



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de  
efluentes de la actividad piscícola, Bello Horizonte – San  
Martín, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Pinedo Flores, Jhon Anthony (ORCID: 0000-0002-6297-819X)

Vasquez Huaman, Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5102-7084)

**ASESOR:**

Mg. Condori Moreno, Delbert Eleasil (ORCID: 0000-0001-5318-6433)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TARAPOTO — PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico principalmente a mis padres por apoyarme desde el inicio del ciclo universitario, por brindarme siempre las facilidades para desempeñarme como un buen estudiante, a mi familia por incentivarme a seguir adelante siempre, a mis amigos y amigas que siempre estuvieron para evitar que me caiga y rinda durante mis 5 años en la universidad.

**Jhon Anthony Pinedo Flores**

La presente investigación va dedicada a mis queridos padres y hermano menor, quienes son mi motivación e inspiración para seguir con mi carrera profesional, a mis amigos y compañeros quienes, con su confianza y apoyo incondicional, permitieron lograr mi objetivo de culminar la presente tesis satisfactoriamente.

**Luis Alberto Vasquez Huaman**

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de desarrollarme como persona, a la universidad por forjarme como un profesional de éxito, a los docentes quienes inculcaron en mi persona valores para crecer como persona, a mis padres que me apoyaron incondicionalmente durante mi formación profesional y a mis amigos y familiares por apoyarme moralmente.

**Jhon Anthony Pinedo Flores**

Agradezco a Dios, por otorgarme la salud y permitirme concluir la presente tesis, además, a mis padres Gumercindo Vasquez Hernandez y Lucia Huaman Rodriguez y hermano Samuel Elias Vasquez Huaman, por siempre apoyarme en mi formación profesional, a los profesionales que nos apoyaron con sus conocimientos y preocupaciones, también a nuestros amigos y colegas por su apoyo en lo que duro la investigación.

**Luis Alberto Vasquez Huaman**

## Índice De Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice De Contenidos.....	iv
Índice de Tabla.....	vi
Índice de Figuras.....	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	15
III. METODOLOGÍA .....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2 Variables y operacionalización Variables .....	24
3.3 Población, muestra y muestreo .....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	28
3.5 Procedimientos .....	29
3.5.1. Primera etapa (Reconocimiento, toma de muestra y datos de campo).....	29
3.5.2. Segunda etapa (Elaboración y aplicación del sistema de biofiltro, evaluación de parámetros <i>in situ</i> y toma de muestras).....	39
3.5.3. Tercera etapa (Control y evaluación del tratamiento) .....	45
3.5.4. Cuarta etapa (Gabinete).....	47
3.6 Métodos de análisis de datos .....	48
3.7 Aspectos éticos .....	48
IV. RESULTADOS.....	50
V. DISCUSIÓN.....	70
VI. CONCLUSIONES .....	72
VII. RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS .....	84

## Índice de Tabla

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de variables	25
<b>Tabla 2:</b> Coordenadas de los puntos de muestreo.	30
<b>Tabla 3:</b> Valores del Factor de Corrección	32
<b>Tabla 4:</b> Datos de campo del efluente	35
<b>Tabla 5:</b> Cálculo del área total (m <sup>2</sup> )	35
<b>Tabla 6:</b> Tiempo promedio	35
<b>Tabla 7:</b> Resultados obtenidos con el Multiparámetro	36
<b>Tabla 8:</b> Consideraciones para muestreo	37
<b>Tabla 9:</b> Taxonomía de la Pistia stratiotes y Lemna minor	40
<b>Tabla 10:</b> Análisis del efluente pre tratamiento	50
<b>Tabla 11:</b> Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 1	51
<b>Tabla 12:</b> Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 2	52
<b>Tabla 13:</b> Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 3	53
<b>Tabla 14:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 1	54
<b>Tabla 15:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 2	56
<b>Tabla 16:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 3	57
<b>Tabla 17:</b> Matriz DBCA para el pH.	58
<b>Tabla 18:</b> Resultados pre test para el pH - DBCA	59
<b>Tabla 19:</b> Matriz DBCA para Aceites y grasas.	59
<b>Tabla 20:</b> Resultados pre test para Aceites y grasas – DBCA.	60
<b>Tabla 21:</b> Matriz DBCA para SST.	60
<b>Tabla 22:</b> Resultados pre test para SST – DBCA	61
<b>Tabla 23:</b> Matriz DBCA para el pH.	61
<b>Tabla 24:</b> Resultados post test para el pH – DBCA	62
<b>Tabla 25:</b> Comparaciones múltiples post test del pH – Método Tukey	62
<b>Tabla 26:</b> Resumen de promedios del pH	63
<b>Tabla 27:</b> Matriz DBCA para Aceites y grasas.	63
<b>Tabla 28:</b> Resultados post test para aceites y grasas – DBCA	64
<b>Tabla 29:</b> Comparaciones múltiples post test de aceites y grasas – Método Tukey	64
<b>Tabla 30:</b> Resumen de promedios de aceites y grasas	65
<b>Tabla 31:</b> Matriz DBCA para SST.	65
<b>Tabla 32:</b> Resultados post test para SST – DBCA	66
<b>Tabla 33:</b> Comparaciones múltiples post test de SST – Método Tukey	66
<b>Tabla 34:</b> Resumen de promedios de SST	67

<b>Tabla 35:</b> Diferencias de medias T Student para los parámetros	67
<b>Tabla 36:</b> Datos obtenidos con el Multiparámetro de la especie 1	68
<b>Tabla 37:</b> Medición con Multiparámetro de la especie 2	68
<b>Tabla 38:</b> Materiales y equipos	106
<b>Tabla 39:</b> Criterios técnicos del muestreo	117

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Fundo “La Unión” – Sector Bello Horizonte.....	30
<b>Figura 2:</b> Georreferenciando el lugar de estudio con el GPS marca GARMIN modelo Montana 610.....	31
<b>Figura 3:</b> Medición del ancho del efluente.....	33
<b>Figura 4:</b> Medición de la longitud del tramo, del punto A al punto B.....	33
<b>Figura 5:</b> Medición de la profundidad. ....	34
<b>Figura 6:</b> Recorrido del flotador del tramo, del punto A al B. ....	34
<b>Figura 7:</b> Muestreo de Aceites y Grasas .....	37
<b>Figura 8:</b> Medición de los parámetros in situ con el Multiparámetro.....	38
<b>Figura 9:</b> Muestreo de Aceites y Grasas.....	38
<b>Figura 10:</b> Lugar de experimentación para el desarrollo del proyecto – Tarapoto.....	39
<b>Figura 11:</b> Estanque de vidrio 40 cm x 40 cm x 50 cm .....	40
<b>Figura 12:</b> Vista frontal 2D del sistema de biofiltro.....	41
<b>Figura 13:</b> Vista lateral 2D del sistema de biofiltro. ....	41
<b>Figura 14:</b> Vista frontal 3D del sistema de biofiltro.....	42
<b>Figura 15:</b> Vista lateral 3d del sistema de biofiltro.....	42
<b>Figura 16:</b> Vista frontal del sistema de biofiltro.....	42
<b>Figura 17:</b> Distribución de la <i>Pistia stratiotes</i> en el estanque .....	43
<b>Figura 18:</b> Distribución de la <i>Lemna minor</i> .....	43
<b>Figura 19:</b> Sistema de biofiltro completo en funcionamiento. ....	44
<b>Figura 20:</b> Medición de los parámetros in situ con el Multiparámetro.....	44
<b>Figura 21:</b> Muestreo del agua del reservorio.....	45
<b>Figura 22:</b> Análisis de parámetros en el sistema de la macrófita <i>Pistia stratiotes</i> .....	45
<b>Figura 23:</b> Análisis de parámetros en el sistema de la macrófita <i>Lemna minor</i> .....	46
<b>Figura 24:</b> Valores de los parámetros especie 1 tratamiento 1.....	51
<b>Figura 25:</b> Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 2.....	52
<b>Figura 26:</b> Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 3.....	54
<b>Figura 27:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 1 .....	55
<b>Figura 28:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 2.....	56
<b>Figura 29:</b> Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 3.....	57
<b>Figura 30:</b> Ficha De Registro Diario de la especie <i>Pistia stratiotes</i> .....	96
<b>Figura 31:</b> Ficha De Registro Diario de la especie <i>Lemna minor</i> .....	97
<b>Figura 32:</b> Ficha De Registro De Campo.....	98

<b>Figura 33:</b> Ficha De Cadena De Custodia pre tratamiento .....	99
<b>Figura 34:</b> Ficha De Cadena De Custodia pos tratamiento.....	100



## Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de determinar eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de los efluentes de la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte. El cual tuvo un tipo de investigación aplicada, debido a que se tuvo definida la problemática. La investigación consistió en elaborar un sistema de biofiltro, en la primera etapa se desarrolló el filtrado (grava fina y gruesa, arena fina y gruesa, y algodón), para luego disponerse en un reservorio desde el cual se distribuyó a los 6 tratamientos, 3 por cada especie (*Pistia stratiotes* y *Lemna minor*). Se obtuvieron como resultados pre tratamiento del efluente, que el parámetro de SST, fue el único que excedía la norma, mientras que AyG y pH estaban dentro del límite, y los resultados post tratamiento, demostraron porcentajes altos de remoción de contaminantes, en la especie 1, fue el tratamiento 3 el más eficiente con un 80.7% en SST y en la especie 2, fue el tratamiento, con 87.06% en SST. Por lo tanto, se concluyó que el sistema de biofiltro utilizado para el tratamiento de los efluentes generados por la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte si es eficiente.

**Palabras clave:** Efluente, Eficiencia, Tratamiento, Piscicultura.

## Abstract

This research work was developed with the aim of determining the efficiency of a biofilter system in the treatment of effluents from fish farming in the Bello Horizonte sector. Which had a type of applied research, because the problem was defined. The research consisted of developing a biofilter system, in the first stage the filtering was developed (fine and coarse gravel, fine and coarse sand, and cotton), and then placed in a reservoir from which it was distributed to the 6 treatments, 3 for each species (*Pistia stratiotes* and *Lemna minor*). The pre-treatment results of the effluent were obtained that the SST parameter was the only one that exceeded the norm, while AyG and pH were within the limit, and the post-treatment results showed high percentages of pollutant removal for the species one, treatment 3 was the most efficient with 80.7% in SST and in species two, it was treatment 2 with 87.06% in SST. Therefore, it was concluded that the biofilter system used to treat the effluents generated by fish farming in the Bello Horizonte sector is efficient.

**Keywords:** Effluent, Efficiency, Treatment, Fish farming.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las diversas actividades económicas han tenido un crecimiento continuo. Resaltando la actividad acuícola, según valores obtenidos de La Organización de las Naciones Unidas Alimentarias y Agricultura, esta actividad consiguió excelentes resultados entre los años 2016-2017, la cual produjo un aproximado de 171 millones de toneladas en pesquería, de esto, la acuicultura representó un 47% del total y un 53% si se prescinden los usos no alimentarios (FAO, 2018, p.2). Si bien es cierto, este crecimiento ha favorecido a la economía, sin embargo, también trajo consigo una preocupación ambiental mundial, pues esta actividad causa alteraciones de las características del recurso hídrico, por la generación de contaminantes, en este caso los microplásticos, que son generados por: actividades de eliminación de materiales usados en métodos de pesca, sean celdas, boyas y recipientes (Lebreton et al. ,2017, p.2).

Pardo (2006, p.20), señala que, en Argentina, la actividad acuícola genera impactos negativos como cualquier otra actividad; ya que esta se realiza en ecosistemas artificiales, generando efluentes que contienen materia orgánica y que son vertidos sin un previo análisis y tratamiento al río. El suministro de alimento a los peces es el que origina alteración en las condiciones del efluente. En los sistemas de producción solamente el 30% de los nutrientes abastecidos para los peces, se convierten en producto, lo sobrante se acumula en los sedimentos. La actividad acuícola también provoca impactos físicos en el afluente receptor, como: la alteración de la temperatura, la atracción de mosquitos por la humedad, y enfermedades a la salud humana.

Por otra parte, en Chile, los piscicultores aseguran que su producción de *Salmo trutta* (Trucha) no causa efectos negativos en el medio natural; sin embargo, un estudio realizado por Buschmann (2001, p.15), afirma que esta actividad genera impactos graves y permanentes en la fuente de agua, tales como: polución del agua, reducción del oxígeno disuelto (OD) y generación de olores en agua y suelo, producto del drenado de aguas residuales al efluente receptor.

Esta realidad no es ajena a Perú, puesto que, en el departamento de Junín, se vive una problemática ambiental, generada por la actividad piscícola desarrollada, esto se ve reflejada en la afectación de las características de las aguas de las 7 lagunas existentes en dicho departamento, según estudios realizados entre los años 2002 – 2007, esto se afirma por el aumento de concentraciones de fósforo total, la reducción de oxígeno disuelto, además de presencia de niveles altos de materia orgánica y carbonatos, aquellos resultados excedieron la normativa establecida para esta actividad (Mariano y et al, 2010, p.12).

De la misma manera, dentro de la región San Martín, se realiza la crianza de especies nativas, siendo los productos que se usan para el engorde y distribución, los que alteran el agua de las piscigranjas, las cuales son drenadas a la quebrada y causan daños, principalmente porque contienen cargas de materia orgánica, causando la disminución del oxígeno disuelto y olores en el agua, además, generan impactos físicos, como la variación de su temperatura, alterando así la vida que este cuerpo receptor alberga. Como es el caso del sector Bello Horizonte, donde se ubican diferentes criaderos de peces quienes utilizan espacios abiertos y el servicio de agua directa de fuentes naturales de agua como la quebrada Pucayacu, a los cuales vierten sus aguas post uso.

Se conoce de piscicultores que aplican hormonas, algunos realizan el tratamiento de sus efluentes y de esa forma no afectan la fuente natural a la cual son vertidos; sin embargo, la gran mayoría, vierten las aguas residuales sin previo tratamiento, pudiendo indudablemente variar los valores establecidos de los parámetros en el cuerpo receptor, el cual aguas abajo tienen diversos usos y se desarrollan otras actividades, las cuales podrían requerir tratamientos antes de su uso. Es por ello que se planteó la siguiente pregunta en la investigación, ¿Cuál es la eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de los efluentes de la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte – San Martín, 2020?

De los problemas mencionados, existen varias estrategias de mitigación, en su mayoría suelen ser costosas, por lo general se utiliza plantas de tratamientos de efluentes o aguas residuales, donde es necesario un personal calificado, infraestructura de buena calidad, mantenimiento, todo ello generó un alto costo, sin embargo, existen también métodos más prácticos y menos costosos, por ejemplo los sistemas de Biofiltros, las cuales cumplen la función de reducir la presencia de contaminantes que se encuentra en las aguas residuales, esto mediante plantas acuáticas, las cuales muestran propiedades depurativas, de igual forma, las cuales pueden disminuir concentraciones de los parámetros no deseables para una buena calidad del efluente, sea esto aguas y aceites, sólidos suspendidos totales, así como también la neutralización del pH.

Dentro de la investigación se tuvo como objetivo principal, determinar la eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de los efluentes de la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte-San Martín, 2020; del cual se generaron objetivos específicos para su cumplimiento, tales como: determinar los valores de Sólidos Suspendidos Totales – SST, Potencial de Hidrogeno – pH y Aceites y grasas – AyG (por norma peruana), y Oxígeno Disuelto – OD, Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO<sub>5</sub>, Conductividad Eléctrica – CE, Nitratos y Fosfatos (estimación referencial), de los efluentes pre y post tratamiento del sector de Bello Horizonte; también, comparar la eficiencia de las especies a usar en el biofiltro para el tratamiento de efluentes generados de la piscícola; y por último determinar el tiempo óptimo de tratamiento de cada especie en el sistema de biofiltro para el tratamiento de los efluentes de la piscícola del sector de Bello Horizonte. Se planteó como hipótesis alternativa que el sistema de biofiltro si es eficiente para el tratamiento de efluentes de la actividad piscícola, Bello Horizonte-San Martín, 2020, y como hipótesis nula que el sistema de biofiltro no es eficiente para el tratamiento de efluentes de la actividad piscícola, Bello Horizonte-San Martín, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

Para elaborar el informe de investigación, se recopilaron antecedentes concernientes al problema de investigación, de ellos se sabe que en Colombia, el trabajo realizado por Díaz y otros (2013), tuvieron como planteamiento estimar la validez del humedal utilizando *Eichhornia crassipes* para tratar efluentes generados por las piscícolas con diversos niveles de cargas hidráulicas, donde obtuvieron la disminución de los niveles de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{NO}_3^-$ , fósforo total y  $\text{NO}_2^-$ , en porcentajes de 67,9%, 32,1%, 27,1%, 23,0% y 16,7% respectivamente, lo que los llevó a concluir que el humedal artificial a flujo libre utilizando *Eichhornia crassipes* es eficaz en la disminución de fósforo total, compuestos nitrogenados y  $\text{DBO}_5$ . Además, en la India, una investigación de Chandra y otros (2019), tuvieron como objetivo de investigación evaluar la productividad de vermi-biofiltración con plantas de humedales y sin plantas de humedales; sus resultados demuestran que la biofiltración con las plantas de humedales fue más rápida y eficaz que la biofiltración sin plantas de humedales, por lo que concluyeron que el tratamiento por biofiltros es más óptimo con plantas de humedales. En el ámbito nacional, se conoce que en Lambayeque se desarrolló investigación por Campos (2017), el cual planteó como objetivo de investigación demostrar que el Biofiltro a base de Eneas (*Typha spp*), permitirán tratar las aguas residuales del lugar de estudio; sus resultados demostraron que el Biofiltro logra la reducción de DQO, SST,  $\text{DBO}_5$ , los metales y algunos compuestos orgánicos presentes en los efluentes que la institución genera, donde se destaca que las *Typha spp* empleadas en el biofiltro son una manera de optimizar el reúso de las aguas residuales de forma limpia y económica.

