 días presentó el siguiente comportamiento. El valor de nitrato inicial fue 0,248 mg/L, 12,752 mg/L por debajo del estándar (13 mg/L) de los ECA para aguas (Categoría 4), post tratamiento en el S-I la concentración se redujo a 0,116 mg/L alcanzando (53% de tratabilidad); en el S-II bajó a 0,115 mg/L (54% de tratabilidad) y, en el S-III se redujo a 0,114 mg/L, logrando alcanzar el (54% de tratabilidad). El nitrógeno total inicial fue 1.57 mg/L, post tratamiento en el S-I fue 1.16 mg/L obteniendo (26% de tratabilidad), en el S-II fue 1.18 mg/L (25% de tratabilidad), y en el S-III fue 1.20 mg/L, alcanzando un (24% de tratabilidad). El fosfato inicial fue < 0,009 y luego del tratamiento para todos los casos fue < 0,009 mg/L. El fósforo total inicial fue 4.302 mg/L y post el tratamiento en los sistemas I, II y III fueron inferior a 0,010 mg/L, logrando el (100% de tratabilidad) en los 3 sistemas, valores que están debajo del normado según los ECA para aguas (0.05 mg/L). Los SST inicial fue 852 mg/L, sobrepasando los ECA (≤ 400 mg/L), post tratamiento en el S-I la concentración disminuye a 13 mg/L; en el S-II a 14 mg/L; y el S-III hasta 15 mg/L, alcanzando el (98% de tratabilidad) en los 3 sistemas, logrando estar dentro de los ECA para aguas. La DBO inicial fue 286 mg/L, sobrepasando los ECA para aguas (10 mg/L) en la categoría 4, post el tratamiento, en el S-I baja a 21 mg/L obteniendo (93% de tratabilidad); en el S-II 23 mg/L (92% de tratabilidad); y, en el S-III 24 mg/L (92% de tratabilidad). La CE del agua inicial fue 118,7 umho/cm y post el tratamiento S-I fue 84.24 umho/cm obteniendo (29% de tratabilidad), S-II fue 85.20 umho/cm (28% de tratabilidad) y en el S-III fue 86.86

umho/cm (27% de tratabilidad). La turbiedad inicial fue 346,45 UNT, post tratamiento S-I fue 18.400 UNT logrando (95% tratabilidad), S-II fue 19.400 UNT (94% de tratabilidad) y el S-III fue de 20.800 UNT logrando un porcentaje del (94% de tratabilidad). (tabla 17).

Tabla 17

Tratabilidad (%) del agua de piscigranjas mediante sistemas de acuaponía.

Parámetros	Unidad	ECA Cat. 4	Muestra bruta	Sistemas			Tratabilidad (%)		
				I	II	III	I	II	III
CE	umho/cm	1000	118.7	84.240	85.200	86.860	29	28	27
Turbidez	NTU	-	346.45	18.400	19.400	20.800	95	94	94
SST	mg/L	≤400	852	13	14	15	98	98	98
DBO	mg/L	10	286	21	23	24	93	92	92
Fosfato	mg/L	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	-	-	-
Fosforo total	mg/L	0.05	4.302	< 0,010	< 0,010	< 0,010	100	100	100
Nitratos	mg/L	13	0.248	0.116	0.115	0.114	53	54	54
Nitrógeno total	mg/L	-	1.57	1.16	1.18	1.20	26	25	24
pH	pH	6.5 A 9.0	7.75	7.25	7.37	7.52	-	-	-
Temperatura	°C	-	26	27	27	27	-	-	-

Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con ***Oreochromis niloticus***, mediante acuaponía con ***Eryngium foetidum* L**, Morales, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021

V. DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó que la conductividad eléctrica del agua no consuntiva de piscigranja del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) en pre tratamiento es de 118,7 umho/cm; la cual, disminuye significativamente post el tratamiento en sistemas acuapónicos con *Eryngium foetidum* L evaluados a los 30 días, a densidades de 48 plántulas/45 L alcanza 84,24 umho/cm, con 35 plántulas/45 L a 85,2 umho/cm y con 24 plántulas/45 L a 86,86 umho/cm; lo cual guarda relación con el trabajo realizado por **(Riaño et al. 2019)**, quienes determinaron que, en un periodo de hasta 6 semanas la conductividad eléctrica disminuyó de 1575 μ S/cm a 1208 μ S/cm; además, según lo establecido en el **(APHA, AWWA, WEF, 2017, p. 2510)**, considera que la conductividad está relacionado con la concentración de materia orgánica soluble presente en el agua y que a medida que esta disminuye, menores serán los valores de dicho parámetro.

Respecto a los sólidos suspendidos totales (SST), en pre tratamiento se determinó concentraciones de 852 mg/L y post la aplicación de los sistemas acuapónicos se logró una disminución en función a las densidades de cada uno de los sistemas ensayados, con 48 plántulas/45 L se alcanzó valores de 13 mg/L, con 35 plántulas/45 L a 14 mg/L y con 24 plántulas/45 L a 15 mg/L, para todos los casos ensayados, las concentraciones de SST aplican según los ECA (\leq 400 mg/L). Guardando concordancia con otras investigaciones, tal es el caso de **Alcarraz, Edgar et al. (2018)**, quienes evaluaron las concentraciones de SST durante 21 días y determinaron que los valores disminuyen hasta en un 60 % (115,266 mg/L inicial hasta 69,1596 mg/L al final).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) en pre tratamiento es de 286 mg/L; post tratamiento en el SI fue 21 mg/L; en el SII 23 mg/L y en el SIII 24 mg/L; guardando relación con trabajos como el realizado por **Delgado (2020)**, quien logró determinar que el valor inicial del agua fue 18.56 mg/l pero luego del tratamiento disminuyó hasta 8.78 mg/l en la semana 14. La DBO está relacionado directamente con la materia orgánica, proveniente del alimento residual no aprovechado y las excretas de los peces; este gracias a procesos naturales como la exposición solar y aireación se oxida para descomponerse y ser aprovechada por

organismo acuáticos menores e incluso por las plantas en sus presentaciones solubles asimilables.

El fosfato presente en el agua no consuntiva en pre y post tratamiento fue < 0,009 mg/L. por su parte el fósforo total presente en el agua no consuntiva procedente de piscigranjas del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento es de 4.302 mg/L; y post tratamiento con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de < 0,010 mg/L; con 35 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de < 0,010 mg/L; con 24 plántulas de *Eryngium foetidum L*, es de < 0,010 mg/L; según lo establecido en el **(APHA, AWWA, WEF, 2017)**, considera que el fosforo total está relacionado con la concentración de materia orgánica soluble presente en el agua y que a medida que esta disminuye, menores serán los valores.

La concentración de nitratos en el agua no consuntiva procedente de piscigranja del cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris) pre tratamiento fue 0.248 mg/L; y post tratamiento con sistemas acuapónicos; con 48 plántulas/45L este alcanza un valor de 0.116 mg/L; con 35 plántulas/45L a 0.115 mg/L y con 24 plántulas/45L a 0.114 mg/L. Que concuerda con trabajos como el realizado por **Alcarraz, Edgar et al. (2018)**, quien reporta, en un periodo de 21 días las concentraciones de nitratos se reducen significativamente hasta un 55% en sistemas acuapónicos y hasta un 47% en sistemas hidropónicos utilizando plantas de lechuga. Según el **APHA, AWWA, WEF, (2017, p. 2510)**, señala que, los nitratos son compuestos solubles que por lo general se encuentran presentes en los criaderos acuícolas, debido a la gran cantidad de materia orgánica residual derivada del alimento no aprovechado o de los detritus que generan las poblaciones.

Los valores del pH (potencial de hidrógeno) antes del tratamiento fueron de 7.75; y post tratamiento en el sistema acuapónico con 48 plántulas de *Eryngium foetidum L* alcanzó valores alrededor de 7.25; con 35 plántulas 7.37 y con 24 plántulas fue de 7.52. Comparado con otras investigaciones, tal es el caso de **Riaño et al. (2019)**, guarda cierta relación, que reportan que en un periodo de 3 semanas el pH de 7.5 varia a valores de 7.00. Según el **APHA, AWWA, WEF, (2017, p. 2510)**, considera que las altas concentraciones de materia orgánica presente en el agua de

piscigranjas, por lo general conlleva a que los valores de pH se incrementen, debido a una serie de reacciones donde se liberan compuestos alcalinizantes y que estos podrían traer consecuencias para los peces si no se tratan a tiempo, aunque, a la actualidad se conoce una gran variedad de especies con cierta tolerancia a valores de pH ligeramente alcalinos.

Eryngium foetidum L. crece con gran facilidad en los sistemas acuapónicos, así lo evidenció el desarrollo radicular; en el sistema 1 (SI) con una densidad poblacional de 48 plantas se alcanzó un promedio máximo de 12 unidades, en el sistema 2 (SII) con 35 plántulas un promedio máximo de 14 unidades y en el sistema 3 (SIII) con 24 plantas un número máximo promedio de 14 unidades. El promedio de la longitud de raíz en el SI fue de 5.8 cm, en el SII 5.6 cm y en el SIII 6.9 cm. Concuerta con investigaciones como la realizada por **Espinosa et al. (2018)**, que describe que el crecimiento y desarrollo de las herbáceas se adaptaron muy bien en los sistemas acuapónicos, y que, su desarrollo está en función a densidad, disponibilidad de nutrientes, aireación y disposición solar que esta puedan recibir.