Para comprender mejor el presente informe, fue necesario definir y conceptualizar los términos técnicos y el enfoque de la investigación de esta forma: Los efluentes, es aquella sustancia gaseosa, líquida o volátil las cuales son desprendidas o vertidas por actividades de producción, ósea descarga de contaminantes sin tratamiento, (Maltais y Chazarenc, p.15). Además, la Corporación Autónoma Regional del Quindío, indica que los efluentes son

producidos por desechos generados por procesos sólidos, gaseosos o líquido, quienes son vertidos al ambiente. Siendo más específico con el proyecto. se tiene a los efluentes de la actividad piscícola, que según García (2009) estas son aguas que contienen alto nivel orgánico, afectando así a los ciclos bioquímicos y la vida de las especies que se encuentran en el ecosistema, por otro lado, Quevedo (2016) menciona que los efluentes presentan agua de mar, aceites y grasas, material orgánico suspendido y sangre.

De lo antes mencionado, Pinaffi y otros (2019) indican que los efluentes de la actividad piscícola pueden ser medibles por sus parámetros, los cuales permitirán conocer los valores a evaluar en la investigación, tales como los Sólidos suspendidos totales (SST). Tavares y otros (2015), hacen referencia que estos están representados por los desechos que arrastran consigo las aguas industriales, domésticas y agrícolas. Definimos entonces a estos, como toda materia remanente luego de evaporar la muestra de agua, sea a temperaturas que estén en el intervalo 103° y 105°C. aquel material o desecho que contenga presión de vapor a la temperatura mencionada y se disipe durante la evaporación, no es definido como sólido (Ramos y et al, 2002, p.24).

Otro parámetro común que pudo estar excediendo los límites máximos permisibles o su variación es notoria y está presente en los efluentes son los Aceites y Grasas, según Miyashiro y otros (2014, p.34) son componentes orgánicos conformados por ácidos grasos (vegetal y animal), estos influyen de manera elocuente en los sistemas de tratamientos de efluentes, si estas se muestran en dosis excedentes, podrían llegar a obstruir a los procesos anaeróbicos y aeróbicos, de tal manera que causarían una deficiencia en el tratamiento.

Según Pedersen (2015, p.9) el pH, para que sea óptimo debe encontrarse en los límites de 6.5 a 8.5, solo así no generará alteración a los procesos de purificación, si el agua llega a tener rangos mayores o menores a estos, podrían presentarse dificultades en el desarrollo biológico. Además, Ortiz, (2015, p.22), afirma que la temperatura es la que influye en el metabolismo de las especies, esta es necesaria para el pudrimiento de la materia orgánica.

El agua subterránea de Perú, contiene temperaturas elevadas y suelen regresar al medio antes de que puedan enfriarse hasta tener una temperatura ambiente (Oliveira, 2013, p.6).

Así también Bostock (2010, p.17), define a la conductividad eléctrica como la capacidad del agua para trasladar la carga eléctrica, quien se encuentra relacionada estrictamente con la concentración de iones”. Y por último se tiene a Pérez (2009, p.7) quien indica que el Oxígeno Disuelto determina cuán contaminada se encuentra el agua y la vida que esta puede dar a los peces u organismo acuáticos, este parámetro está condicionado a la presión y temperatura.

Bolaños (2017, pág. 35), nos menciona que, el nitrato es un compuesto soluble, que está constituido molecularmente por nitrógeno y oxígeno. Dentro del medio natural es esencial para el desarrollo de las plantas, por ende, su uso y producción industrial como fertilizante. Así también, Duarte (2012, pág. 30) Los fosfatos son particularmente, sales o los ésteres del ácido fosfórico, estas se hallan en pequeñas concentraciones de agua natural, su causa es la contaminación orgánica o los lixiviado de los terrenos que cruza.

Como ejemplo referido a este informe, se señala la evaluación *in situ* de los parámetros antes mencionados la investigación realizada en San Juan de Lurigancho – Lima por Lucas, (2017), en el cual, post tratamiento primario logró una retención de sólidos de 96.3%, y de A y G de 93.2%, a raíz de la sedimentación que se generó, post tratamiento secundario disminuyó los sólidos suspendidos en 19,2%, la turbidez en 87,7%, los aceites y grasas en 85,96%, el DQO en 69,9% y el DBO<sub>5</sub> en 71,75%.

De igual forma en la investigación realizada por Mal (2013), donde evaluó las concentraciones de los parámetros de pH, fósforo total, turbidez, ortofosfato, nitrito y conductividad eléctrica; para estimar la funcionalidad del biofiltro a base de la macrófita acuática *Eichhornia crassipes*. En dicha investigación obtuvo como resultados la reducción de las concentraciones de fósforo total, pH, nitrito, conductividad eléctrica, turbidez, y ortofosfato, por la cual concluyó



que esta macrófita acuática es eficiente para mejorar la calidad de los efluentes generados por las piscícolas.

Mientras que Mesía (2015), en su proyecto también propuso determinar el comportamiento de los parámetros de pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales en Suspensión y la DBO<sub>5</sub> que la actividad acuícola genera en los efluentes en el distrito de Moyobamba; de ello tuvo como principales resultados, el incremento de sólidos totales en suspensión (SST) de 395.9 ppm en las aguas que ingresa a las piscigranjas, lo que indica que los niveles de sólidos en el agua, posterior a su uso se incrementa en ocho veces más de la cantidad inicial, DBO<sub>5</sub> incrementó sus niveles a 5.7 mg/l que equivale al 203.6% esto indica que incrementa 2 veces más con respecto a la cantidad inicial. En el estudio destaca que la industria piscícola sobrepasa los ECAs establecidos para SST en 50.7 ppm, en lo que corresponde a DBO<sub>5</sub> la industria no sobrepasan lo establecido por las ECAs.

Es importante considerar también la normativa vigente actual para apoyar los resultados obtenidos en campo, para lo cual, se utilizarán los Límites Máximos Permisibles (LMP) aprobado mediante el D.S N° 010 – 2018 MINAM, (2015, p.4); que, según el OEFA, (2014, p.3), LMP es una medida, que indica los valores de parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente, pues tras existir elevadas concentraciones de los mencionados, pues existen altas probabilidades que generen daños a la salud del ser humano, además de la afectación de los recursos naturales. Así también, el MINAM (2018) mediante el D.S N° 010 - 2018 estipula los LMP para efluentes de establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, donde dan valores de los parámetros: SST, pH y AyG, de igual forma la autoridad competente puede solicitar el análisis de otros parámetros químicos o biológicos que considere, cuando haya indicios de contaminación del agua.

Conociendo un poco más, los biofiltros según Valipor y otros (2015, p.28), son humedales artificiales que depuran el agua de forma natural, estos están diseñados con un grosor de 5 a 10 cm de diámetro, el cual servirá como

filtrante y degradaran el contaminante del agua. Del mismo modo, Tapias y Villavicencio, (2007, p.41) dijeron que, los Biofiltros están conformados en la parte superior por plantas acuáticas o de pantano, donde las aguas residuales reciben un pre-tratamiento y luego fluyen por los lechos filtrantes donde el agua comienza su tratamiento por el trabajo de microorganismos. Por ello, Omri (2015, p.8) afirma que, los Biofiltros proporcionan una alternativa en cuanto al tratamiento de aguas de una forma responsable con el medio ambiente, estos minimizan los impactos que generan los efluentes antes de ser vertidos, por lo que mejoran de igual modo la calidad de vida.

También, Campos, (2017, p.14) mencionó que, los Biofiltros que están correctamente contruidos y diseñados, consiguen depurar aguas industriales, agua de lluvia y aguas municipales, ya que este sistema es eficiente en la eliminación de contaminantes como, por ejemplo: metales, fósforo, hidrocarburos y sólidos suspendidos.

Fue importante conocer los diversos sistemas de biofiltros existentes para tratar efluentes, dentro de ello se tiene a los Humedales, que según Ramsar y Salathé, (2013, p.41), son reconocidos como áreas pantanosas, o también como superficies con coberturas de agua, sean estas artificiales o naturales; se tiene también a los lechos filtrantes como otro biofiltro, estos se constituyen por material granular (arena), esta debe ser limpia para obtener resultados óptimos en la evaluación, teniendo como principal acción, la absorción de los SSP, estos se sedimentan al ingresar al filtro a raíz de la porosidad y gravedad (Pérez, 1981, p.17).

Del mismo modo, Romero, (2016, p.28), menciona 3 tipos de sistemas de biofiltros; el biofiltro de flujo horizontal, el cual es más conocido como humedal artificial, el que se compone de especies vegetativas acuáticas, donde las aguas contaminadas son tratadas, en el cual se tiene a los lechos filtrantes como primera etapa de este tratamiento a través del accionar de los microorganismos presentes en la superficie acuática, además de la acción de filtración y sedimentación que el sistema posee. Otro sistema es el tanque séptico, pues este es un sistema compuesto de varios procesos, lo que

permite la sedimentación de los SST en el fondo de este tanque, siendo quien recepciona las variaciones químicas generadas del accionar microbiana y otros parámetros como la temperatura. Menciona también el tratamiento biológico, donde se utiliza microorganismos, lo que permite la disminución de los contaminantes existentes en el agua, además los compuestos de mayor tamaño, se sedimentan por actividad de estos microorganismos y otros bienes que la naturaleza brinda, pues estos consumen los contaminantes que persisten en el agua.

Para Awawdeh y otros (2013) la aplicación o diseño de estos sistemas de biofiltros para el tratamiento de aguas contaminadas o afectadas por alguna actividad económica, es para buscar la eficiencia que estos puedan tener post ejecución, por ello la eficiencia de un sistema de biofiltro para Garzón y otros (2012. p.14) es la capacidad de filtrar contaminantes y así remover, para que los parámetros de las aguas estén a lo que la normativa refiere; además Castro, (2015. p. 8) menciona que la eficiencia que pueda tener un biofiltro se mide a través de la retención que se obtiene de la biomasa restante del final del proceso y que se acumulara, donde también habrá intervención de diversos factores que alterarán el periodo de retención; también Briones (2014) relaciona a la eficiencia del uso de biofiltro, con la mejora de la calidad de agua, con una inversión de menor costo para su implementación. Al hablar de eficiencia, específicamente se basa en la determinación del grado de remoción que se puede obtener post tratamiento, y posterior a ello tener un porcentaje por el cual será medido la eficiencia de los biofiltros a aplicar.

Estos biofiltros se basan en el uso de plantas acuáticas, dentro de ellas se tiene a la totora (*Scirpus californicus*) la cual es una de las reconocidas de nuestro medio y fue extraída del Lago Titicaca, esta cuenta con epidermis muy finas, las cuales minimizan la resistencia del paso de nutrientes, gases, tejidos y agua, cuenta con un amplio espacio intercelulares, las cuales forman una cadena de conductos huecos donde se almacena y mantiene en circulación el aire con oxígeno, todo esto permite el traspaso de oxígeno desde el aire hacia los órganos fotosintéticos.

Además, se tiene Junco (*Scripus spp.*), este se caracteriza por lograr penetrar en la grava aproximadamente 0,6 m por lo cual son muy apropiadas para humedales Sub superficiales. Suelen ser robustas, posee la capacidad de prosperar bajo condiciones ambientales adversas y tienen gran facilidad de propagación.

Sin embargo, la espadaña (*Typha latifolia L.*), esta logra propagarse fácilmente y en un año logra un buen cubrimiento con una separación inicial de 0,6m. También la Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*). Es una especie acuática flotante, se utilizada para tratamiento de aguas grises, estas forman parte del desarrollo de la fitorremediación al descomponer los contaminantes encontrados en el medio acuoso. Esta, tiene una mayor vida durante el proceso de remoción, ya que posee resistencia a condiciones de salinidad. Además, esta logra eliminar grandes cantidades de nutrientes y metales, esto varía según el microclima donde se localice, considerando que su efectividad es mayor en zonas cálidas.

Por otro lado, Arroyave (2004, p.10), menciona que la *Lemna minor* es una planta angiosperma (presenta flores), concerniente a la familia Lemnaceae. Presenta un cuerpo vegetativo con forma taloide, donde no se aprecian el tallo y las hojas, además de una contextura plana y verde y una sola raíz delgada blanca, por otro lado, su tamaño es reducido, siendo la angiosperma más pequeña del reino de las plantas, presenta una longitud de 2 a 4 mm y un ancho de 2 mm. Esta se encuentra en diversas regiones del hemisferio norte y sur, incluyendo Australia, América, Asia, Europa y Nueva Zelanda. Crecen en pozos de agua dulce, ríos, ciénagas, calmados y lagos, por otro lado, la *Lemna minor* presenta características para tratar aguas residuales como, alta productividad, alta eficacia de remoción de contaminantes y nutrientes, alta superioridad en circunstancias desfavorables y cosecha sencilla. La principal ventaja del tratamiento con plantas acuáticas es el bajo costo de construcción, mantenimiento y su facilidad de operación. Además, Enriquez, Ingri (2019), menciona en su investigación que la *Lemna minor* logra una remoción del 90% en turbidez, en DQO un 100%, en DBO5 un 98%.

Asimismo, el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), se encuentra en la superficie y es conocida por la fitorremediación en el agua contaminada que puede realizar, esta tiene la facilidad de reproducirse en aguas estancadas, además pueden soportar la variación de pH, nutrientes y temperatura. Esta es una excelente bioabsorvedora de metales pesados (plomo, cromo, zinc, cobre, cadmio y níquel), entre un 85 y 95%, mientras que en los siguientes parámetros logra remover los siguientes porcentajes: nitrógeno un 98,5%, fósforo total 91,7%, DBO<sub>5</sub> en un 95%, SST entre un 21% y 91% y Demanda Química de Oxígeno un 90,2%, teniendo en cuenta que presenta mayor remoción en zonas cálidas.

A nivel internacional, se usa como principal planta acuática para biofiltros al Jacinto de agua, esto se refleja en la investigación de Rezanía (2019), quien se propuso como objetivo el determinar la eficiencia del Jacinto de agua para la disminución de la polución en cuanto a la tasa de crecimiento y el tiempo de retención óptimo (21 días) desde los efluentes domésticos descargados al río; de tal manera los resultados indican que, en todos los parámetros, la eficiencia de eliminación estuvo en el rango de 13-17 días (día 14 óptimo) que fue superior a 3 semanas con excepto del OD; asimismo concluyó que la tasa de crecimiento del Jacinto de agua posee gran impacto positivo para el tratamiento de los efluentes, con lo cual se logró la eliminación de nutrientes con éxito.

Cabe destacar la actividad piscícola desarrollada en Perú, pues Aquino, (2015, p.27) dice que la selva peruana, presenta gran potencial hídrico para fomentar la actividad piscícola intensiva de especies tropicales; a pesar de ello se presenta una problemática en dicha actividad, ya que no se aplica un manejo técnico que respalde el crecimiento sostenible de esta actividad, que a día de hoy ha ido tomando más importancia después de la ganadería y agricultura. Existe un proyecto realizado por Sánchez (2008) a nivel local, quien tuvo como objetivo de investigación realizar un censo a los acuicultores en las provincias de Mariscal Cáceres, Bellavista y Huallaga. Fue un estudio exploratorio, donde se realizaron encuestas orientadas a los piscicultores, los instrumentos que se

emplearon fueron encuestas y libretas de campo, donde se logró demostrar que dicha actividad es rentable económicamente, además de que los productores en su mayoría no emplean abonos para fertilizar los estanques. Además, Ramírez y Paredes (2019), realizaron una investigación en la ciudad de Tarapoto, teniendo como objetivo evaluar un sistema de biofiltro a base de las especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* para la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos en aguas residuales. Tuvo un diseño cuasi experimental, donde los autores realizaron 4 monitoreos en los 2 sistemas con un intervalo de 72 horas, concluyeron que su biofiltro es eficiente, logrando una mayor remoción de contaminantes químicos por parte de la *Pistia stratiotes*, y en contaminantes microbiológicos la *Eichhornia crassipes*.

Dentro de esta actividad, existen otros problemas ambientales, donde Babatunde y otros (2019, p.23), mencionan que la actividad piscícola genera descargas de efluentes que en su mayoría no son tratados antes de ser vertidos, generando contaminación al medio natural, además de eso la utilización de ciertos productos que alteran o generan contaminación tanto al medio receptor y al medio natural causan preocupación y que amenazan la sostenibilidad de la actividad piscícola, por eso existe la necesidad de implementar sistemas de cultivos que aumenten la producción de peces con una gestión eficiente de los desechos para minimizar la degradación ambiental. Por el cual se realizó una investigación por Ore (2016) bloc en Huancayo, donde buscó evaluar la alteración mediante los indicadores de diversidad y bióticos del río Chía, y obtuvo como resultado que el río (fuente receptora) se encuentra con aguas moderadamente contaminadas o de contaminación ligera, lo que indica que la actividad piscícola es de mínima alteración, además de que el río presenta, buena cantidad de autodepuración, destacó que las aguas del cuerpo receptor están aptas para la potabilización, usos para el riego de vegetales, cultivos, para consumo de animales y recreación.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, debido a que la problemática estuvo definida, siendo esta, los efluentes no tratados de la actividad piscícola que se vierten a cuerpos naturales de agua; para lo mencionado, se busca determinar la eficiencia de un tratamiento de biofiltro como parte de una posible solución a la investigación.

“La investigación aplicada está orientada a precisar por medio del conocimiento científico y los medios, sean éstos: tecnologías, metodologías y protocolos” (CONCYTEC, 2018, p.7).

##### Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue *cuasi* experimental, pues se evaluó la eficiencia de un sistema de biofiltro (variable dependiente) en función a las condiciones del efluente, además, el grupo fue asignado por decisión de los investigadores, más no por asignación aleatoria; este proceso se desarrolló a escala piloto, por la cual existió manipulación de la variable dependiente, acondicionando a esta las especies macrófitas (*Pistia stratiotes* y *Lemna minor*).

Hernández, Fernández y Baptista (2015, p.151) “En los diseños determinados cuasi experimentales, existe la manipulación de alguna de las variables, sea la independiente o la dependiente, por luego observar los efectos que genera en una o más variables”.

#### 3.2 Variables y operacionalización

Efluentes de la actividad piscícola – Independiente – Cuantitativo continuo

Eficiencia del sistema de biofiltro – Dependiente – Cuantitativo continuo

**Tabla 1: Operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Efluentes de la actividad piscícola	“Son aguas que tiene contienen alto nivel orgánico, afectando así a los ciclos bioquímicos y la vida de las especies que se encuentran en el ecosistema” García (2009)	Los efluentes de la actividad piscícola fueron medidos por sus parámetros, donde se aplicó los métodos para AyG= ASTM D7066-04 (Validado, 2019), O.D= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 23rd Ed. 2017.2, DBO <sub>5</sub> = SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017, SST= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012, C.E= EPA Method 120.1, pH= EPA Method 150.1, Temperatura= EPA Method 170.1, Nitratos y Fosfatos= EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado). 2015; y la cantidad de efluente generado se calculó a través de la medición de caudal del efluente, para el cual se desarrolló el método del flotador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros químicos</li> <li>• Parámetros físicos</li> <li>• Caudal del efluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Oxígeno Disuelto</li> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• Nitratos</li> <li>• Fosfatos</li> <li>• Aceites y grasas</li> <li>• Temperatura</li> <li>• SST</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• Cantidad de efluente generado</li> </ul>	Intervalo



---

Eficiencia del sistema de biofiltro.	<p>“Es la capacidad de filtrar contaminantes y así remover, para que los parámetros de las aguas estén a lo que la normativa refiere” Garzón y otros al (2012. p.14)</p>	<p>La eficiencia del biofiltro se medirá a través de la fórmula de eficiencia de remoción <math>\frac{Ca-Ce}{Ca} \times 100</math> con datos <i>in situ</i> del trabajo de campo, el cual estará representado en porcentaje, el cual indicará la remoción que se obtuvo de las sustancias que generaban efectos negativos en los parámetros de los efluentes de la piscícola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia de remoción de contaminantes.</li> <li>• Calidad de Especies Macrófitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de eficiencia</li> <li>• Porcentaje de filtración</li> </ul>	<p>Ordinal</p> <p>Nominal</p>
--------------------------------------	--	---	---	--	-------------------------------

---

Fuente: *Elaborado por los autores.*

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población está definida por 325.04 m<sup>3</sup> diarios que generan las 6 piscigranjas en actividad dentro del fundo la Unión del sector Bello Horizonte, 2020.

- **Criterios de inclusión**

Aquellas piscícolas que formaron parte de la población cumplieron las siguientes condiciones:

- Que laboran formalmente.
- Que se encuentran en actividad.
- Que tuvieron interés en participar del presente proyecto de investigación.
- Que no realizan tratamientos a sus efluentes que se vierten a fuentes naturales de agua o infraestructura hidráulica.

- **Criterios de exclusión**

Aquellas piscícolas que no formaron parte de la población, fue por no cumplir las siguientes condiciones:

- Laboran informalmente.
- Que no están en actividad.
- Que se niegan en participar del presente proyecto de investigación.
- Que realizan tratamientos a sus efluentes.
- Que recirculen o reúsen sus efluentes.

#### **Muestra**

La muestra estuvo compuesta por 150 litros de los efluentes generados por las piscícolas del fundo "La Unión" en el sector de Bello Horizonte, de las cuales se distribuyó para análisis de

laboratorio y para el tratamiento en 6 estanques.

### **Muestreo**

La investigación tuvo un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, debido a que los investigadores eligieron el lugar donde la prueba piloto se desarrolló.

### **Unidad de análisis**

El efluente generado por la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte, 2020.

### **Validez**

Para otorgar la validez a los instrumentos de recolección de datos se trabajó con 2 profesionales de especialidad y 1 profesional en metodología.

Dr. Andy Lozano Chung – Especialista en Monitoreo Ambiental

Dr. Froy Torres Delgado – Especialista en Gestión de los Recursos Hídricos.

Dr. Ana Noemí Vergara Sandoval – Especialista en Metodología de la Investigación.

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

### **Técnicas**

Observación experimental ya que se consignó información obtenida de los trabajos de campo y monitoreos con resultados cuantitativos, señalando los puntos de muestreo, los frascos etiquetados con su código de identificación.

### **Instrumentos**

- ***La Ficha de Registro Diario***, este instrumento permitió anotar

aquellos datos que se obtuvieron de la medición con el multiparámetro cada 72 horas, establecidos por los investigadores, durante el tratamiento aplicado a los efluentes (Ver Figura 30 y 31).

- **La Ficha de Registro de Campo**, en el cual se registró los datos del muestreo en campo, todo lo relevante a la piscícola de donde se obtuvo la muestra, además del primer análisis del efluente con multiparámetro (Ver Figura 32).
- **Cadena de custodia**, puesto que se pudo garantizar integridad de la muestra, pues todos los datos que se obtengan del análisis con el multiparámetro (pH, OD, C.E y Temperatura) y los resultados de laboratorio (AyG, SST, DBO<sub>5</sub>, Nitratos y Fosfatos) estuvieron registrados en el formato proporcionado por el laboratorio ALS LS PERU S.A.C (Ver Figura 33 y 34).
- **El Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor**, según RM N° 293 - 2013 - PRODUCE, el cual menciona la manera correcta de la recolección de datos, además de los valores y/o cantidades necesarias para la evaluación de los parámetros a medir, establecidos en el proyecto de investigación.
- **Manual N° 5 MEDICIÓN DE AGUA – MINAGRI**, se utilizó para el cálculo del caudal del efluente mediante el método del flotador.

### 3.5 Procedimientos

El proyecto se desarrolló a escala piloto, se hizo el análisis de los efluentes pre y post tratamiento. A continuación, se mencionan las etapas del desarrollo:

#### 3.5.1. Primera etapa (Reconocimiento, toma de muestra y datos de campo)

Se visitó el fundo “La Unión” ubicado en el sector Bello Horizonte, distrito de la Banda de Shilcayo (Figura 1), para la

recolección de datos, los cuales se registraron en la ficha de registro de campo (Figura 32). A continuación, se mencionan las actividades:



**Figura 1:** *Fundo “La Unión” – Sector Bello Horizonte*  
Fuente: *Google Earth*

- **Selección de puntos:** Teniendo en cuenta la captación de agua y salida de los vertimientos de las piscigranjas se seleccionaron 6 puntos de muestreo (Figura 2), cuyas coordenadas fueron registrados con un equipo GPS marca GARMIN, modelo Montana 610 (Tabla 3).

**Tabla 2:** *Coordenadas de los puntos de muestreo.*

Puntos	Coordenadas	
	Norte	Este
Qpuca 1	0349372	9283177
Qpuca 2	0355988	9279590
Cpuca 1	0356005	9279579
Vert 01	0356035	9279560

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*



**Figura 2:** Georreferenciando el lugar de estudio con el GPS marca GARMIN modelo Montana 610  
Fuente: Elaborado por los autores.

- **Medición del caudal:** Para obtener el caudal y volumen del efluente generado por la piscícola, se empleó el método del flotador de acuerdo al Manual N° 5 Medición de Agua – MINAGRI, donde se usó 1 wincha, 1 pelota de tecnopor, 2 pares de guantes, 1 cronometro y cuaderno de campo; para el cual se utilizó la fórmula del caudal:

$$Q = F_c \times A \times (L/T), \text{ donde:}$$

Q= Caudal, en m<sup>3</sup>/s

F<sub>c</sub>= Factor de corrección

A= Área, en m<sup>2</sup>

L= Longitud entre el punto A y B en metros

T= Tiempo promedio en segundos

Donde el factor de corrección estuvo determinado en el manual del MINAGRI, el cual se observa a continuación:

**Tabla 3:** *Valores del Factor de Corrección*

<b>TIPO DE CAUCE</b>	<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm	0.8
Canal en Tierra, profundidad del agua > 15 cm	0.7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0.5
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm	0.25 – 0.5

Fuente: *Manual N°5 Medición del agua – MINAGRI*

Además de la fórmula para el cálculo del volumen:

$$V = Q \times T, \text{ donde:}$$

Q= Caudal, en m<sup>3</sup>/s

T= Tiempo promedio en segundos



**Figura 3:** *Medición del ancho del efluente*  
Fuente: *Elaborado por los autores.*



**Figura 4:** *Medición de la longitud del tramo, del punto A al punto B.*  
Fuente: *Elaborado por los autores.*





**Figura 5:** *Medición de la profundidad.*  
Fuente: *Elaborado por los autores.*



**Figura 6:** *Recorrido del flotador del tramo, del punto A al B.*  
Fuente: *Elaborado por los autores.*

**- Cálculo del caudal y volumen del efluente.**

La obtención del caudal y volumen del efluente se desarrolló de la siguiente manera:

- **Cálculo del área**

**Tabla 4:** *Datos de campo del efluente*

Espacios	metros	Profundidad	Cantidad (m)
e 0	0	h 0	0
e 1	0.19	h 1	0.06
e 2	0.19	h 2	0.09
e 3	0.19	h 3	0.05
e 4	0	h 4	0

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

La fórmula para calcular el área es:  $\frac{(h_0+h_1)}{2} * e$

**Tabla 5:** *Cálculo del área total (m<sup>2</sup>)*

Espacios	Metros	Profundidad	Cantidad (m)	Área Parcial
e 0	0	h 0	0	0
e 1	0.19	h 1	0.06	0.0057
e 2	0.19	h 2	0.09	0.00143
e 3	0.19	h 3	0.05	0.0133
e 4	0	h 4	0	0.0048
Área total (m <sup>2</sup> )				<b>0.038</b>

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

Área total = 0.038 m<sup>2</sup>

- **Longitud del tramo, del punto A al B = 5.30 m**
- **Cálculo del tiempo promedio**

**Tabla 6:** *Tiempo promedio*

Tiempo	Segundos
T1	19.79
T2	14.65
T3	15.55
T4	13.02
T5	16.54
Tiempo Promedio	15.91

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

Tiempo promedio = 15.91 segundos

**Reemplazo en la fórmula:**

$$Q = 0.3 \times 0.038 \times 0.33$$

$$Q = 0.003762 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 3.762 \text{ L/s}$$

**Cálculo de caudal por día**

$$3.762 \text{ L} = 1\text{s}$$

$$X = 86\,400\text{s}$$

$$X = 325036.8 \text{ L/día}$$

$$X = 325.04 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Evaluación in situ:** Se realizó una evaluación de los parámetros *in situ* (OD, Temperatura, pH y CE) del efluente con el Multiparámetro marca HANNA, modelo HI 9828.
- **Datos de campo con el Multiparámetro de los puntos de muestreo.**

**Tabla 7:** Resultados obtenidos con el Multiparámetro

Punto de muestreo	pH	O.D	CE	Temperatura
CPuca1	7.13	210.3 %	101 $\mu\text{s}/\text{cm}$	23.1 °C
QPuca1	6.66	255.3 %	127 $\mu\text{s}/\text{cm}$	23.91 °C
QPuca2	6.35	250.6 %	122 $\mu\text{s}/\text{cm}$	25.11 °C
Vert01	6.98	185.5 %	115 $\mu\text{s}/\text{cm}$	27.43 °C
Reser	5.00	137.8 %	184 $\mu\text{s}/\text{cm}$	25.67 °C

**Fuente:** Elaborado por los autores.

- **Muestreo:** Se realizó la toma de muestra del efluente de la piscícola (de acuerdo a la RM N° 293 - 2013 - PRODUCE), para el cual se usaron envases del tipo P.V y V (ámbar y boca abierta), además de las consideraciones de preservación ( $H_2SO_4$  pH < 2. Refrigerar 6°C) (Tabla 2), estas muestras se enviaron al laboratorio ALS LS PERU S.A.C en la ciudad de Lima para su posterior análisis de los parámetros Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, SST, Nitratos y Fosfatos.



**Figura 7:** Muestreo de Aceites y Grasas  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

**Tabla 8:** Consideraciones para muestreo

DESCRIPCIÓN	FRASCOS	CANTIDAD DE MUESTRA	PRESERVANTE
Aceites y Grasas	V (ámbar y boca ancha)	250 ml	Añadir $H_2SO_4$ pH < 2. Refrigerar 6°C
DBO <sub>5</sub>	P.V	250 ml	Refrigerar ≤ 6°C
SST	P.V	1000 ml	Refrigerar ≤ 6°C
Nitratos	P.V	60 ml	Refrigerar ≤ 6°C
Fosfatos			

**Fuente:** Laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C

- **Evaluación:** Se evaluaron los parámetros *in situ* (OD, Temperatura, pH y CE) y la toma de muestra de la quebrada Pucayacu, de acuerdo a la RJ N° 010-2016-ANA.



**Figura 8:** *Medición de los parámetros in situ con el Multiparámetro*

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*



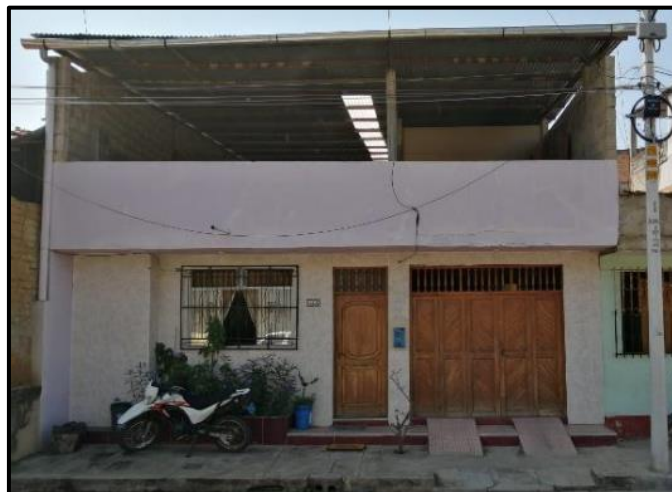
**Figura 9:** *Muestreo de Aceites y Grasas*

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

- Los valores obtenidos en la evaluación de parámetros de campo y de laboratorio fueron comparados con la normativa D.S N° 010 – 2018 – MINAM, para determinar el cumplimiento o incumplimiento de la misma.

### 3.5.2. Segunda etapa (Elaboración y aplicación del sistema de biofiltro, evaluación de parámetros *in situ* y toma de muestras)

- Se acondicionó el lugar de experimentación para la elaboración del sistema de biofiltro (Figura 10), donde se construyó 6 estanques de vidrio (Figura 11), con dimensiones 50 cm x 40 cm x 40 cm, con 2 orificios: el primero de 2 cm de diámetro ubicado en la parte frontal a 10 cm de la base del centro del estanque y el segundo de 1.5 cm de diámetro ubicado a 25 cm de la base del centro del estanque, posteriormente se instalaron las conexiones con tubo PCV de  $\frac{1}{2}$ " , para unificar el sistema, desde el filtrado, pasando al reservorio y distribuyéndose a los 6 estanques donde se desarrolló el tratamiento biológico.



**Figura 10:** Lugar de experimentación para el desarrollo del proyecto – Tarapoto

**Fuente:** Elaborado por los autores.



**Figura 11:** Estanque de vidrio 40 cm x 40 cm x 50 cm  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

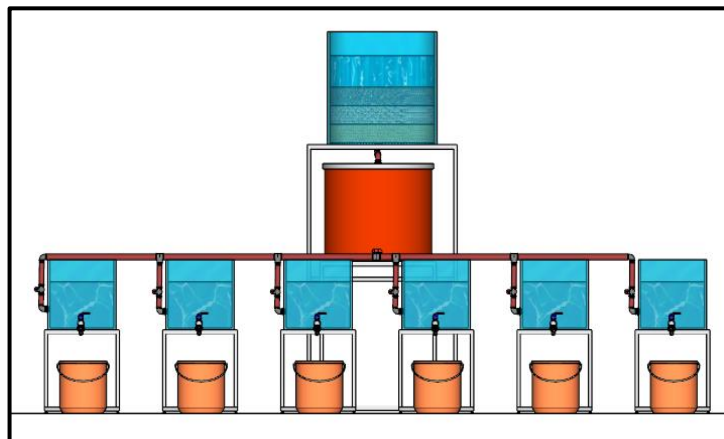
- Se recolectaron las especies macrófitas (*Lemna minor* y *Pistia stratiotes*) de la Laguna Ricuricocha, para adaptarlas a un ecosistema artificial.

**Tabla 9:** Taxonomía de la *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*

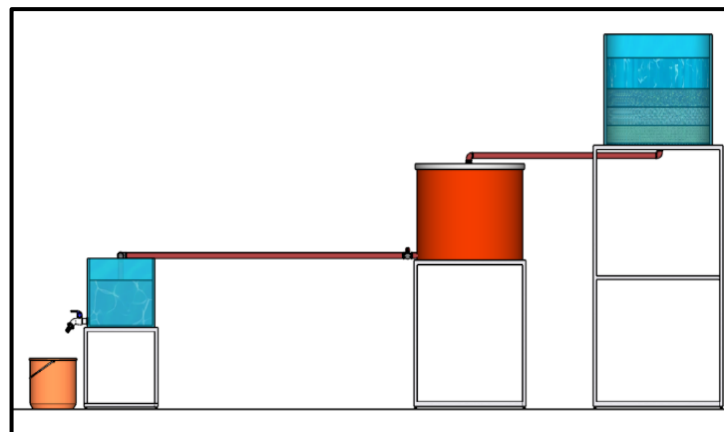
Tipo	Descripción	Imagen
<i>Pistia stratiotes</i> (Repollito de agua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reino: Plantae</li> <li>• Familia: Araceae</li> <li>• Género: <i>Pistia</i></li> <li>• Especie: <i>Pistia stratiotes</i></li> </ul>	
<i>Lemna minor</i> (Lenteja de agua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reino: Plantae</li> <li>• Familia: Araceae</li> <li>• Género: <i>Lemna</i></li> <li>• Especie: <i>Lemna minor</i></li> </ul>	

**Fuente:** Ramírez y Paredes, 2019. p. 40.

- El proceso de biofiltrado se desarrolló en 2 etapas; la primera de filtración, se dio en un balde de 70 litros (el cual tuvo como componentes filtrantes la grava gruesa y fina y arena fina), donde se ingresó los 150 litros de muestra, con un filtrado constante; estas aguas pasaron a un reservorio de 90 litros con salida constante hacia la segunda etapa de tratamiento biológico.