Así mismo, *Eryngium foetidum L* presentó buen desarrollo en todos los sistemas; así en el Sistema I alcanzó un número máximo promedio de 5 unidades, en el Sistema II un número máximo de 4 unidades y en el Sistema III un número máximo de 4 unidades. Por su parte, el promedio de longitud de hojas de *Eryngium foetidum L*, en el Sistema I fue 6.4 cm, en el Sistema II 6.3 cm y en el Sistema III 6.5 cm. Guardando así cierta similitud con trabajos como el realizado por **Stathopoulou et al. (2018)**, quienes reportan que, el desarrollo de la gran mayoría de especies herbáceas en condiciones controladas está en función a la densidad poblacional, debido a diversos factores como la disponibilidad de nutrientes, aireación y disponibilidad solar; esta última es importante ya que, en una gran cantidad de casos cuando hay una densidad mayor tienen un crecimiento acelerado pero con ciertas falencias en el vigor y que por lo general para determinar el crecimiento real es importante realizar análisis estadístico.

VI. CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas del agua no consuntiva procedente de piscigranjas mostraron que el fósforo total, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, estuvieron sobre los valores establecidos en ECA para aguas, y mediante la aplicación del sistema de acuaponía se redujeron considerablemente; los nitratos estuvieron muy por debajo de los ECA, obteniendo en la primera muestra 0.248 mg/L, post tratamiento disminuyó en el sistema I a 0.116 mg/L, sistema II a 0.115 mg/L, sistemas III 0.114 mg/L.

El fósforo total presente en las aguas no consuntivas pre tratamiento fue 4.302 mg/L, sobrepasando los ECA para aguas, categoría 4, y mediante la aplicación de los sistemas acuapónicos (I, II, III) se obtuvieron en los tres sistemas valores de < 0,010 mg/L, por lo que se determina que las plántulas de *Eryngium foetidum L*, son capaces de reducir cantidades de fósforo total presentes en estas aguas.

El crecimiento de las plántulas de *Eryngium foetidum L* en condiciones de acuaponía, en el desarrollo radicular se obtuvieron buenos resultados en los 3 sistemas acuapónicos siendo el más eficiente los sistemas II con 35 plántulas y sistemas III con 24 plántulas, hasta 14 raíces y en longitud de raíz del sistema III obtuvo 6.9 cm; en el desarrollo foliar, el número de hojas de los sistemas (I, II, III) se mantuvieron en condiciones similares, y en longitud de hojas el sistema III el promedio fue 6.5 cm.

La eficiencia de remoción y tratabilidad de los sistemas acuapónicos (I, II, III) para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno. sólidos suspendidos totales, presentes en las aguas no consuntivas fue de 92.5% para el primer parámetro y 98 % para el segundo, siendo eficientes los sistemas acuapónicos para la remediación de aguas no consuntivas en dichos parámetros, aceptando la H1, que indica “La acuaponía con *Eryngium foetidum L*, logra la fitorremediación de aguas no consuntivas procedentes de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, Morales, 2021”; y, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula.

VII. RECOMENDACIONES

A las asociaciones de pesquería de la regional San Martín, realizar estudios con mayor tiempo de aplicación, a fin de obtener mejores resultados en la remediación de aguas no consuntivas haciendo uso de procesos de fitorremediación.

A futuros investigadores, realizar el acondicionamiento previo de las plántulas a utilizar en los sistemas acuapónicos, a fin de obtener mejores resultados en el proceso de fitorremediación.

A los investigadores, utilizar difusores para facilitar la aireación de los sistemas acuapónicos a fin que las plantas tengan un mejor desarrollo y una mejor distribución de los nutrientes.

A los investigadores, realizar un control permanente de las plantas utilizadas en los sistemas acuapónicos a fin de evitar que estas alcancen la maduración y se estanque el proceso de remediación del agua.