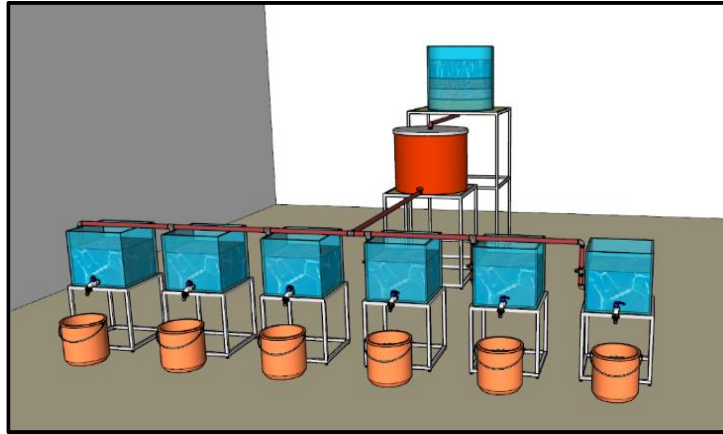


**Figura 12:** Vista frontal 2D del sistema de biofiltro.  
Fuente: Software 2D

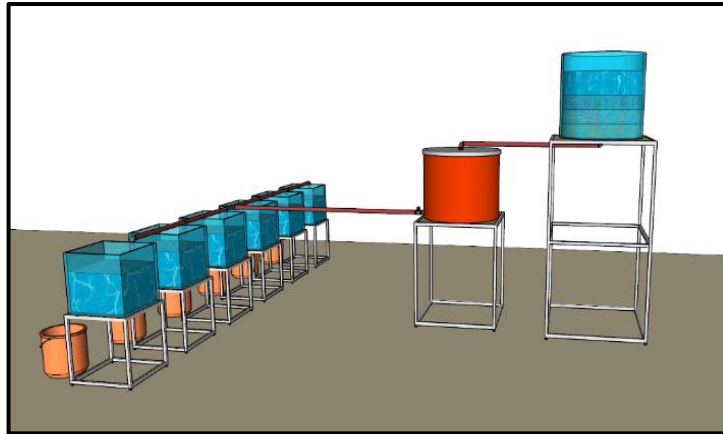


**Figura 13:** Vista lateral 2D del sistema de biofiltro.  
Fuente: Software 2D





**Figura 14:** *Vista frontal 3D del sistema de biofiltro.*  
**Fuente:** *Software 3D*



**Figura 15:** *Vista lateral 3d del sistema de biofiltro.*  
**Fuente:** *Software 3D*



**Figura 16:** *Vista frontal del sistema de biofiltro*  
**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

- La segunda etapa, se desarrolló en los estanques con 20 litros de muestra cada una, estos se dividieron en 3 tratamientos por cada especie, distribuyendo a la *Lemna minor* por el porcentaje de espacio foliar que ocupa la *Pistia stratiotes*, en cambio esta última especie se distribuyó en cantidad de individuos, 5, 10 y 15.



**Figura 17:** *Distribución de la Pistia stratiotes en el estanque*  
**Fuente:** *Elaborado por los autores.*



**Figura 18:** *Distribución de la Lemna minor*  
**Fuente:** *Elaborado por los autores.*



**Figura 19:** Sistema de biofiltro completo en funcionamiento.  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

- Se evaluaron los parámetros *in situ* (OD, pH, Temperatura y CE) del grupo de control (Reservorio) con el equipo Multiparámetro, posteriormente se realizó la toma de muestra, la cual se envió al laboratorio ALS LS PERU S.A.C y estuvieron registrados en la cadena de custodia (Ver Figura 24).



**Figura 20:** Medición de los parámetros *in situ* con el Multiparámetro  
**Fuente:** Elaborado por los autores.



**Figura 21:** Muestreo del agua del reservorio  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

### 3.5.3. Tercera etapa (Control y evaluación del tratamiento)

- Se realizó un análisis de los parámetros *in situ* (OD, pH, Temperatura y CE) de los 6 tratamientos con una frecuencia de 72 horas con el equipo Multiparámetro marca HANNA modelo HI 9828, anotando los datos en la ficha de registro diario (Ver Figura 30 y 31); con la finalidad de determinar variaciones en las diversas concentraciones de lo evaluado.



**Figura 22:** Análisis de parámetros en el sistema de la macrófita *Pistia stratiotes*.  
**Fuente:** Elaborado por los autores.



**Figura 23:** Análisis de parámetros en el sistema de la macrófita *Lemna minor*.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

- Además, se determinó el tiempo óptimo de tratamiento de cada especie, el cual consistió en conocer qué día de tratamiento se obtuvieron resultados sin variabilidad, logrando una uniformidad de los parámetros.
- Finalmente se tomó muestras de los parámetros (pH, OD, Temperatura y CE) en campo y para laboratorio del post tratamiento de cada estanque, las cuales se enviaron al laboratorio para su análisis final. Los datos se registraron en la cadena de custodia.



**Figura 24:** Toma de muestra post tratamiento de la especie *Pistia stratiotes*

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*



**Figura 24:** Toma de muestra post tratamiento de la especie *Lemna minor*

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

#### 3.5.4. Cuarta etapa (Gabinete)

- Revisión de pruebas estadísticas.
- Redacción del informe en base al análisis y evaluación obtenidos del trabajo realizado.

### 3.6 Métodos de análisis de datos

- Se tabularon los resultados que se obtuvieron de laboratorio y campo, pre y post tratamiento, las cuales fueron procesadas para su posterior interpretación en el programa IBM SPSS 24.
- Con los resultados obtenidos post tratamiento, se determinó la eficiencia del sistema de biofiltros respecto al tratamiento de los efluentes generados por la piscícola en el sector Bello Horizonte, esto mediante la fórmula de eficiencia que está determinada por:  
$$\frac{\text{Concentración del afluente} - \text{Concentración del efluente}}{\text{Concentración del afluente}} \times 100$$
, mediante el cual se obtuvo el resultado de la eficiencia en porcentaje de los 6 estanques a evaluar.
- Se usó el diseño estadístico DBCA para organizar los grupos experimentales y sus respectivos tratamientos, para luego mediante la prueba estadística T-Student analizar la varianza de las medias.

### 3.7 Aspectos éticos

Para la elaboración del proyecto se tuvo en cuenta la Guía de Productos Observables de la Universidad César Vallejo, donde está establecido el formato del proyecto de investigación, se recopiló información de fuentes bibliográficas, tanto a nivel internacional, nacional y local, respetando siempre los derechos de autor, de esta manera enriquecer los saberes e información necesarias para el desarrollo del proyecto. Para el trabajo en laboratorio será necesario apoyarse de las normas de bioseguridad, además del uso de la guía de protocolo para el monitoreo de efluentes emitido por PRODUCE que permitirá prevenir peligros durante el trabajo de gabinete, los resultados obtenidos a partir del laboratorio, observaciones y fichas utilizadas, no serán alteradas con el fin de que la investigación sea formal y pueda ser útil al público lector.

Para otorgar mayor confiabilidad a la investigación por parte de los investigadores, se cuenta con la aprobación de la evaluación de la Conducta Responsable de Investigación que otorga el CONCYTEC, para el cual se siguió todos los lineamientos establecidos para su aprobación, concluyendo satisfactoriamente la evaluación.



#### IV. RESULTADOS

En la investigación se tuvieron dos especies, la primera especie fue la *Pistia stratiotes* y como segunda especie la *Lemna minor*, se desarrolló en estanques con 20 litros de muestra cada una, estos se dividieron en 3 tratamientos por cada especie, distribuyendo a la *Lemna minor* por el porcentaje de espacio foliar que ocupa la *Pistia stratiotes*, en cambio esta última especie se distribuyó en cantidad de individuos, 5, 10 y 15.

#### Caracterización del efluente pre post tratamiento de la piscícola

- Valores de los parámetros analizados del efluente de la piscícola, antes de la aplicación del tratamiento.

**Tabla 10:** Análisis del efluente pre tratamiento

Parámetros	Unidad	Valores	*LMP <sub>1</sub>	**LMP <sub>2</sub>
Oxígeno Disuelto	%	185.5		7.5 - 12
Conductividad Eléctrica	µs/cm	115		2000
Temperatura	°C	27.43		<3 <sup>b</sup>
pH	-	6.98	5-9	
Aceites y Grasas	Mg/L	0.723	350	
SST	Mg/L	758.48	700	
DBO <sub>5</sub>	Mg/L	16.7		50
Nitratos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	0.552		10
Fosfatos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	1.76		2

**Fuente:** Elaborado por los autores

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)

Se obtuvo que el valor del parámetro de SST en quien sobrepasa el valor definido por la norma (D.S N° 010-2018-MINAM), además que presenta un pH neutro, una cantidad de O.D necesaria para la actividad, mientras que se nota que el parámetro de Aceites y Grasas, Nitratos y Fosfatos es escasa en este efluente de la actividad piscícola.

- Valores de los parámetros evaluados del efluente del piscícola post tratamiento.

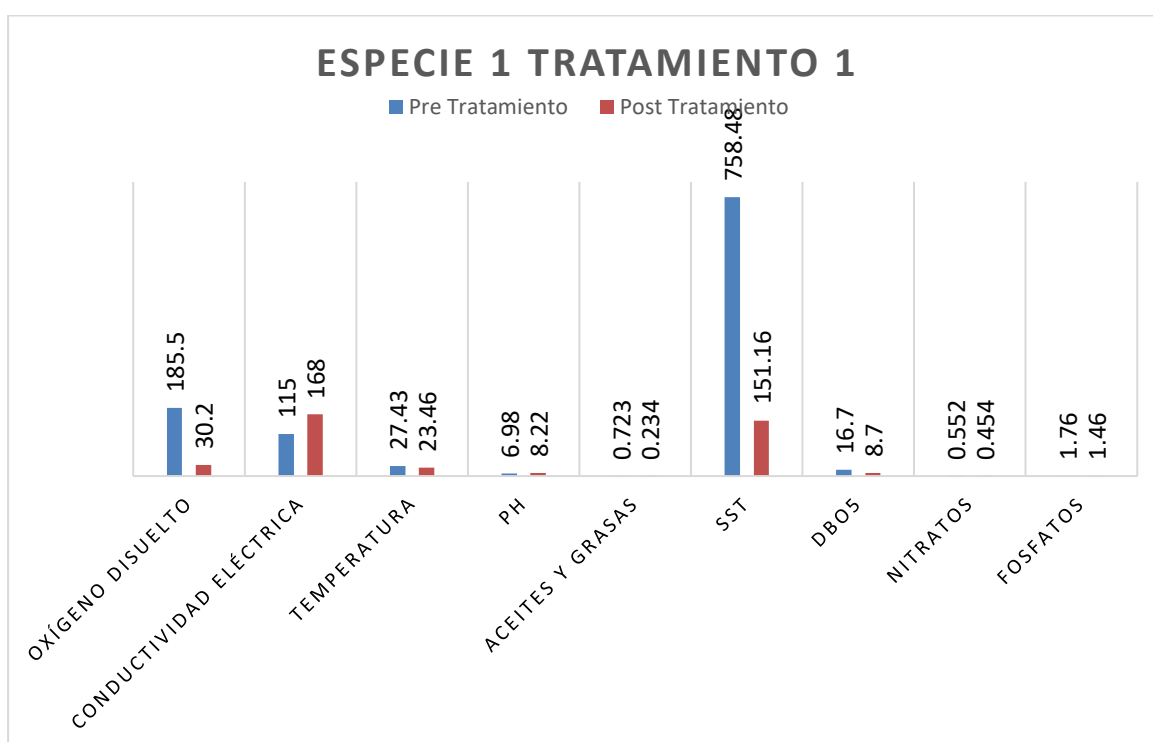
**Tabla 11: Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 1**

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
<i>Pistia stratiotes</i>	1	Oxígeno Disuelto	%	30.2		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	µs/cm	168		2000
		Temperatura	°C	23.46		<3 <sup>b</sup>
		pH		8.22	5-9	
		Aceites y Grasas	Mg/L	0.234	350	
		SST	Mg/L	151.16	700	
		DBO <sub>5</sub>	Mg/L	8.7		50
		Nitratos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0.454		10
		Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	1.46		2

**Fuente:** Elaborado por los autores

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 24: Valores de los parámetros especie 1 tratamiento 1**

**Fuente:** Elaborado por los autores.

**Interpretación:**

En el tratamiento 1 de la especie 1, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se obtuvo una reducción significativa en los valores de los parámetros de Oxígeno

Disuelto y SST de 83.72% y 80.07% respectivamente, a diferencia de los valores de Aceites y Grasas y DBO<sub>5</sub> donde su variación no es tan significativa, pues se logró una disminución media de 67.63%, 47.90%, y en los valores de Nitratos y Fosfatos la disminución fue baja, se obtuvo 17.75% y 17.05% respectivamente; sin embargo, en los valores de Conductividad Eléctrica y pH, aumentaron 53  $\mu$ s/cm y 1.24 respectivamente.

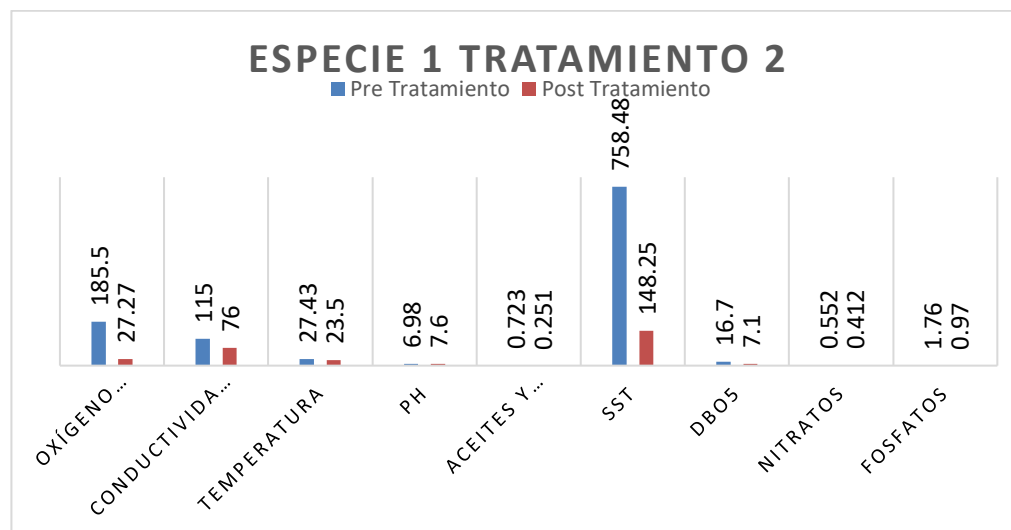
**Tabla 12:** Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 2

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
<i>Pistia stratiotes</i>	2	Oxígeno Disuelto	%	27.27		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	$\mu$ s/cm	76		2000
		Temperatura	°C	23.50		<3 <sup>b</sup>
		pH	-	7.60		5-9
		Aceites y Grasas	Mg/L	0,251		350
		SST	Mg/L	148,25		700
		DBO <sub>5</sub>	Mg/L	7,1		50
		Nitratos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	0,412		10
		Fosfatos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0,97		2

**Fuente:** Elaborado por los autores.

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 25:** Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 2

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### Interpretación:

En el tratamiento 2 de la especie 1, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se obtuvo una reducción significativa en los valores de los parámetros de Oxígeno Disuelto y SST de 85.30% y 80.45% respectivamente, a diferencia de los valores de Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, Fosfatos y Conductividad Eléctrica, su variación no es tan significativa, se logró una disminución media de 65.28%, 57.49%, 44.89% y 33.91%, y en el valor de Nitratos la disminución fue baja pues se obtuvo 25.36%; sin embargo, en el parámetro de pH, aumentó el valor en 0.62.

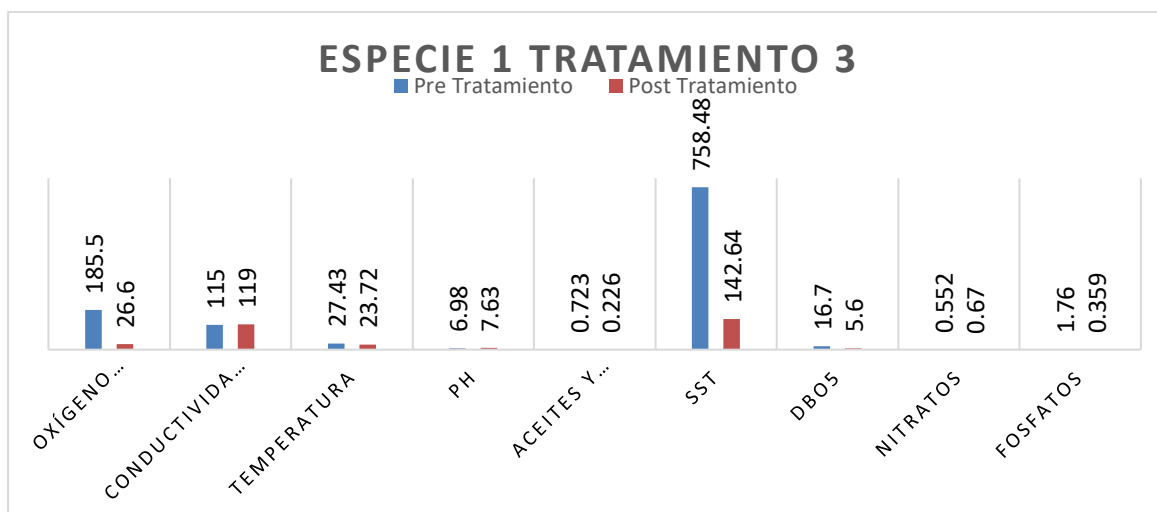
**Tabla 13:** *Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 3*

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
<i>Pistia stratiotes</i>	3	Oxígeno Disuelto	%	26.6		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	µs/cm	119		2000
		Temperatura	°C	23.72		<3 <sup>b</sup>
		pH	-	7.63	5-9	
		Aceites y Grasas	Mg/L	0,226	350	
		SST	Mg/L	142,64	700	
		DBO <sub>5</sub>	Mg/L	5,6		50
		Nitratos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	0,67		10
		Fosfatos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0,359		2

**Fuente:** *Elaborado por los autores*

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 26:** Valores post tratamiento Especie 1 Tratamiento 3  
**Fuente:** Elaborado por los autores.

**Interpretación:**

En el tratamiento 3 de la especie 1, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se obtuvo una reducción significativa en los valores de los parámetros de Oxígeno Disuelto y SST, del 85.66% y 80.7% respectivamente, a diferencia de los valores de Aceites y Grasas, Conductividad Eléctrica y DBO<sub>5</sub>, Fosfatos y su variación no es tan significativa, se logró una disminución media de 67.63%, 65.28% y 47.90% respectivamente, y en los valores de Nitratos y Fosfatos la disminución fue baja pues se logró un 17.75% y 17.05%; sin embargo, en el parámetro de pH, aumentó el valor en 0.65.

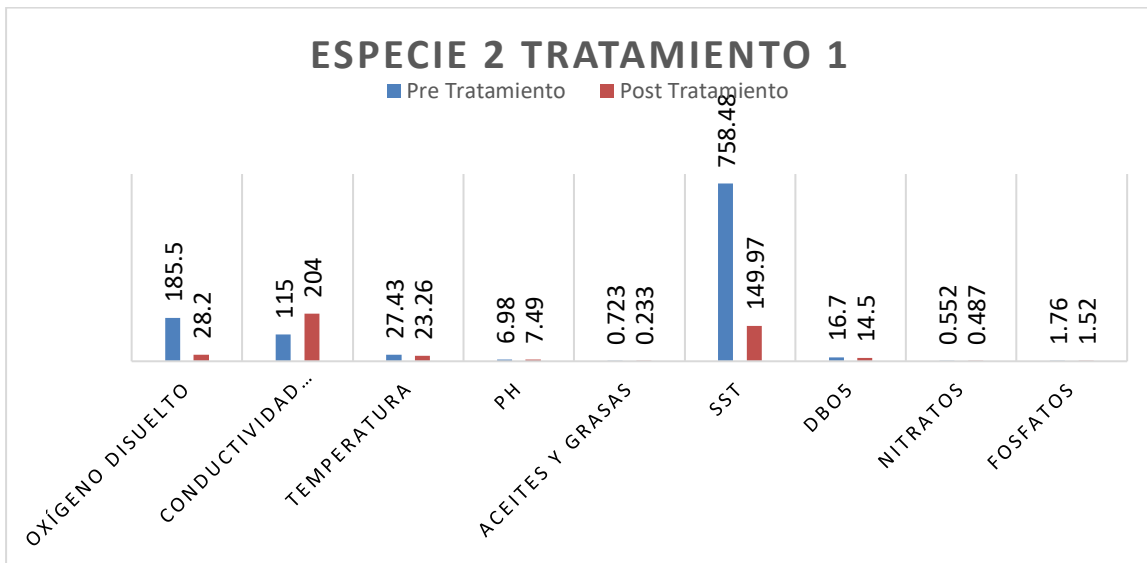
**Tabla 14:** Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 1

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
Lemna minor	1	Oxígeno Disuelto	%	28.2		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	µs/cm	204		2000
		Temperatura	°C	23.26		<3 <sup>b</sup>
		pH	-	7.49	5-9	
		Aceites y Grasas	Mg/L	0,233	350	
		SST	Mg/L	149,97	700	
		DBO <sub>5</sub>	Mg/L	14,5		50
		Nitratos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	0,487		10
		Fosfatos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	1,52		2

**Fuente:** Elaborado por los autores

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 27:** Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 1

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### Interpretación:

En el tratamiento 1 de la especie 2, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se logró la reducción significativa de los valores de los parámetros de Oxígeno Disuelto y SST, donde se consiguió una alta disminución del 84.80% y 80.22% respectivamente, a diferencia del valor de Aceites y Grasas donde su variación no es tan significativa, se logró una remoción media de 67.77%, y en los valores de Fosfatos, DBO<sub>5</sub> y Nitratos, la remoción fue baja pues se logró un 13.64% y 13.17% y 11.77% respectivamente; sin embargo, en los parámetro de Conductividad Eléctrica y pH, aumentó los valores en 89  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y 0.65 respectivamente.

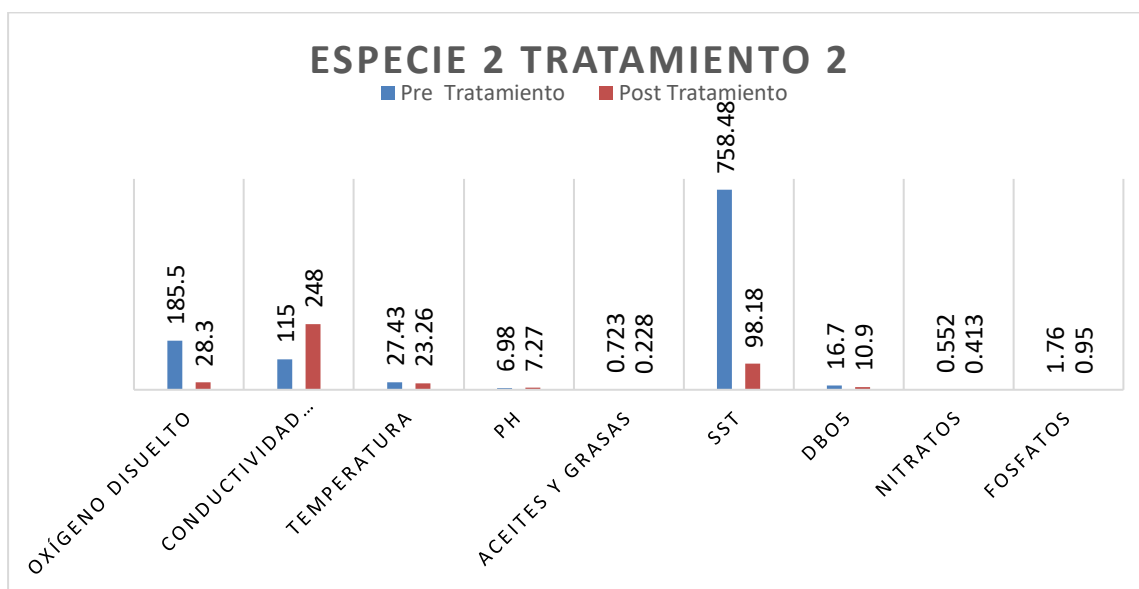
**Tabla 15: Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 2**

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
<i>Lemna minor</i>	2	Oxígeno Disuelto	%	28.2		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	µs/cm	248		2000
		Temperatura	°C	23.26		<3 <sup>b</sup>
		pH	-	7.27	5-9	
		Aceites y Grasas	Mg/L	0,228	350	
		SST	Mg/L	98,18	700	
		DBO5	Mg/L	10,9		50
		Nitratos	mg PO4-3-P/L	0,413		10
		Fosfatos	mg NO3-N/L	0,95		2

**Fuente:** Elaborado por los autores

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 28: Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 2**

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### Interpretación:

En el tratamiento 2 de la especie 2, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se logró la reducción significativa de los valores de los parámetros de SST y Oxígeno Disuelto, donde se consiguió una alta disminución del 87.06% y 84.80% respectivamente, a diferencia de los valores de Aceites y Grasas, Fosfatos

y DBO<sub>5</sub>, donde su variación no es tan significativa, se logró una remoción media de 68.46%, 46.02% y 34.73%, y en el valor de Nitratos, la remoción fue baja pues se logró un 25.18%; sin embargo, en los parámetros de Conductividad Eléctrica y pH, aumentó los valores en 133  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y 0.29 respectivamente.

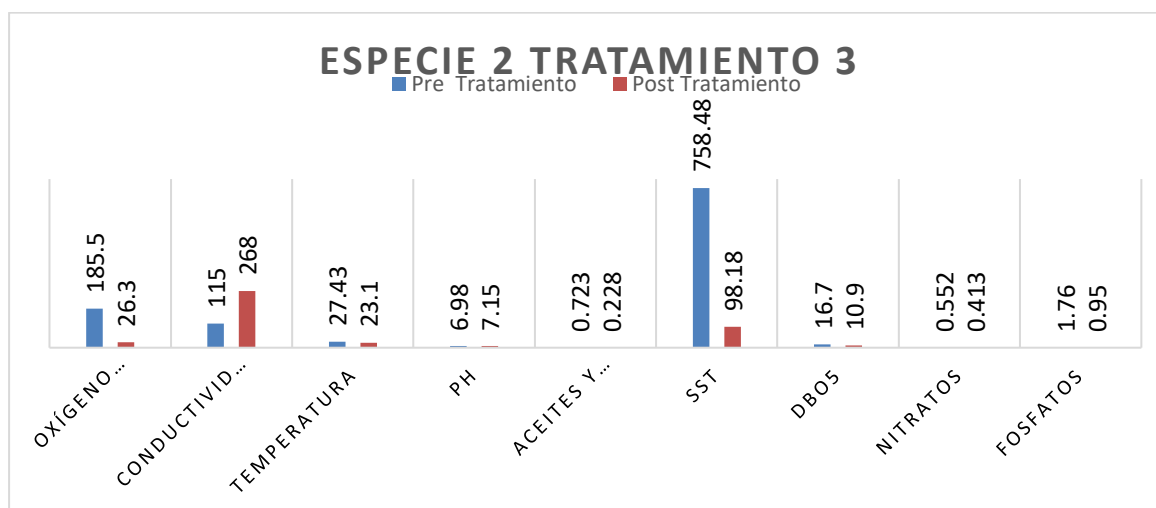
**Tabla 16:** Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 3

Especie	Tratamiento	Parámetros	Unidad	Valores	LMP <sub>1</sub>	LMP <sub>2</sub>
<i>Lemna minor</i>	3	Oxígeno Disuelto	%	26.3		7.5 - 12
		Conductividad Eléctrica	$\mu\text{s}/\text{cm}$	268		2000
		Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	23.10		<3 <sup>b</sup>
		pH	-	7.15		5-9
		Aceites y Grasas	Mg/L	0,228		350
		SST	Mg/L	98,18		700
		DBO <sub>5</sub>	Mg/L	10,9		50
		Nitratos	mg PO <sub>4</sub> -3-P/L	0,413		10
		Fosfatos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0,95		2

**Fuente:** Elaborado por los autores

\* LMP<sub>1</sub> en la norma peruana (D.S N° 010-2018-MINAM)

\*\* LMP<sub>2</sub> en norma extranjera (Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento del pescado-Grupo del Banco Mundial)



**Figura 29:** Valores post tratamiento Especie 2 Tratamiento 3

**Fuente:** Elaborado por los autores.

### Interpretación:

En el tratamiento 3 de la especie 2, se demuestra que en cuanto a los parámetros referenciales, el que sobre pasa la norma internacional es el



Oxígeno Disuelto, además, con respecto a la norma peruana el que sobre pasa los valores es el parámetro SST; tras el tratamiento se logró la disminución significativa de los valores de los parámetros de SST y Oxígeno Disuelto, donde se consiguió una alta disminución del 87.06% y 85.82% respectivamente, a diferencia de los valores de Aceites y Grasas, Fosfatos y DBO<sub>5</sub>, donde su variación no es tan significativa, se logró una remoción media de 68.46%, 46.02% y 34.73%, y en el valor de Nitratos, la remoción fue baja pues se logró un 25.18%; sin embargo, en los parámetros de Conductividad Eléctrica y pH, aumentó los valores en 153  $\mu\text{s/cm}$  y 0.17 respectivamente.

### Análisis Estadístico

#### 1. Prueba pre test de los grupos y tratamientos según el diseño DBCA.

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, planteamos la siguiente hipótesis:

H<sub>0</sub>: Como el valor de la significancia (sig.) es mayor o igual a 0.05, aceptamos que no hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son homogéneos.

H<sub>a</sub>: Como el valor de la significancia (sig.) es menor a 0.05, aceptamos que si hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son heterogéneos.

##### 1.1. Prueba pre test para el pH.

**Tabla 17:** *Matriz DBCA para el pH.*

DBCA	GRUPOS		
	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
<b>Tratamiento 1</b>	6,98	6,90	6,98
<b>Tratamiento 2</b>	6,98	7,00	7,01
<b>Tratamiento 3</b>	6,98	7,20	6,93

**Fuente:** *Elaborado por los autores*

### Interpretación:

En la tabla 17, se muestra los valores obtenidos del pH al inicio del experimento, el cual nos debe proporcionar homogeneidad en los resultados que es el principio de investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores.

**Tabla 18:** Resultados pre test para el pH - DBCA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,017 <sup>a</sup>	4	,004	,428	<b>,784</b>
Intersección	440,440	1	440,440	44588,994	,000
Grupos	,006	2	,003	,328	<b>,738</b>
Tratamientos	,010	2	,005	,528	<b>,626</b>
Error	,040	4	,010		
Total	440,497	9			
Total corregida	,056	8			

**Fuente:** Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,784); de los grupos (0,738) y los tratamientos (0,626), son mayores al error (0,05); entonces aceptamos la hipótesis nula, de que no hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son homogéneos para el pH.

### 1.2. Prueba pre test para Aceites y grasas.

**Tabla 19:** Matriz DBCA para Aceites y grasas.

DBCA	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
Tratamiento 1	0,72	0,71	0,71
Tratamiento 2	0,72	0,72	0,71
Tratamiento 3	0,72	0,71	0,72

**Fuente:** Elaborado por los autores

### Interpretación:

En la tabla 19, se muestra los valores obtenidos de aceites y grasas al inicio del experimento, el cual nos debe proporcionar

homogeneidad en los resultados que es el principio de investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores.

**Tabla 20: Resultados pre test para Aceites y grasas – DBCA.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,000 <sup>a</sup>	4	2,778E-05	1,000	<b>,500</b>
Intersección	4,608	1	4,608	165894,400	,000
Grupos	8,889E-05	2	4,444E-05	1,600	<b>,309</b>
Tratamientos	2,222E-05	2	1,111E-05	,400	<b>,694</b>
Error	,000	4	2,778E-05		
Total	4,608	9			
Total corregida	,000	8			

**Fuente:** Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

#### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,500); de los grupos (0.309) y los tratamientos (0.694), son mayores al error (0.05); entonces aceptamos la hipótesis nula, de que no hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son homogéneos para Aceites y grasas.

#### 1.3. Prueba pre test para SST.

**Tabla 21: Matriz DBCA para SST.**

DBCA	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
Tratamiento 1	424,40	423,90	423,98
Tratamiento 2	424,40	424,38	424,22
Tratamiento 3	424,40	424,35	424,38

**Fuente:** Elaborado por los autores

#### Interpretación:

En la tabla 21, se muestra los valores obtenidos de SST al inicio del experimento, el cual nos debe proporcionar homogeneidad en los resultados que es el principio de investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores.

**Tabla 22:** Resultados pre test para SST – DBCA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,219 <sup>a</sup>	4	,055	2,547	,194
Intersección	1620028,325	1	1620028,325	75428116,545	,000
Grupos	,079	2	,040	1,841	,271
Tratamientos	,140	2	,070	3,253	,145
Error	,086	4	,021		
Total	1620028,630	9			
Total corregida	,305	8			

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,194); de los grupos (0.271) y los tratamientos (0.145), son mayores al error (0.05); entonces aceptamos la hipótesis nula, de que no hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son homogéneos para SST.

## 2. Prueba post test de los grupos y tratamientos según el diseño DBCA.

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, planteamos la siguiente hipótesis:

Ho: Como el valor de la significancia (sig.) es mayor o igual a 0.05, aceptamos que no hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son homogéneos.

Ha: Como el valor de la significancia (sig.) es menor a 0.05, aceptamos que si hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son heterogéneos.

### 2.1. Prueba post test para el pH.

**Tabla 23:** Matriz DBCA para el pH.

DBCA	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
Tratamiento 1	6,90	8,22	7,49
Tratamiento 2	6,90	7,60	7,27
Tratamiento 3	6,90	7,63	7,15

Fuente: Elaborado por los autores

### Interpretación:

En la tabla 23, se muestra los valores obtenidos del pH al final del experimento, el cual nos debe proporcionar heterogeneidad en los resultados que es el objetivo de esta investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores para testear las posibles diferencias entre grupos y tratamientos.

**Tabla 24:** Resultados post test para el pH – DBCA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,442 <sup>a</sup>	4	,360	11,218	,019
Intersección Grupos	484,880	1	484,880	15089,639	,000
Tratamientos	1,266	2	,633	19,706	,008
Error	,175	2	,088	2,729	,179
Total	,129	4	,032		
Total corregida	486,451	9			
	1,570	8			

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,019) es menor al error (0.05); rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos la hipótesis alterna de que si hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son heterogéneos, podemos observar para el valor de significancia de los grupos (0.008) el cual nos indica diferencia significativa; y en los tratamientos (0.179), no lo son.

**Tabla 25:** Comparaciones múltiples post test del pH – Método Tukey

(I)Grupos		Sig.	(I)Tratamientos	Sig.
Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	,007	al 10	,249
	<i>Lemna minor</i>	,106	al 15	,201
<i>Pistia stratiotes</i>	Grupo Control	,007	al 5	,249
	<i>Lemna minor</i>	,053	al 15	,977
<i>Lemna minor</i>	Grupo Control	,106	al 5	,201
	<i>Pistia stratiotes</i>	,053	al 10	,977

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

**Interpretación:**

Existe diferencia significativa en la concentración de pH, solo en el grupo control y el grupo *Pistia stratiotes* sig. ( $0.007 < 0.05$ ); En los tratamientos no existe diferencia significativa.

**Tabla 26:** Resumen de promedios del pH

Grupos	Media	Tratamientos	Media
Grupo Control	6,900	al 5	7,537
<i>Pistia stratiotes</i>	7,817	al 10	7,257
<i>Lemna minor</i>	7,303	al 15	7,227

**Fuente:** Elaborado por los autores – SPSS ver. 25

**Interpretación:**

Se llegó a determinar que existe diferencia significativa entre grupos, teniendo el mayor pH el grupo *Pistia stratiotes*; en los tratamientos no hubo diferencia significativa, sin embargo, el mayor promedio de pH se observa en el tratamiento al 5 en forma descriptiva.