REFERENCIAS

- ABOU, M., YASSEN, A., ABOU EL-NOR, E., GAN, M. and SAHAR, M., 2020. Phytoremediation of heavy metals principles, mechanisms, enhancements with several efficiency enhancer methods and perspectives: A Review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, no. May. ISSN 2706-7955. DOI 10.36632/mejar/2020.9.1.17. Disponible en: https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Phytoremediation+of+heavy+metals+principles,+mechanisms,+enhancements+with+several+efficiency+enhancer+methods+and+perspectives&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart
- AKTER, B., CHAKRABORTY, S. and SALAM, M.A., 2018. Aquaponic production of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and water spinach (*Ipomoea aquatica*) in Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, vol. 5, no. 1, pp. 93–106. ISSN 2409-9325. DOI 10.3329/ralf.v5i1.36557. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324965054_AQUAPONIC_PRODUCTION_OF_TILAPIA_Oreochromis_niloticus_AND_WATER_SPINACH_Ipomoea_aquatica_IN_BANGLADESH
- ALCARRAZ, E., FLORES, M., TAPIA, M.L., BUSTAMANTE, A., WACYK, J. and ESCALONA, V., 2018. Quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in aquaponic and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, vol. 1194, pp. 31–38. ISSN 05677572. DOI 10.17660/ActaHortic.2018.1194.6. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169265>
- ALCARRAZ, Edgar, TAPIA, M., BUSTAMANTE, A., TAPIA, O., WACYK, J. and VICTOR, E., 2018. Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. *Anales Científicos, ISSN-e 2519-7398, Vol. 79, N°. 1 (Enero a Junio), 2018, págs. 101-110*, vol. 79, no. 1, pp. 101–110. ISSN 2519-7398. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1145>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION and WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 2017. *Standard Methods for the examination of water and wastewater* [en línea]. 23. Washington - EE UU: s.n. Disponible en: www.standardmethods.org. Disponible en: <https://engage.awwa.org/PersonifyEbusiness/Store/Product-Details/productId/65266295>
- ARIAS, S., BETANCUR, F., GOMEZ, Gonzalo., SALAZAR, Juan. and HERNANDEZ, Marta., 2010. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico*, vol. 74, no. 0, pp. 12–22. ISSN 2256-5035. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Fitorremediacion%20con%20humedales%20artificiales%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20porcinas.pdf>
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2016. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. 2016. Lima - Perú: Marzo 2016. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- BERGER, C., 2020. La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, vol. 1, pp. 1–11. DOI 10.21142/SS-0101-2020-003.

Disponible en:

https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HJclldbe_dUJ:https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/585/640/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe

- BERGER, J., COLLEGE, G.A., BERGER, J., TRIPLETT, L. and BARTLEY, J., 2015. *Effectiveness of Remediation Processes in Eutrophic Water Conditions of Crystal Lake , Hennepin County , MN . By By*. S.l.: Gustavus Adolphus Collage. Disponible en: https://gustavus.edu/geology/concertFiles/media/John_Berger_612563_assignmentsubmission_file_Thesis_Final_Final.pdf
- BERNEX, N., YAKABI, K., ZUÑIGA, Á., ASTO, L. and VERANO, C., 2017. *Aprovechamiento del agua. El agua en el Perú: Situación y perspectivas*. Lima - Perú: Disponible en: <https://ciga.pucp.edu.pe/publicaciones/el-agua-en-el-peru-situacion-y-perspectivas/>
- BOUELET, I., TAMBE, B., TSAFACK, J., MEDOUA, G. and KANSCI, G., 2018. Characteristics of fish farming practices and agrochemicals usage therein in four regions of cameroon. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, vol. 44, no. 2, pp. 145–153. ISSN 16874285. DOI 10.1016/j.ejar.2018.06.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428518300293>
- CHANG, R. and GOLDSBY, K., 2013. *Química*. 11. México - México: s.n. ISBN 978-607-15-0928-4. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/54936749/quimica-chang-undecima-edicion>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2017. *Estadísticas del agua en México*. 2017. México - México: s.n. Disponible en: https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf
- DANNER, R., MANKASINGH, U., ANAMTHAWAT, K. and THORARINSDOTTIR, R., 2019. Designing aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming. *Water*, vol. 11, no. 10, pp. 2123. ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w11102123. Disponible en: https://scholar.google.com.pe/scholar_url?url=https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2123/pdf&hl=es&sa=X&ei=gl_MYaDrLYqKmgHR3ZC4Aw&scisig=AAGBfm1atCpOOS86UsNxpEJ_PMu9AwG40w&oi=scholar
- DELGADO, N., 2020. *Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia (Oreochromis sp.) en acuaponía*. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <https://1library.co/document/zx9mdeoz-aprovechamiento-efluentes-provenientes-sistemas-recirculacion-acuicola-oreochromis-acuaponia.html>
- ESPINOSA, A., ALVAREZ, A., ALBERTOS, P., GUZMAN, R. and MARTÍNEZ, R., 2018. Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems. *Acta Universitaria*, vol. 28, no. 2, pp. 1–8. ISSN 0188-6266. DOI 10.15174/au.2018.1387. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662018000200001&script=sci_abstract&tlng=en
- JORDAN, R.A., RIBEIRO, E.F., DE OLIVEIRA, F.C., GEISENHOF, L.O. and MARTINS, E.A.S., 2018. Yield of lettuce grown in hydroponic and aquaponic systems using different substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 22, no. 8, pp. 525–529. ISSN 18071929. DOI 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p525-

529. Disponible en:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/RBT7RqMs95xZZggZbpgw7tg/?lang=en>
- KILIÇ, Z., 2020. The importance of water and conscious use of water. *International Journal of Hydrology*, vol. 4, no. 5, pp. 239–241. ISSN 25764454. DOI 10.15406/ijh.2020.04.00250. Disponible en:
<https://medcrave.com/index.php/?articles/det/22355/The-importance-of-water-and-conscious-use-of-water>
- LARA MANTILLA, C. and NEGRETE PEÑATA, J.L., 2015. Efecto de un bioinoculante a partir de consorcios microbianos nativos fosfato solubilizadores, en el desarrollo de pastos Angleton (*Dichanthium aristatum*) Título en ingles: Effect of bio-inoculant from microbial consortia phosphate solu. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 17, no. 1, pp. 126. ISSN 0123-3475. DOI 10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50741. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/50741>
- LAU, V. and MATTSON, N., 2021. Effects of hydrogen peroxide on organically fertilized hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*, vol. 7, no. 5. ISSN 23117524. DOI 10.3390/horticulturae7050106. Disponible en:
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ArD5LRcO4BsJ:https://www.mdpi.com/2311-7524/7/5/106+&cd=12&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- LOAYZA, J.L. and CANO, P.A., 2015. *Impacto de las Actividades Antrópicas Sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín*. S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3507>
- MERINO, F.G., LÓPEZ, N.O., TÉLLEZ, L.T., PÁEZ, R.S., MARCIAL, E.S. and ORTIZ, J.S., 2015. Aquaponics : Sustainable and potential alternative for food production in México. *Revista agroproductividad*, vol. 8, no. 3, pp. 6. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Esteban-Mancilla/publication/319205327_Produccion_de_huachinango_Luthanus_peru_en_jaulas_flotantes/links/599aef4daca272dff128d369/Produccion-de-huachinango-Luthanus-peru-en-jaulas-flotantes.pdf#page=62
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. *Marine Pollution Bulletin*. Roma - Italia: Disponible en:
<https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2017. *Doing aquaculture as a business for small- and medium-scale farmers. Practical training manual. Module 2: The economic dimension of commercial aquaculture*. 2017. Roma - Italia: s.n. ISBN 9789251098073. Disponible en:
<https://www.fao.org/documents/card/es/c/d155c885-8224-453f-abe1-673c09215b7c/>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL, 2015. *Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual en 2015*. 2015. Ginebra - Suiza: s.n. Disponible en:
https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_944_2015.pdf
- PAZ, G.B., 2017. *Metodología de la investigación*. 3. Ciudad de México - México: s.n. ISBN 9786077447481. Disponible en:
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

- PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LAS NACIONES UNIDAS, 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. 1. Paris - Francia: s.n. ISBN 9789233000582. Disponible en: <https://es.unesco.org/wwap>
- RAMIREZ, J., ROE, G., SANDOVAL, N. and VICENTE, K., 2018. Sistema nacional de innovación en pesca y acuicultura. *Sistema Nacional De Innovación En Pesca Y Acuicultura: fundamentos y propuestas 2017-2022*. Lima - Perú: Disponible en: <https://repositorio.pnipa.gob.pe/handle/20.500.12864/211>
- RIAÑO, E., CAICEDO, L., TORRES, A. and HURTADO, H., 2019. Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca baby (*Spinacia oleracea* L.), para su futura aplicación en acuaponía. *Orinoquia*, vol. 23, no. 1, pp. 73–84. ISSN 2011-2629. DOI 10.22579/20112629.544. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-37092019000100073&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- SEGURA, S. and BALOIS, R., 2017. *Producción acuaponica de Lactuca sativa "lechuga" utilizando efluentes del cultivo de Oreochromis niloticus "Tilapia gris" (línea chitralada), en laboratorio*. S.l.: Universidad Nacional del Santa. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3134>
- STATHOPOULOU, P., BERILLIS, P., LEVIZOU, E., SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI, M., KORMAS, A.K., AGGELAKI, A., KAPSIS, P., VLAHOS, N. and MENTE, E., 2018. Aquaponics: A mutually beneficial relationship of fish, plants and bacteria. *Proceedings of the 3rd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment, Volos, Greece*, no. December, pp. 8–11. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329403265_Aquaponics_a_mutually_beneficial_relationship_of_fish_plants_and_bacteria
- VÁSQUEZ, W., TALAVERA, M. and INGA, M., 2016. 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. *Rev. Soc. Quím. Perú*, vol. 82, no. 1, pp. 1–14. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100003

ANEXOS

Está representada por los siguientes:

Anexo 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Unidad de medida
Dependiente: Fitorremediación de las aguas no consuntivas procedentes de piscigranja.	Es la práctica de restauración de las características del agua a través de la capacidad de las plantas de concentrar contaminantes orgánicos e inorgánicos, por medio de la bioacumulación, translocación y degradación (Lara & Negrete, 2015).	Proceso por el cual se comprueba al relacionar la evolución final respecto al inicial, post implementación del tratamiento, función que cumple con el objetivo de remediación.	Características morfológicas de las plantas de <i>Eryngium foetidum</i> L.	Longitud de tallo Longitud de raíces N.º de hojas Nº de raíces Altura	Cuantitativa continua.	mm mm Nº Nº cm
Independiente: Acuaponía con <i>Eryngium foetidum</i> L.	Es la capacidad que presenta el sistema acuapónico para permitir aprovechar el uso eficiente de las aguas no consuntivas (Berger et al. 2015).	Se determina relacionando los valores físico químicos iniciales y finales para alcanzar un objetivo, empleando las propiedades fisiológicas y cinéticas para poder aprovechar los nutrientes de las aguas no consuntivas como una alternativa de tratamiento.	Condiciones operativas del sistema de acuaponía. Parámetros Físicos Parámetros químicos	Concentración de nitrógeno, nitrógeno total, fosfato y fosforo total en el sistema acuapónico. Temperatura Conductividad eléctrica pH Oxígeno disuelto, DBO, SST	Cuantitativa continua.	Ppm, mg/L °C µs/cm Intervalo mg/l

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 2. Solicitud para acceder al predio – lugar de ejecución (fundo la Fusión).



AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA

Sr. José Alexander Tavera Pérez.
Encargado del Fundo La Fusión

Asunto: Realizar trabajo de investigación

Yo, Ruth Carmencita Pinedo Chujandama, me dirijo a usted expresándole un cálido saludo y manifestarle como Bachiller de la Universidad Alas Peruanas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la escuela profesional de ingeniería ambiental, encontrándome en la etapa de ejecución de proyecto de investigación "Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponía con *Eryngium foetidum* L, Morales, 2021" para obtener el título de ingeniero ambiental, por lo que solicito que me brinde la facilidad de ingreso y ambientes del fundo la Fusión-Morales, para realizar monitoreos en dicho establecimiento.

Por lo expuesto:
Ruego a usted acceder a la solicitud.
Tarapoto, 15 de octubre del 2021.

Ruth C. Pinedo Chujandama

José A. Tavera Pérez

Fuente: Copia del documento original, 2021

Anexo 3. Formato de registro de campo (Pág. 1 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Andi Lozano Chung
 Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín
 Especialidad : Ingeniero Ambiental
 Instrumento de evaluación : Ficha de campo.
 Autor (s) del instrumento (s) : Ruth Carmencita Pinedo Chujandama

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <i>Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja.</i>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: <i>Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja</i>				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <i>Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja</i>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL					47	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente", sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47


 Tarapoto, 15 de Octubre del 2021



Fuente: Copia del documento original, 2021

Anexo 3. Formato de registro de campo (Pág. 2 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Abel Rivera Cervantes
 Institución donde labora: Corporación Gronperu S.A.C.
 Especialidad: Gestión pública.
 Instrumento de evaluación: Formato de registro de campo.
 Autor (s) del instrumento (s): Ruth Carmencita Pinedo Chujandama.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL					45	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

45

Tarapoto 15 de Octubre de 2021

Abel Rivera Cervantes
 ABEL RIVERA CERVANTES
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP: N° 221517

Fuente: Copia del documento original, 2021

Anexo 3. Formato de registro de campo (Pág. 3 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Julio Armando Ríos Ramírez.
 Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín.
 Especialidad: Gestión Universitaria.
 Instrumento de evaluación: Formato de registro de campo.
 Autor (s) del instrumento (s): Ruth Carmencita Pinedo Chujandama.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Fitorremediación de las aguas no consuntivas de piscigranja				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL					45	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

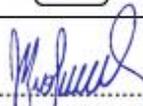
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

45

Tarapoto 15 de Octubre de 2021


 Dr. Julio Armando Ríos Ramírez
 INGENIERO AGRONOMO
 CIP: 127889

Fuente: Copia del documento original, 2021

Anexo 4 Registro de datos de campo.