## 2.2. Prueba post test para Aceites y grasas.

**Tabla 27:** Matriz DBCA para Aceites y grasas.

DBCA	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
Tratamiento 1	0,72	0,23	0,23
Tratamiento 2	0,72	0,25	0,23
Tratamiento 3	0,72	0,23	0,23

**Fuente:** Elaborado por los autores

**Interpretación:**

En la tabla 27, se muestra los valores obtenidos de aceites y grasas al final del experimento, el cual nos debe proporcionar heterogeneidad en los resultados que es el objetivo de esta investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores para testear las posibles diferencias entre grupos y tratamientos.

**Tabla 28: Resultados post test para aceites y grasas – DBCA**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,474 <sup>a</sup>	4	,118	2665,375	,000
Intersección	1,408	1	1,408	31684,000	,000
Grupos	,474	2	,237	5329,750	,000
Tratamientos	8,889E-05	2	4,444E-05	1,000	,444
Error	,000	4	4,444E-05		
Total	1,882	9			
Total corregida	,474	8			

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,000) es menor al error (0.05); rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos la hipótesis alterna de que si hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son heterogéneos, podemos observar para el valor de significancia de los grupos (0.000) el cual nos indica diferencia significativa; y en los tratamientos (0.444), no lo son.

**Tabla 29: Comparaciones múltiples post test de aceites y grasas – Método Tukey**

(I)Grupos		Sig.	(I)Tratamientos		Sig.
Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	,000	al 5	al 10	,501
	<i>Lemna minor</i>	,000		al 15	1,000
<i>Pistia stratiotes</i>	Grupo Control	,000	al 10	al 5	,501
	<i>Lemna minor</i>	,501		al 15	,501
<i>Lemna minor</i>	Grupo Control	,000	al 15	al 5	1,000
	<i>Pistia stratiotes</i>	,501		al 10	,501

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

### Interpretación:

Existe diferencia significativa en la concentración de aceites y grasas, en los grupos control, grupo *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, sig. (0.000 < 0.05); En los tratamientos no existe diferencia significativa.

**Tabla 30:** Resumen de promedios de aceites y grasas

Grupos	Media	Tratamientos	Media
Grupo Control	,720	al 5	,393
<i>Pistia stratiotes</i>	,237	al 10	,400
<i>Lemna minor</i>	,230	al 15	,393

**Fuente:** Elaborado por los autores – SPSS ver 25

**Interpretación:**

Se llegó a determinar que existe diferencia significativa entre grupos, teniendo las menores concentraciones de aceites y grasas en los grupos *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*; en los tratamientos no hubo diferencia significativa, sin embargo, podemos recalcar el tratamiento al 15%.

2.3. Prueba post test para SST.

**Tabla 31:** Matriz DBCA para SST.

DBCA	Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Lemna minor</i>
Tratamiento 1	420,16	151,16	149,97
Tratamiento 2	420,16	148,25	98,18
Tratamiento 3	420,16	142,64	98,18

**Fuente:** Elaborado por los autores

**Interpretación:**

En la tabla 31, se muestra los valores obtenidos de SST al final del experimento, el cual nos debe proporcionar heterogeneidad en los resultados que es el objetivo de esta investigación científica; es decir que los medios son controlados por los investigadores para testear las posibles diferencias entre grupos y tratamientos.



**Tabla 32:** Resultados post test para SST – DBCA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	169035,674 <sup>a</sup>	4	42258,918	155,714	,000
Intersección	466425,256	1	466425,256	1718,667	,000
Grupos	168295,578	2	84147,789	310,065	,000
Tratamientos	740,095	2	370,048	1,364	,354
Error	1085,551	4	271,388		
Total	636546,480	9			
Total corregida	170121,225	8			

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

### Interpretación:

Como el valor de significancia del modelo (0,000) es menor al error (0.05); rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos la hipótesis alterna de que si hay diferencia significativa entre los grupos o tratamientos de la investigación; los grupos y tratamientos son heterogéneos, podemos observar para el valor de significancia de los grupos (0.000) el cual nos indica diferencia significativa; y en los tratamientos (0.354), no lo son.

**Tabla 33:** Comparaciones múltiples post test de SST – Método Tukey

(I)Grupos	Sig.	(I)Tratamientos	Sig.	
Grupo Control	<i>Pistia stratiotes</i>	al 5	al 10	,442
	<i>Lemna minor</i>		al 15	,384
<i>Pistia stratiotes</i>	Grupo Control	al 10	al 5	,442
	<i>Lemna minor</i>		al 15	,989
<i>Lemna minor</i>	Grupo Control	al 15	al 5	,384
	<i>Pistia stratiotes</i>		al 10	,989

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

### Interpretación:

Existe diferencia significativa en la concentración de SST, en los grupos control, grupo *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, sig. (0.000 < 0.05); En los tratamientos no existe diferencia significativa.

**Tabla 34:** Resumen de promedios de SST

Grupos	Media	Tratamientos	Media
Grupo Control	420,160	al 5	240,430
<i>Pistia stratiotes</i>	147,350	al 10	222,197
<i>Lemna minor</i>	115,443	al 15	220,327

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

**Interpretación:**

Se llegó a determinar que existe diferencia significativa entre grupos, teniendo las menores concentraciones de SST en los grupos *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*; en los tratamientos no hubo diferencia significativa, sin embargo, podemos recalcar el tratamiento al 15.

3. Análisis comparativo de los parámetros

**Tabla 35:** Diferencias de medias T Student para los parámetros

Estadísticos	pH	Aceites y grasas	SST
Media pre test	6,996	0,717	424,268
Media post test	7,340	0,397	227,651
Estadístico t	-2,291	3,923	4,045
P(T<=t) una cola	0,002	0,002	0,002
Valor crítico de t (una cola)	-1,860	1,860	1,860

Fuente: Elaborado por los autores – SPSS ver 25

**Interpretación:**

Al realizar el contraste del pre y post test de los parámetros en estudio, podemos observar que existe diferencia significativa en los resultados, debido a que la probabilidad T Student de una cola (0.002) es menor al error (0.05). Al analizar la diferencia de medias del parámetro pH, observamos que el post test es mayor al pre test, pero en los parámetros Aceites y grasas como SST es, al contrario, obteniendo promedios menores en el post test comparado al pre test.

## Evaluación y análisis de los parámetros en campo de los tratamientos

**Tabla 36:** Datos obtenidos con el Multiparámetro de la especie 1

DÍA	TRATAMIENTO	pH	O.D	C.E	TEMPERATURA
1	1	7.11	35.6 %	161 $\mu\text{s/cm}$	25.34 °C
	2	7.04	21.1 %	158 $\mu\text{s/cm}$	25.46 °C
	3	7.24	23.5 %	164 $\mu\text{s/cm}$	25.84 °C
3	1	7.14	40.3 %	172 $\mu\text{s/cm}$	25.48 °C
	2	7.08	15.8 %	160 $\mu\text{s/cm}$	25.36 °C
	3	7.03	15.7 %	160 $\mu\text{s/cm}$	25.37 °C
6	1	8.20	10.5 %	166 $\mu\text{s/cm}$	23.50 °C
	2	7.88	10.5 %	146 $\mu\text{s/cm}$	23.56 °C
	3	7.78	10.7 %	133 $\mu\text{s/cm}$	23.77 °C
9	1	8.30	17 %	173 $\mu\text{s/cm}$	25 °C
	2	8.05	19.9 %	143 $\mu\text{s/cm}$	24.98 °C
	3	7.80	20.1 %	127 $\mu\text{s/cm}$	25.17 °C
12	1	8.22	30.2 %	168 $\mu\text{s/cm}$	23.46 °C
	2	7.60	27.27 %	76 $\mu\text{s/cm}$	23.50 °C
	3	7.63	26.6 %	119 $\mu\text{s/cm}$	23.72 °C

Fuente: Elaborado por los autores.

### Interpretación:

De acuerdo a los valores obtenidos in situ, y tras 5 mediciones, se obtuvo en el día 6 el tiempo óptimo de los 3 tratamiento de la especies1, pues es el día en el que los resultados lograron uniformidad y de ahí en adelante la variación en sus valores no eran significativas.

**Tabla 37:** Medición con Multiparámetro de la especie 2

DIA	TRATAMIENTO	pH	O.D	C.E	TEMPERATURA
1	1	6.51	11.57 %	168 $\mu\text{s/cm}$	25.19 °C
	2	6.42	12.14 %	142 $\mu\text{s/cm}$	25.37 °C
	3	6.84	12.11 %	153 $\mu\text{s/cm}$	25.04 °C
3	1	6.67	12.3 %	200 $\mu\text{s/cm}$	25.25 °C
	2	6.60	8.1 %	162 $\mu\text{s/cm}$	25.34 °C
	3	6.68	8.5 %	161 $\mu\text{s/cm}$	25.51 °C
6	1	7.48	11.1 %	184 $\mu\text{s/cm}$	23.38 °C
	2	7.38	11.1 %	218 $\mu\text{s/cm}$	23.39 °C
	3	7.27	10.9 %	247 $\mu\text{s/cm}$	23.29 °C
9	1	7.43	22.9 %	191 $\mu\text{s/cm}$	24.45 °C
	2	7.33	22.4 %	235 $\mu\text{s/cm}$	24.61 °C
	3	7.27	18.1 %	270 $\mu\text{s/cm}$	24.58 °C
12	1	7.49	28.2 %	204 $\mu\text{s/cm}$	23.26 °C
	2	7.27	28.2 %	248 $\mu\text{s/cm}$	23.26 °C
	3	7.15	26.3 %	268 $\mu\text{s/cm}$	23.10 °C

Fuente: Elaborado por los autores.

**Interpretación:**

De acuerdo a los valores obtenidos in situ, y tras 5 mediciones, se obtuvo en el día 6 el tiempo óptimo de los 3 tratamientos de la especie 1, pues es el día en el que los resultados lograron uniformidad y de ahí en adelante la variación en sus valores no eran significativas.

## V. DISCUSIÓN

En la tabla 10, se mostró los valores obtenidos de los parámetros evaluados en campo (pH, C.E, O.D, temperatura) y laboratorio (SST, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, nitratos, fosfatos), de las cuales SST, fue el parámetro que sobrepaso los valores establecidos por la norma en un 58.48 mg/L; un caso similar menciona, Mesía (2015), En su investigación donde caracterizo al efluente de la piscícola en el distrito de Moyobamba obtuvo como resultados valores elevados de los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y pH, de los cuales los parámetros que sobrepasan la normativa con la cual trabajo son los Sólidos Suspendidos Totales y Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La *Pistia stratiotes* (Especie 1) y la *Lemna minor* (Especie 2) demostraron una alta capacidad de remoción de contaminantes específicamente (SST y Aceites y Grasas).

La *Pistia stratiotes* mostró mayor eficiencia para remover contaminantes en el tratamiento 2 para Sólidos Suspendidos Totales, con el 80.45%, sin embargo, para Aceites y Grasas el mejor resultado se tuvo en el tratamiento 1, y en cuanto al pH el tratamiento 2 fue quien mejor resultados arrojó, aumentando en 0.62; de igual manera, Ramírez y Paredes (2019) demostraron que la *Pistia stratiotes* es eficiente para remover contaminantes en aguas residuales domésticas, evaluando los parámetros de Nitratos, Fosfatos, DBO<sub>5</sub>, DQO y Coliformes Totales, obteniendo mejores resultados en los DBO<sub>5</sub> y Nitratos, con una remoción de contaminantes de 95.19% y 93.70% respectivamente.

La *Lemna minor*, el tratamiento que mejor resultados demostró fue el tratamiento 3, el cual logró remover un 87.06% de Sólidos Suspendidos Totales y un 68.41% de Aceites y Grasas, además de un aumento de pH de 0.17; mientras que, Enriquez (2019), en su investigación obtuvo altos porcentajes de remoción en aguas industriales, en cuanto a DQO un 100%, un 98% en DBO<sub>5</sub> y obtuvo un aumento en los parámetros de pH,

conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, por lo que la especie macrófita *Lemna minor* puede remover contaminantes de diversas aguas residuales o efluentes, mostrándose en este caso para actividad piscícola y en aguas residuales.

En el tratamiento de las especies *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, se obtuvo mejores resultados a los 6 días de tratamiento, encontrándose los parámetros evaluados en una estabilización, pasados esos días se determinó una variación no significativa, mientras que, Ramírez y Paredes (2019) en su trabajo mencionan que en un periodo de 3 días existe una remoción por parte de la macrófita *Pistia stratiotes* de DBO<sub>5</sub>, fosfato y un pH de 8.1.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se determinaron los valores de Sólidos Suspendidos Totales, Potencial de Hidrógeno y Aceites y Grasas (por norma peruana), y Oxígeno Disuelto, Temperatura, DBO<sub>5</sub>, Conductividad Eléctrica, Nitratos y Fosfatos (estimación referencial), de los efluentes de los efluentes pre y post tratamiento del sector de Bello Horizonte, obteniendo que el valor del parámetro de SST, fue el único quien sobre pasa lo que la norma establece, logrando obtener la remoción de este contaminante a través del sistema de biofiltro, demostrado la diferencia en los valores, donde se tuvieron como resultados del pre tratamiento, 758.48 mg/L; y como post tratamiento, en la especie 1 el mejor resultado fue del tratamiento 3, el que redujo a 142.64 mg/L y la especie 2, el mejor resultado fue del tratamiento 2 que redujo a 98.18 mg/L, mientras que los demás parámetros que establece la norma se encuentran dentro del límite.
- 6.2. Se comparó la eficiencia de las especies (*Pistia stratiotes* y *Lemna minor*) usadas en el sistema de biofiltro para el tratamiento de efluentes generados de la piscícola, donde se obtuvo a la especie 2 (*Lemna minor*) como la que mayor remoción de contaminantes logró en el segundo tratamiento.
- 6.3. Se determinó el tiempo óptimo de tratamiento de cada especie en el sistema de biofiltro para el tratamiento de los efluentes de la piscícola del sector de Bello Horizonte, siendo este a los 6 días, donde se obtuvieron la mayor variabilidad de los resultados en los valores, a partir del día 7 la variabilidad no fue significativa hasta completar los 12 días de monitoreo.
- 6.4. El sistema de biofiltro si es eficiente para tratar los efluentes de la actividad piscícola, debido a que se logró disminuir los valores de los parámetros evaluados por la normativa.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. A los investigadores, a utilizar otras especies macrófitas, donde puedan evaluar la capacidad de remoción y determinen la mejor en efluentes industriales, comparadas con las especies utilizadas en esta experimentación y en actividades diferentes a la expuesta.
- 7.2. A los piscicultores, se les plantea una forma viable económicamente de tratar los efluentes provenientes de las piscícolas, puesto que es un sistema de manejo simple el cual no requiere técnicas complicadas, con la finalidad de evitar la afectación a la calidad de los recursos a través de sus efluentes.
- 7.3. A los piscicultores, que conozcan cuanta contaminación puede causar el no realizar un tratamiento a sus efluentes y de igual forma puedan ver que un sistema de tratamiento puede ayudarlos a mejorar dicha calidad de efluentes.
- 7.4. A la sociedad involucrada a la actividad, poner énfasis y apoyo en las investigaciones en relación con esta actividad económica, puesto que en San Martín se desarrolla de manera intensiva y es importante realizar un tratamiento a dichas aguas antes de ser vertidas, ya que la alteración que causan al cuerpo receptor es preocupante.



## REFERENCIAS

- AQUINO Yaringaño, Marino. Potencialidades de los sistemas de producción piscícola en selva central del Perú. (Tesis de postgrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. 130 pp.
- ARROYAVE, María del Pilar. LA LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor* L.): Una planta acuática promisorio. Rev. EIA. Esc. Ing. Antioquia [en línea]. 2004, n.1, pp.33-38. ISSN 1794-1237.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2016), R.J N° 010-2016-ANA, *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima. 2016.
- BABATUNDE, Akeem et al. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. Science Direct [En línea]. v. 04, n. 03 , mayo de 2019. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2020].  
Disponibile en  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2468550X18300352?token=3E950BDF9A3E1735AECD4AF790EFFC7E1E8E565E99AD67AF5CEAA03284C45C35C9C3CA7B73DBBA295640DF78C29F51F1>
- BRIONES, Viteri. Combinación biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos como biofiltros para la descontaminación de aguas residuales en la planta de tratamiento El Peral. [Tesis de Postgrado]. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2014.  
Disponibile en  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/7556>
- BOLAÑOS y otros, (2017) Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha [En línea]*. Vol. 30-4. Octubre-diciembre 2017. Pág. 15-27.

Disponible en:

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

BOSTOCK Jhon (2010). Aquaculture: global status and trends. Revista de Biological sciences [en línea].

Disponible en

<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstb.2010.0170>

BUSCHMANN, Alejandro. *Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo*. [En línea]. Terram Publicaciones. Diciembre 2016.

Disponible en

<https://www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf>

CAMPOS, Christian. Biofiltro con Eneas para el Tratamiento de Aguas Residuales de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja – Motupe 2015. (Tesis de Pregrado). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2017.

Disponible en

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/11184/campos\\_ac.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/11184/campos_ac.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CASTRO, José. Análisis microbiológico del agua. Cartagena: Dpto. Ingeniería Química y Ambiental - Universidad Nacional de Cartagena, 2015.

CHANDRA, Pakanati et al. *Treatment of domestic wastewater using Vermifiltration system with and without wetland plants*. Revista International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). [En línea]. Abril 2019, vol.9, n.º4.

Disponible en

[http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET\\_09\\_04\\_04\\_6/IJCIET\\_09\\_04\\_046.pdf](http://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfolder/IJCIET_09_04_04_6/IJCIET_09_04_046.pdf)

ISSN: 0976-6316

DÍAZ, Alex [et al]. *Assessment of an artificial free-flow wetland system with water hyacinth (Eichhornia crassipes) for treating fish farming effluents*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. [En línea]. Setiembre. 2014, vol.27, no.3 [Fecha de consulta 30 de mayo del 2013].