Tesis: Fitorremediación de aguas no consuntivas de piscigranja con *Oreochromis niloticus*, mediante acuaponia con *Eryngium foetidum* L., Morales, 2021

Registro de datos de plántulas de Eryngium Foetidum L.																					
Lugar: <i>Fundo La Fusión</i>		Responsable: <i>Roth Comanacit Pinedo Chujendama</i>																			
Departamento <i>San Martín</i>		Provincia <i>San Martín</i>						Distrito <i>Morales</i>						Tallo							
EVALUACION	N° de muestra	N° Raíces				Log. Raíces (cm)				N° Hojas				Log. Hoja (cm)				Semana			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMA I	1	2	1	8	9	1.0	2.0	4.0	5.0	3	4	5	6.3	6.3	6.5	6.6	0.5	0.5	0.5	0.5	
	2	3	1	9	9	1.0	2.0	3.0	3.5	3	3	3	6.0	6.0	6.5	6.5	0.5	0.6	0.6	0.6	
	3	4	8	8	11	0.9	2.5	3.9	5.9	3	3	4	6.4	6.5	7.1	7.2	0.6	0.6	0.6	0.6	
	4	2	6	11	13	1.0	2.0	5.0	4.0	3	3	4	5.5	5.5	5.9	6.0	0.6	0.6	0.6	0.6	
	5	2	1	9	11	0.9	2.0	5.1	6.3	4	4	4	5.8	5.9	6.1	6.2	0.5	0.5	0.5	0.5	
	6	3	1	4	15	1.0	2.5	8.1	9.3	3	4	5	6.0	6.1	4.5	7.5	0.6	0.6	0.6	0.6	
	7	4	8	9	14	1.0	2.5	6.0	4.8	4	3	4	5.3	5.4	5.9	6.1	0.5	0.5	0.5	0.5	
	8	2	6	9	10	0.9	1.0	1.3	1.1	3	3	4	5.2	5.2	5.4	5.5	0.6	0.6	0.6	0.6	
SISTEMA II	1	3	4	12	14	1.0	2.0	5.0	5.0	3	3	4	5.5	5.6	5.8	5.9	0.6	0.6	0.6	0.6	
	2	3	4	12	14	0.9	2.0	4.0	5.0	4	3	2	6.0	6.0	6.1	6.3	0.5	0.5	0.5	0.5	
	3	2	6	11	13	1.0	2.5	4.3	6.1	4	3	4	6.3	6.3	6.5	6.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	4	3	4	12	14	1.0	2.5	3.0	5.0	3	3	4	5.8	5.8	5.9	6.0	0.5	0.5	0.5	0.5	
SISTEMA III	1	4	4	10	14	1.0	2.0	5.3	4.1	3	3	4	5.9	6.1	6.3	6.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	2	4	4	11	14	1.0	2.5	4.6	4.8	3	3	4	6.0	6.1	6.2	6.3	0.5	0.5	0.5	0.5	
	3	4	4	12	14	1.0	2.5	5.3	5.8	4	4	3	6.3	6.3	6.6	6.6	0.6	0.6	0.6	0.6	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Anexo 5. Panel fotográfico.



Piscigranja del Fundo La fusión.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Muestreo pre aplicación del sistema de acuaponía.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Aplicación del preservante en la muestra de fósforo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Sistema I, compuesta por 48 plántulas *Eryngium foetidum* L.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Sistema II, compuesta por 35 plántulas *Eryngium foetidum* L.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Sistema III, compuesta por 24 plántulas *Eryngium foetidum* L.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Sistema IV Compuesta por 31 plántulas.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Plántulas a monitorea sistema
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Plántulas a monitorear sistema II
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Plántulas a monitorear sistema III
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas de *Eryngium foetidum* L, a una semana presentan sus primeras raíces.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas del sistema I a 30 días.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas del sistema II a 30 días.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas sistema III a 30 días.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas sistema I a 30 días.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas sistema II a 30 días.
Fuente: Elaboración propia, 2021



Plántulas sistema III a 30 días.

Fuente: Elaboración propia, 2021



Muestras de los tres sistemas acuapónicos.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 7. Resultados de laboratorio de los parámetros de interés. (Pág. 1 de 2)



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1595/21

Solicitante : PINEDO CHUJANDAMA RUTH CARMENCITA
Dirección : Jr. 1ero de Julio N° 315 - Tarapoto
Procedencia : MORALES
Distrito: Morales - Provincia: San Martín –
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : Agua no consuntiva (Acuícola)
Fecha de Muestreo : 28 - Octubre - 2021
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 29 - Octubre - 2 021 / 08:16 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 29 Octubre al 04 - Noviembre - 2021

Código Interno: L1595/21

PARÁMETROS	1595 - 1 ^º	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M 1 ^º (07:00 h)		
Conductividad Eléctrica	118,70	µmho/cm	APHA 2510 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	286	mg DBO/L	APHA 5210 B
Fosfato	< 0,009	mg P /L	APHA 4500-P E
Fósforo Total	4,302	mg P/L	APHA 4500-P B (Item 5), E
Nitratos	0,248	mg N-NO ₃ /L	APHA 4500-NO ₃ B (*)
Nitrógeno Total	1,57	mg N/L	APHA 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*)
Sólidos Suspendidos Totales	852	mg/L	APHA 2540 D
Turbidez	346,45	NTU	APHA 2130 B

(^º) Código de Laboratorio

(^º) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

OBSERVACIONES.-

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 23 de Noviembre de 2 021.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: 00
Fecha: 17-10-2 019

Dirección de Laboratorio: Mc. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4030 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Fuente: Copia del documento original, 2021.