Disponible en

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-6902014000300006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-6902014000300006)

ISSN 0120-0690

DÍAZ, Yoneda. Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para Remover Gases de H<sub>2</sub>S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Curtiembre, SJL-2018. (Tesis de pregrado). San Juan de Lurigancho: Universidad César Vallejo. 2018.

Disponible en

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28018/DIAZ\\_ZY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28018/DIAZ_ZY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DUARTE Shirley, Síntesis y caracterización de fosfatos de calcio por el método sol-gel. (Tesis de posgrado). San Lorezo, Uruguay: Universidad Nacional de Asunción, 2012. 121 pp.

Disponible en:

<https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-007.pdf>

D.S N° 010-2018-MINAM. Límites Máximos Permisibles para efluentes de establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, Lima. Perú. 2018. p.4.

D.S N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, Lima. 2017. P.

EFLUENTE. En: Glosario de Términos Ambientales. Oficina de Comunicaciones. CRQ. p.16. [En línea].

Disponible en

<https://www.crq.gov.co/Documentos/GLOSARIO%20AMBIENTAL/GLOSARIO%20AMBIENTAL.pdf>

Enriquez, Ingri. Comparación de la eficiencia de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para mejorar la calidad del agua residual de una planta agroindustrial, Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 62 p.

FAO (2018) *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. [En línea]. ISBN 978-92-5-130688-8.

Disponible en

<http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>

GARCÍA, Sifuentes et al. *Impact of stick water produced by the fishery industry: treatment and uses* [En línea] v. 7. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2020].

Disponible en

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11358120902850412>

GARZÓN, Marco et al. *La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias* [En línea]. v.3 n.3. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2020].

Disponible en

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222012000300011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011)

ISSN 2007-2422

HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México: Interamericana editores, 2014. [Fecha de consulta: 07 de

mayo de 2020]

ISBN: 978 6071502919.

LEBRETON, Laurent y et al 2017. River plastic emissions to the world's oceans. Revista Nature Communications. [En línea]. Junio del 2017. n.8.

Disponible en

<https://www.nature.com/articles/ncomms15611>.

LEY N.º 30806. Diario oficial El peruano, Lima, Perú, 05 de julio de 2018.

LUCAS, Jhan. Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017. (Tesis de pregrado). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.

Disponible en

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34807/Lucas\\_AJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34807/Lucas_AJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MAL, Rubim et al. *Biofilter efficiency of Eichhornia crassipes in wastewater treatment of fish farming in Amazonia*. Revista internacional de botánica experimental [En línea]. volumen 84, n° 1. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2020].

Disponible en

[http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol84-1/Rubim\\_COLOR.pdf](http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol84-1/Rubim_COLOR.pdf)

MALTAIS, Gabriel y CHAZARENC, Florent. *Effects of artificial aeration, macrophyte species, and loading rate on removal efficiency in constructed wetland mesocosms treating fish farm wastewater* (Artículo científico). National Institute for Environmental Studies, Ottawa, Canadá. 2007.

MARIANO y otros, (2010) *Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú*. Revista Peruana de

Biología. [En línea]. Abril 2010. v.17 n.1.

Disponible en

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v17n1/a18v17n1.pdf>

MESÍA, Jorge. Vigilancia Ambiental de Efluentes Generados por la Actividad Acuícola Continental, Distrito de Moyobamba- 2015. (Tesis de pregrado). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín, 2015.

Disponible en

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/189/6051914.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MIYASHIRO, Victor et al. Gestión del agua de Perú: Uso, protección y tratamiento [En línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2014 [Fecha de consulta: 14 de abril de 2020].

ISBN: 6612414724

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (2015), Manual N° 5 Medición de Agua. Lima. 2015.

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (2013). Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor – Establecimientos industriales pesqueros consumo humano directo e indirecto. Lima. 2013.

OBEIDAT Mutewekil (2013). Impact of a domestic wastewater treatment plant on groundwater pollution, north Jordan. Revista Mexicana de ciencias geológicas [en línea]. ISSN 2007-2902.

Disponible en

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v30n2/v30n2a9.pdf>

OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. [En línea]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Perú, 2014. p.3

Disponible en [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

OLIVEIRA et al (2013). Application rates and filtering materials for biofilters

in house sewage. Revista Idesia [en línea] ISSN 0718-3429

Disponible en

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v31n1/art02.pdf>

OMRI I. “*Performance study of biofilter developed to treat H<sub>2</sub>S from wastewater odour. Saudi Journal of Biological Sciences*”, 2013. N° 20, pp. 169–176.

ORE, José. Evaluación de la contaminación del agua ocasionada por actividades piscícolas del río chía en el distrito de ingenio - Huancayo. (Tesis de postgrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

Disponible en

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4578/Ore%20V..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORTIZ, María. México enfrenta contaminación del agua subterránea. Teorema Ambiental [En línea]. 11 de febrero de 2015. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2020].

Disponible en <https://agua.org.mx/mexico-enfrenta-contaminacion-del-agua-subterranea/>

PARDO et al (2006). *Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable*. Revista MVZ Córdoba. [En línea]. Marzo del 2006. v.11 n.1.

Disponible en

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/1041>

PEDERSEN et al. *NITRIFICATION performance and robustness of fixed and moving bed biofilters having identical carrier elements*. Aquacultural Engineering [en línea]. March 2015. [Fecha de consulta:

22 de marzo del 2018].

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/272057593\\_Nitrification\\_performance\\_and\\_robustness\\_of\\_fixed\\_and\\_moving\\_bed\\_biofilters\\_having\\_identic\\_carrier\\_elements](https://www.researchgate.net/publication/272057593_Nitrification_performance_and_robustness_of_fixed_and_moving_bed_biofilters_having_identic_carrier_elements)

PÉREZ, Elena (2009). Aquatic macrophytes tolerance to domestic wastewater and their efficiency in artificial wetlands under greenhouse conditions. Revista Hidrobiológica v. 19 nº (3): p.23

PÉREZ, Jorge. Manual de tratamiento de aguas [en línea]. 1ª. Ed. Medellín: Universidad Nacional – Facultad de Minas, 1981.

Disponible en

[http://bdigital.unal.edu.co/70/2/45\\_-\\_1\\_Prel\\_1.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/70/2/45_-_1_Prel_1.pdf)

PINAFFI et al (2019). Seasonal performance of aquatic macrophytes in improving physicochemical parameters of swine wastewater. Revista Brasileña de Biología [en línea].

Disponible en

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842019005020104&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842019005020104&lang=es)

ISSN 1678-4375

QUEVEDO Gonzales, Henry. Efecto de la aplicación de nuevas tecnologías en el tratamiento de las aguas de bombeo, sobre la calidad de los efluentes de la empresa pesquera Pelayo S.A.C de harina y aceite de pescado de puerto supe. (Tesis de postgrado). Trujillo: Universidad Nacional De Trujillo, 2016. 80 pp.

RAMOS, Raudel. EL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE, Muestreo y análisis. Bogotá, 2002. 210 pp.

ISBN 970-722-141-0

RAMSAR y SALATHÉ, Tobias. Manual de la Convención de Ramsa. [En línea]. 6ª. Ed. Irán: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013.



Disponible en

<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>

Ramirez, Karol y Paredes, Marie. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018. (Tesis de pregrado). Tarapoto: Universidad Cesa Vallejo, 2018. 146p.

REZANIA, Shahabaldin et al. The efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system. International Journal of Phytoremediation. [En línea]. Abril 2015, vol.18, n.º 7.

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/287286161\\_The\\_Efficient\\_Role\\_of\\_Aquatic\\_Plant\\_Water\\_Hyacinth\\_in\\_Treating\\_Domestic\\_Wastewater\\_in\\_Continuous\\_System](https://www.researchgate.net/publication/287286161_The_Efficient_Role_of_Aquatic_Plant_Water_Hyacinth_in_Treating_Domestic_Wastewater_in_Continuous_System)

SANCHEZ, Carlos. Diagnóstico de la actividad piscícola en las provincias de mariscal Cáceres, Huallaga y Bellavista" (Tesis de pregrado). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2008.

Disponible en

[http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/512/TFAGR\\_O-ING603M9\\_S23.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/512/TFAGR_O-ING603M9_S23.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TAPIA, Francisco y VILLAVICENCIO, Abelardo. Uso de Biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. [En línea]. Instituto de investigación agropecuaria. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2007. n.º 170.

Disponible en

[http://www.sag.cl/sites/default/files/ficha\\_evaluacion\\_ex\\_post\\_inia\\_biofiltr os\\_c3-81-14-42.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/ficha_evaluacion_ex_post_inia_biofiltr os_c3-81-14-42.pdf)

ISSN 0717–4829

TRAPOTE, Arturo. Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas [En línea]. 1.a ed. España: Universidad de Alicante, 2013. [Fecha de consulta:06 de mayo de 2020].

ISBN 978-84-9717-172-4.

VALIPOUR. et al. Effectiveness of Domestic Wastewater Treatment Using a Bio- Hedge Water Hyacinth Wetland System. Water. [en línea]. Noviembre- junio 2015, vol. 7.

VIEIRA et al (2015). Biofiltration, growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in effluents from shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Revista ciencia agrónoma [en línea]*. ISSN 1806-6690

Disponible en

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902015000100193&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902015000100193&lang=es)

## Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Efluentes de la actividad piscícola	“Son aguas que tiene contienen alto nivel orgánico, afectando así a los ciclos bioquímicos y la vida de las especies que se encuentran en el ecosistema” García (2009)	Los efluentes de la actividad piscícola fueron medidos por sus parámetros, donde se aplicó los métodos para AyG= ASTM D7066-04 (Validado, 2019), O.D= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 23rd Ed. 2017.2, DBO <sub>5</sub> = SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017, SST= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012, C.E= EPA Method 120.1, pH= EPA Method 150.1, Temperatura= EPA Method 170.1, Nitratos y Fosfatos= EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado). 2015; y la cantidad de efluente generado se calculó a través de la medición de caudal del efluente, para el cual se desarrolló el método del flotador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros químicos</li> <li>• Parámetros físicos</li> <li>• Caudal del efluente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Oxígeno Disuelto</li> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• Nitratos</li> <li>• Fosfatos</li> <li>• Aceites y grasas</li> <li>• Temperatura</li> <li>• SST</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• Cantidad de efluente generado</li> </ul>	Intervalo

---

<p>Eficiencia del sistema de biofiltro.</p>	<p>“Es la capacidad de filtrar contaminantes y así remover, para que los parámetros de las aguas estén a lo que la normativa refiere” Garzón y otros al (2012. p.14)</p>	<p>La eficiencia del biofiltro se medirá a través de la fórmula de eficiencia de remoción <math>\frac{Ca-Ce}{Ca} \times 100</math> con datos <i>in situ</i> del trabajo de campo, el cual estará representado en porcentaje, el cual indicará la remoción que se obtuvo de las sustancias que generaban efectos negativos en los parámetros de los efluentes de la piscícola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia de remoción de contaminantes.</li> <li>• Calidad de Especies Macrófitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de eficiencia</li> <li>• Porcentaje de filtración</li> </ul>	<p>Ordinal</p> <p>Nominal</p>
---	--	---	---	--	-------------------------------

---

## Anexo 2: Validación de instrumentos



### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Ana Noemí Sandoval Vergara  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Docente Metodóloga  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro Diario.  
 Autor (s) del instrumento (s): Jhon Anthony Pinedo Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

#### 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: Eficiencia del sistema de biofiltro					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: Efluentes de la actividad piscícola					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: Efluentes de la actividad piscícola				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
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>48</b>

(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 válido para ser aplicado a la población, puesto que cumple con todos los criterios metodológicos.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto, 29 de junio de 2020

  
 -----  
 DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA  
 DOCENTE  
 CSP 8311

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Dr. Andi Lozano Chung  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Ingeniero Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro Diario.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Jhon Anthony Pinedo Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

**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: <b>Eficiencia del sistema de biofiltro</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>				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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					<b>44</b>	

(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 conforme para ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN: **4.4**

Parapoto, 27 de Junio. de 2020



Sello personal y firma

## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Dr. Froy Torres Delgado  
 Institución donde labora : Autoridad Nacional del Agua  
 Especialidad : Doctor en Ciencias Ambientales  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro Diario  
 Autor (s) del instrumento (s) : Jhon Anthony Pinedo Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

### 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: <b>Eficiencia del sistema de biofiltro</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(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 cumple con lo solicitado, está conforme para aplicar*

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto, 21 de junio de 2020

  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
 Autoridad Administrativa del Agua Huastaga  
 -----  
 Dr. Froy Torres Delgado  
 Profesional Área Técnica  
 Sello personal y firma



## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Dra. Ana Noemí Sandoval Vergara  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Docente Metodóloga  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Jhon Anthony Pinado Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

### 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: <b>Eficiencia del sistema de biofiltro</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>				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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>48</b>

(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 válido para ser aplicado a la población, puesto que cumple con todos los criterios metodológicos.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

Tarapoto, 29 de junio de 2020

  
 -----  
**DRA. ANA N. SANDOVAL VERGARA**  
 DOCENTE  
 CBP 6311



**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Dr. Andi Lozano Chung  
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo  
 Especialidad : Ingeniero Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Jhon Anthony Pinedo Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

**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: <b>Eficiencia del sistema de biofiltro</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>45</b>

(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 está listo para aplicarse

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 4.5

 Tarapoto, 27 de junio de 2020


**Sello personal y firma**

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Dr. Froy Torres Delgado  
 Institución donde labora : Autoridad Nacional del Agua  
 Especialidad : Doctor en Ciencias Ambientales  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo  
 Autor (s) del instrumento (s) : Jhon Anthony Pinedo Flores  
 Luis Alberto Vásquez Huamán

**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: <b>Eficiencia del sistema de biofiltro</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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: <b>Efluentes de la actividad piscícola</b>					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	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(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 cumple con lo solicitado, está conforme para aplicar*

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**



48

Tarapoto, 27 de junio de 2020





Dr. Froy Torres Delgado  
 Profesional Área Técnica  
 Sello personal y firma

### Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>		<b>FICHA DE REGISTRO DIARIO</b>			 <b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>	
<b>Proyecto:</b> Eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de los efluentes de la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte-San Martín, 2020						
<b>Responsables del monitoreo</b>		Pinedo Flores, Jhon Anthony Vásquez Huamán, Luis Alberto				
Día	Especie <i>Pistia stratiotes</i>	PARÁMETROS				
		pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad eléctrica	Temperatura	
1	T <sub>1</sub>	7.11	35.6 %	161 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.34 °C	
1	T <sub>2</sub>	7.04	21.1 %	158 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.46 °C	
1	T <sub>3</sub>	7.24	23.5 %	164 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.84 °C	
3	T <sub>1</sub>	7.14	40.3 %	172 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.48 °C	
3	T <sub>2</sub>	7.08	15.8 %	160 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.36 °C	
3	T <sub>3</sub>	7.03	15.7 %	160 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.37 °C	
6	T <sub>1</sub>	8.20	10.5 %	166 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.50 °C	
6	T <sub>2</sub>	7.88	10.5 %	146 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.56 °C	
6	T <sub>3</sub>	7.78	10.7 %	133 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.77 °C	
9	T <sub>1</sub>	8.30	17 %	173 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25 °C	
9	T <sub>2</sub>	8.05	19.9 %	143 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24.98 °C	
9	T <sub>3</sub>	7.80	20.1 %	127 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.17 °C	
12	T <sub>1</sub>	8.22	30.2 %	168 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.46 °C	
12	T <sub>2</sub>	7.60	27.27 %	76 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.50 °C	
12	T <sub>3</sub>	7.63	26.6 %	119 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.72 °C	

**Figura 30:** Ficha De Registro Diario de la especie *Pistia stratiotes*

**Fuente:** Elaborado por los autores.

 <b>UCV</b> <small>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</small>		<b>FICHA DE REGISTRO DIARIO</b>			 <b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>	
<b>Proyecto:</b> Eficiencia de un sistema de biofiltro en el tratamiento de los efluentes de la actividad piscícola en el sector Bello Horizonte-San Martín, 2020						
<b>Responsables del monitoreo</b>		Pinedo Flores, Jhon Anthony Vásquez Huamán, Luis Alberto				
Día	Especie <i>Lemna minor</i>	PARÁMETROS				
		pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad eléctrica	Temperatura	
1	T <sub>1</sub>	6.51	11.57%	168 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.19 °C	
1	T <sub>2</sub>	6.42	12.14%	142 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.37 °C	
1	T <sub>3</sub>	6.84	12.11%	153 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.04 °C	
3	T <sub>1</sub>	6.67	12.3%	200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.25 °C	
3	T <sub>2</sub>	6.60	8.1%	162 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.34 °C	
3	T <sub>3</sub>	6.68	8.5%	161 $\mu\text{S}/\text{cm}$	25.51 °C	
6	T <sub>1</sub>	7.48	11.1%	184 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.38 °C	
6	T <sub>2</sub>	7.38	11.1%	218 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.39 °C	
6	T <sub>3</sub>	7.27	10.9%	247 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.29 °C	
9	T <sub>1</sub>	7.43	22.9%	191 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24.45 °C	
9	T <sub>2</sub>	7.33	24.4%	235 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24.61 °C	
9	T <sub>3</sub>	7.27	18.1%	270 $\mu\text{S}/\text{cm}$	24.58 °C	
12	T <sub>1</sub>	7.49	28.2%	204 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.26 °C	
12	T <sub>2</sub>	7.27	28.2%	248 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.26 °C	
12	T <sub>3</sub>	7.15	26.3%	268 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23.10 °C	

**Figura 31:** Ficha De Registro Diario de la especie *Lemna minor*

**Fuente:** Elaborado por los autores.



### FICHA DE REGISTRO DE CAMPO



CUENCA Quebrada Pucayacu

REALIZADO POR Pinedo Flores Jhon Anthony  
 RESPONSABLE Pinedo Flores Jhon Anthony  
Vasquez Huaman Luis Alberto