Anexo 7: Resultados de laboratorio de los parámetros de interés. (Pág. 2 de 2)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1677/21

Solicitante : PINEDO CHUJANDAMA RUTH CARMENCITA
Dirección : Jr. 1ero de Julio N° 315 - Tarapoto
Procedencia : **Morales**
Distrito: Morales - Provincia: San Martín –
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : **Agua no consuntiva (Acuícola)**
Fecha de Muestreo : 29 - Noviembre - 2021
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 30 - Noviembre - 2021 / 08:16 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Noviembre al 04 - Diciembre - 2021

Código Interno: L1677/21

PARÁMETROS	1677 - 1 ^(a)	1677 - 2 ^(a)	1677 - 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	P 1 ^(b) (07:00 h)	P 2 ^(b) (07:10 h)	P 3 ^(b) (07:20 h)		
Conductividad Eléctrica	84,24	85,20	86,86	µmho/cm	APHA 2510 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	21	23	24	mg DBO/L	APHA 5210 B
Fosfato	< 0,009	< 0,009	< 0,009	mg P /L	APHA 4500-P E
Fósforo Total	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg P/L	APHA 4500-P B (Item 5),E
Nitratos	0,116	0,115	0,114	mg N-NO ₃ /L	APHA 4500-NO ₃ B (*)
Nitrógeno Total	1,16	1,180	1,20	mg NL	APHA 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*)
Sólidos Suspendedos Totales	13	14	15	mg/L	APHA 2540 D
Turbidez	18,40	19,40	20,80	NTU	APHA 2130 B

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

OBSERVACIONES.-

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 09 de Diciembre de 2 021.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
 Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
 Revisión: 00
 Fecha: 17-10-2 019

Dirección de Laboratorio: Mc. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Fuente: Copia del documento original, 2021

ANEXO 8. Tablas y contenidos

Estándares de calidad ambiental - ECA para agua, aprobado mediante D.S. 004-2017 (MINAM, 2017), ECA para agua, Categoría 4, Sub categoría E2: ríos de la Selva, (tabla 18).

Tabla 18

Parámetros establecidos Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	ECA-Categoría 4
Conductividad eléctrica	umho/cm	1000
Turbidez	NTU	-
Sólidos suspendidos totales	mg/L	≤400
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	10
Fosfato	mg/L	-
Fosforo Total	mg/L	0.05
Nitratos	mg/L	13
Nitrógeno total	mg/L	-
Potencial de hidrogeno	pH	6.5 A 9.0
Temperatura	°C	-

Fuente: D. S. 004-2017 (MINAM, 2017)

ANEXO 9. Propuesta de fitorremediación.

Considerando adoptar el manejo adecuado de la disposición de aguas no consuntivas procedente de piscigranjas implementando nuevas alternativas como la acuaponía para su disposición final adecuada al medio acuático correspondiente.

Objetivos

1. Presentar los lineamientos generales para el tratamiento de agua no consuntivas.
2. Describir los lineamientos para el aprovechamiento de las aguas no consuntivas mediante acuaponía con *Eryngium Foetidum L.*

Factibilidad técnica

Facilitar información técnica con conocimientos en el manejo acuapónico, como alternativa de fitorremediación para aguas no consuntivas procedentes de piscigranjas, para disminuir la disposición de aguas con alto contenido de materia orgánica a diferentes fuentes naturales, y lograr incorporar cultivos como el *Eryngium foetidum L.*, como propuesta de trabajo para equilibrar del caudal ecológico.

Factibilidad ambiental

Asegurar la sostenibilidad ambiental, es decir aprovechar las aguas no consuntivas con alto contenido de materia orgánica a fin de obtener una mayor eficiencia en los beneficios que estos podrían aportar para la producción de cultivos como *Eryngium foetidum L.*, entre otros.

Factibilidad económica

Promover la afiliación con instituciones privadas y estatales a fin de obtener beneficios como:

- Financiamiento directo.
- Donación de equipos y materiales para la recolección y manejo.
- Programas de voluntariado, entre otros.

Participación local

Considerar la participación activa de la población local en la ejecución del proyecto, manejo y aprovechamiento de cultivos acuapónicos y sus beneficios, a fin de conocer cuáles son sus las prioridades, ideas, aspiraciones o necesidades. Puesto que esto genera una mayor aceptación, sentimiento de pertenencia en la población, reforzando la cultura acuícola.

Fortalecimiento de requisitos básicos

- Fortalecimiento institucional.
- Capacitación e intercambio de información y experiencias.
- Creación y cumplimiento de normativas.
- Educación ambiental.

Fuente: Elaboración propia, 2021.