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad/distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	pH	Temperatura	C.E	O.D
					Norte/sur	Este/Oeste	dd-mm-aa	hh:mm	—	—	—	—
Q Poca 1	Sector	Bello Horizonte	San Martín	San Martín	0349372	9283177	04-10-20	9:00 am	6.66	23.91	127 us/cm	255.3%
Q Poca 2	Sector	Bello Horizonte	San Martín	San Martín	0355988	9279590	04-10-20	9:10 am	6.35	25.11	129 us/cm	250.6%
C Poca 1	Sector	Bello Horizonte	San Martín	San Martín	0356005	9279579	04-10-20	9:30 am	7.13	23.1 °C	101 us/cm	210.3%
Vert 01	Sector	Bello Horizonte	San Martín	San Martín	0356035	9279560	04-10-20	9:45 am	6.98	27.43 °C	115 us/cm	185.5%

**Figura 32:** Ficha De Registro De Campo  
 Fuente: Elaborado por los autores.




**CADENA DE CUSTODIA - MONITOREOS AGUAS Y/O MUESTRAS ACUOSAS - CLIENTES**

 N° de Documento \_\_\_\_\_  
 Hoja N° \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

 Grupo N° \_\_\_\_\_  
 Orden de Servicio N° \_\_\_\_\_  
 Proceso N° \_\_\_\_\_

**Sede CERCADO**  
 Av. República de Argentina 1859 Urb. Industrial Conde, Lima  
 Teléfono: 01- 488 9500  
 SAAREServicioalCliente@alsglobal.com

**Sede AREQUIPA**  
 Av. Dolores N° 167 José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa  
 Teléfono: 054-424570  
 SAAREServicioalCliente@alsglobal.com

**ENVIAR INFORME DE ENSAYO A:**

 CLIENTE : *Jhon Anthony Pinedo Flores*  
 CONTACTO : *925062351*  
 DIRECCIÓN : *Jr. Leoncio Prado 001156*  
 E-MAIL : *jhonpinedo04@gmail.com*  
 FACTURAR A:  
 RAZON SOCIAL : *ALS LS Perú S.A.C.*  
 DIRECCIÓN : *Cal. Russell Nro. 193 Urb. La Calera de la Merced*  
 RUC : *20504979092*  
 CONTACTO : *994 957 206*  
 TELEFONO : *151 1488 9500*
**DATOS DEL PROYECTO:**

 PROYECTO : *Sistema de Biofiltro*

 COTIZACIÓN : *N° 12679 / 2020-3*

 MUESTREO POR: *Jhon Anthony Pinedo Flores*

ESTACION DE MUESTREO	Tipo de Muestra (1)	FECHA DE MUESTREO	HORA (hh:mm)	CODIGO DE LABORATORIO	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Acefijos y Gases	SST	DBO <sub>5</sub>	Nitratos	Fosfatos	PRESERVANTE	MUESTRA FILTRADA EN CAMPO	PARAMETRO	OBSERVACIONES
Trat A1	AR1	24-10-20	6:58am		/	/	/	/	/	/				
Trat A2	AR1	24-10-20	7:00am		/	/	/	/	/	/				
Trat A3	AR1	24-10-20	7:03am		/	/	/	/	/	/				
Trat B1	AR1	24-10-20	7:08am		/	/	/	/	/	/				
Trat B2	AR1	24-10-20	7:14am		/	/	/	/	/	/				
Trat B3	AR1	24-10-20	7:20am		/	/	/	/	/	/				

OBSERVACIONES:

**DATOS DE ENVIO: (INDICADOS POR EL CLIENTE):**

 Entregado por: *Jhon Anthony Pinedo Flores*  
 Fecha: *24-10-2020*  
 Hora (hh:mm): *8:15 a.m*
**DATOS A SER LLENADOS POR EL LABORATORIO**

 Recibido en Laboratorio por: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_  
 Revisado por: \_\_\_\_\_

**CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):**

En buen estado:		Recipiente apropiado:		Dentro del tiempo de conservación:		Correctamente preservadas:		Datos Muestreo Hidrobiológico	
SI	No	SI	No	SI	No	SI	No	Volumen (Litros)	Área Muestreo: Macrofitos(m <sup>2</sup> )/ Perifiton (cm <sup>2</sup> )
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

 (1) Tipo de muestra:  
 ASUB=Agua Subterránea, AM=Agua Manantial, AT=Agua Termal, AS=Agua Superficial, R=Río, L=Laguna, Lago, \*ALL=Agua de Lluvia, \*APL=Agua Pluvial, ARD=Agua Residual Doméstica, ARI=Agua Residual Industrial, ARM=Agua Residual Municipal, AB=Agua de Bebeida, \*\*AP=Agua potable, \*\*AMS=Agua de Mesa, \*\*AE=Agua Envasada, APS=Agua de Piscina, ALA=Agua de Laguna Artificial, AMR=Agua de Mar, ASO=Agua Salobre, ASA=Agua Salmuera, ARI=Agua de Inyección y Reinyección, ACE=Agua de Circulación o enfriamiento, AAC=Agua de Alimentación para calderas, ACL=Agua de Calderas, ALX=Agua de Lixiviación, API=Agua purificada, AD=Acete Dieléctrico.

(2) Información llenada en recepción de muestras.

(3) Códigos parámetros en el POS 017-ANEXO I.

\* Agua de lluvia o Agua Pluvial corresponde al tipo de Agua de Deposición Atmosférica.

\*\* Agua Potable, Agua de Mesa y Agua Envasada corresponden al tipo de Agua de Bebeida.

 Revisión: 16  
 Fecha de Revisión: 29/11/2018

**Figura 34:** Ficha De Cadena De Custodia pos tratamiento  
**Fuente:** Laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C.

## Anexo 4: Solicitud al propietario del fundo “La unión”

“Año de la universalización de la salud”

SOLICITUD

CARGO

Lunes, 10 de agosto 2020

Sr. Jorge Ivan Díaz Panaifo  
**Propietario del fundo “La Unión”**

Nosotros, Luis Alberto Vasquez Huaman y Jhon Anthony Pinedo Flores, identificados con DNI N° 77155900 y 70570233 respectivamente, estudiantes del X Ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo filial Tarapoto, ante usted nos presentamos y exponemos:

En la actualidad estamos desarrollando la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, la cual tiene como objetivo tratar y mejorar la calidad del efluente de la piscícola. Además, teniendo conocimiento de que el fundo “La Unión”, el cual está ubicado en el Sector Bello Horizonte y que desempeña la actividad de piscicultura con gran éxito es de su propiedad, solicitamos a usted permiso para ingresar a su fundo y poder desarrollar nuestra investigación.

Cabe resaltar que esta investigación se desarrollara teniendo en consideración estándares científicos y normas éticas. De la misma manera, todos los resultados obtenidos serán entregados a su persona para que disponga de ellos de la mejor manera con la finalidad de mejorar la gestión ambiental de su empresa.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceder a lo solicitado.



Luis Alberto Vasquez Huaman  
DNI: 77155900



Jhon Anthony Pinedo Flores  
DNI: 70570233

**Fuente:** Elaborado por los autores



Anexo 5: Aceptación del propietario del fundo "La Unión"

**"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"**

**CARTA DE ACEPTACIÓN**

Tarapoto 14 de agosto del 2020.

**Sres. Jhon Anthony Pinedo Flores y Luis Alberto Vasquez Huaman  
Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Ambiental  
Universidad César Vallejo - Tarapoto**

Presente. -

Respuesta a la solicitud emitida el 10 de agosto del 2020

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, con la finalidad de darles a conocer la aprobación de la solicitud remitida, para que puedan desarrollar su trabajo de investigación en el fundo, del cual soy propietario, aceptando de esta manera su ingreso previa coordinación con mi persona, además de brindarles todas las facilidades necesarias para que el desarrollo de su tesis sea satisfactorio y con los resultados deseados.

Aprovecho la oportunidad para expresarles mi consideración.





Atentamente,





  
.....  
Díaz Panaifo, Jorge Ivan  
Propietario del fundo "La Unión"



**Fuente:** Oficina del Sr. Jorge Ivan Díaz Panaifo






## Anexo 6: Materiales y equipos





**Tabla 38:** *Materiales y equipos*

N°	MATERIALES	DESCRIPCIÓN
1		Válvula de paso y unión con rosca 1 <sup>1/2</sup>
2		Tuerca doble entrada 3/4
3		Llave de paso y unión con rosca 1 <sup>1/2</sup>
4		Reductores de 1 <sup>1/2</sup> a 3/4

5				Union en T de pvc 1 <sup>1/2</sup>
6				Manguera de 1 <sup>1/2</sup>
7				Teflón
8				Tuvo de silicona transparente

9		Tina de 90L
10		Balde de plástico de 110L
11		Estanques de vidrio de 40 cm x 40 cm x 50 cm
12		Algodón

13		Venda de uso tópico
14		Grava gruesa
15		Grava fina
16		Arena gruesa de rio Cumbaza
17		Bloquetas

18				Tuvo pvc de 1 <sup>1/2</sup>
19				Pegamento para tuvo pvc
20				Wincha métrica
21				Hoja de sierra

**Fuente:** *Elaborado por los autores.*

## Anexo 7: Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N° LE - 029

FDT 001 - 02

### INFORME DE ENSAYO: 49295/2020

#### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

N° ALS LS						414502/2020-1.0
Fecha de Muestreo						06/10/2020
Hora de Muestreo						11:00:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial CPucal
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	20493	16/10/2020	mg/L	0,100	0,400	1,074
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	08/10/2020	mg/L	2	5	9,3
Sólidos Suspendidos Totales	20242	15/10/2020	mg/L	3	5	432,12
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica						
Fosfatos, PO4-3	8100	08/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	0,98
Fosfatos (como P)	8100	08/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	0,84
Nitratos, NO3-	8100	08/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,541
Nitratos, (como N)	8100	08/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,442

N° ALS LS						414503/2020-1.0
Fecha de Muestreo						06/10/2020
Hora de Muestreo						11:15:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial QPucal
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	20493	16/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,672
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	08/10/2020	mg/L	2	5	10,8
Sólidos Suspendidos Totales	20242	15/10/2020	mg/L	3	5	578,23
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica						
Fosfatos, PO4-3	8100	08/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	0,96
Fosfatos (como P)	8100	08/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	0,77
Nitratos, NO3-	8100	08/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,542
Nitratos, (como N)	8100	08/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,526

N° ALS LS						414504/2020-1.0
Fecha de Muestreo						06/10/2020
Hora de Muestreo						11:20:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial QPucal2
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	20493	16/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,686
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	08/10/2020	mg/L	2	5	11,4
Sólidos Suspendidos Totales	20242	15/10/2020	mg/L	3	5	581,53
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica						
Fosfatos, PO4-3	8100	08/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,23

Pág. 2 de 5

Revisión: 11  
Fecha de Revisión: 24/09/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500  
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570  
[www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com)



## INFORME DE ENSAYO: 49295/2020

N° ALS LS							414504/2020-1.0
Fecha de Muestreo							06/10/2020
Hora de Muestreo							11:20:00
Tipo de Muestra							Agua Residual Industrial
Identificación							QPuca2
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
Fosfatos (como P)	8100	08/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,01	
Nitratos, NO3-	8100	08/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,549	
Nitratos, (como N)	8100	08/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,527	

N° ALS LS							414505/2020-1.0
Fecha de Muestreo							06/10/2020
Hora de Muestreo							13:10:00
Tipo de Muestra							Agua Residual Industrial
Identificación							Vert01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Aceites y Grasas	20493	16/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,723	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	08/10/2020	mg/L	2	5	16,7	
Sólidos Suspendedos Totales	20242	15/10/2020	mg/L	3	5	758,48	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica							
Fosfatos, PO4-3	8100	08/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,76	
Fosfatos (como P)	8100	08/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,58	
Nitratos, NO3-	8100	08/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,552	
Nitratos, (como N)	8100	08/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,513	

N° ALS LS							414506/2020-1.0
Fecha de Muestreo							06/10/2020
Hora de Muestreo							13:00:00
Tipo de Muestra							Agua Residual Industrial
Identificación							Reser1
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Aceites y Grasas	20493	16/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,716	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	08/10/2020	mg/L	2	5	15,9	
Sólidos Suspendedos Totales	20242	15/10/2020	mg/L	3	5	420,16	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica							
Fosfatos, PO4-3	8100	08/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,62	
Fosfatos (como P)	8100	08/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,47	
Nitratos, NO3-	8100	08/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,540	
Nitratos, (como N)	8100	08/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,509	

### Observaciones

- LD: Límite de detección.
  - LQ: Límite de cuantificación.
  - Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
  - Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo.
- No Aplica para datos proporcionados por el cliente.





## INFORME DE ENSAYO: 52979/2020

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 3

<b>N° ALS LS</b>							447000/2020-1.0
<b>Fecha de Muestreo</b>							24/10/2020
<b>Hora de Muestreo</b>							06:58:00
<b>Tipo de Muestra</b>							Agua Residual Industrial
<b>Identificación</b>							Trat A1
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>							
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,234	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	23/10/2020	mg/L	2	5	8,7	
Sólidos Suspendidos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	151,16	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Ionica</b>							
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,46	
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,22	
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,454	
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,224	

<b>N° ALS LS</b>							447001/2020-1.0
<b>Fecha de Muestreo</b>							24/10/2020
<b>Hora de Muestreo</b>							07:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>							Agua Residual Industrial
<b>Identificación</b>							Trat A2
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>							
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,251	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	23/10/2020	mg/L	2	5	7,1	
Sólidos Suspendidos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	148,25	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Ionica</b>							
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	0,97	
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	0,72	
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,412	
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,357	

<b>N° ALS LS</b>							447002/2020-1.0
<b>Fecha de Muestreo</b>							24/10/2020
<b>Hora de Muestreo</b>							07:03:00
<b>Tipo de Muestra</b>							Agua Residual Industrial
<b>Identificación</b>							Trat A3
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>							
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,226	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	23/10/2020	mg/L	2	5	5,6	
Sólidos Suspendidos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	142,64	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Ionica</b>							
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	0,67	



## INFORME DE ENSAYO: 52979/2020

N° ALS LS						447002/2020-1.0
Fecha de Muestreo						24/10/2020
Hora de Muestreo						07:03:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial
Identificación						Trat A3
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	0,41
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,359
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,310

N° ALS LS						447003/2020-1.0
Fecha de Muestreo						24/10/2020
Hora de Muestreo						07:08:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial
Identificación						Trat B1
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,233
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	25/10/2020	mg/L	2	5	14,5
Sólidos Suspendedos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	149,97
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica						
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,52
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,14
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,487
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,421

N° ALS LS						447004/2020-1.0
Fecha de Muestreo						24/10/2020
Hora de Muestreo						07:14:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial
Identificación						Trat B2
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,233
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	25/10/2020	mg/L	2	5	12,3
Sólidos Suspendedos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	125,09
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica						
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	1,14
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,025	1,04
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,453
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,414



## INFORME DE ENSAYO: 52979/2020

N° ALS LS						447006/2020-1.0
Fecha de Muestreo						24/10/2020
Hora de Muestreo						07:20:00
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial
Identificación						Trat B3
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas	20493	31/10/2020	mg/L	0,100	0,400	0,228
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	25/10/2020	mg/L	2	5	10,9
Sólidos Suspendedos Totales	20242	30/10/2020	mg/L	3	5	98,18
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica</b>						
Fosfatos, PO4-3	8100	26/10/2020	mg PO4-3/L	0,012	0,084	0,95
Fosfatos (como P)	8100	26/10/2020	mg PO4-3-P/L	0,004	0,023	0,54
Nitratos, NO3-	8100	26/10/2020	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,413
Nitratos, (como N)	8100	26/10/2020	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,397

### Observaciones

- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
Trat A1	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
Trat A2	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
Trat A3	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
Trat B1	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
Trat B2	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
Trat B3	Cliente	Agua Residual Industrial	24/10/2020	24/10/2020	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

**Tabla 39: Criterios técnicos del muestreo**

N°	CÓDIGO DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS	FECHA POSIBLE DE MUESTREO	MÉTODO	DESCRIPCIÓN	FRASCOS	CANTIDAD DE MUESTRA	PRESERVANTE
1	CPuca1	Captación del canal de riego Pucayacu	Aceites y Grasas DBO5 SST Nitratos Fosfatos	28/09/2020	ASTM D7066-04 (Validado, 2019)	Aceites y Grasas	V (ámbar y boca ancha)	250 ml	Añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2. Refrigerar ≤ 6°C
2	Vert01	0.10 cm antes de la descarga del vertimiento de aguas residuales de las piscinas para peces			SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017	DBO5	P, V	250 ml	Refrigerar ≤ 6°C
3	QPuca1	Quebrada Pucayacu a 5 metros antes de la confluencia con la descarga de vertimientos			SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	SST	P, V	1000 ml	Refrigerar ≤ 6°C
4	QPuca2	Quebrada Pucayacu a 5 metros antes de la confluencia con la descarga de vertimientos			EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado).2015	Nitratos	P,V	60 ml	Refrigerar ≤ 6°C
5	Reser1	Agua del reservorio posterior a la filtración				Fosfatos			
6	TratA1	Aguas post tratamiento con <i>Lemna minor</i> al 25%		14/10/2020	ASTM D7066-04 (Validado, 2019)	Aceites y Grasas	V (ámbar y boca ancha)	250 ml	Añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2. Refrigerar ≤ 6°C
7	TratA2	Aguas post tratamiento con <i>Lemna minor</i> al 50%			SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017	DBO5	P, V	250 ml	Refrigerar ≤ 6°C
8	TratA3	Aguas post tratamiento con <i>Lemna minor</i> al 100%			SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	SST	P, V	1000 ml	Refrigerar ≤ 6°C
9	TratB1	Aguas post tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i> al 25%			EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado).2015	Nitratos	P,V	60 ml	Refrigerar ≤ 6°C
10	TratB2	Aguas post tratamiento con <i>Pistia Stratiotes</i> al 50%				Fosfatos			
11	TratB3	Aguas post tratamiento con <i>Pistia Stratiotes</i> al 100%							

Fuente: Laboratorio ALS LS PERU S.A.C