



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Eficiencia de un sistema de filtración en el tratamiento de
efluentes para reducir los compuestos nitrogenados y fosforados
de la laguna Ricuricocha, Tarapoto 2021”**

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

AUTORAS:

Arriaga Cruzado, Pamela (ORCID: 0000-0002-4961-9432)
Sanchez Lazo, Sandra Veronica (ORCID: 0000-0003-1352-0219)

ASESORA:

Mg. Mendoza Lopez, Karla Luz (ORCID: 0000-0003-4041-7890)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de residuos

**TARAPOTO – PERÚ
2021**

Dedicatoria

La presente investigación, en primer lugar, va dedicada a nuestros padres y hermanos por habernos apoyado en el transcurso de la elaboración de nuestra tesis, a la vez ser la fortaleza en este camino y por las enseñanzas de sus buenas costumbres que han inculcado en nuestras personas, así ser mejores personas y profesionales. Seguido dedicarle a compañeros y amigos quienes nos brindaron su apoyo y conocimientos para lograr este objetivo.

Agradecimiento

El agradecimiento eterno a nuestro Dios padre por ser nuestro guía espiritual.

A la Universidad César Vallejo por brindarnos la oportunidad de lograr una meta más en nuestras vidas.

A nuestra asesora, la Mg. Karla Luz Mendoza López por ser nuestra guía constante y darnos una solución a los inconvenientes presentados.

A todos los profesionales que nos apoyaron en el desarrollo de la presente investigación.

Índice de contenidos

| | |
|---|-----------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de figuras | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 13 |
| III. METODOLOGÍA | 5 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 5 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 5 |
| 3.2.1. Variables | 5 |
| 3.2.2. Operacionalización de variables..... | 6 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo | 5 |
| 3.3.1. Población | 5 |
| 3.3.2. Muestra | 5 |
| 3.3.3. Muestreo | 5 |
| 3.3.4. Tipos de muestreo | 5 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 6 |
| 3.5. Instrumentos | 7 |
| 3.6. Procedimientos..... | 7 |
| 3.7. Aspectos éticos | 12 |
| IV. RESULTADO | 13 |
| 4.1. Concentración de nitrógeno total en agua de efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento | 13 |
| 4.2. Concentración de fosforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento | 14 |
| 4.3. Características del agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en cada una de las etapas del sistema propuesto | 15 |
| 4.4. Eficiencia del sistema de filtración en el tratamiento de efluentes con compuestos nitrogenados y fosforados de la laguna Ricuricocha | 17 |
| V. DISCUSIÓN..... | 18 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 21 |
| VII. RECOMENDACIONES | 22 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| REFERENCIAS | 23 |
| ANEXOS..... | 27 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Tipos de filtros, características | 20 |
| Tabla 2 Valores límite de la friabilidad..... | 23 |
| Tabla 3 Dimensiones de la capa de los lechos filtrantes. | 24 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Distribución granulométrica de dos tipos de arena | 23 |
| Figura 2 <i>Esquema general del diseño correlacional causal.</i> | 5 |
| Figura 3: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total en los efluentes de la laguna Ricuricocha. | 13 |
| Figura 4: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fosforo total en los efluentes de la laguna Ricuricocha. | 14 |
| Figura 5: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total post el filtro descendente y ascendente. | 15 |
| Figura 6: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fosforo total post el filtro descendente y ascendente. | 16 |
| Figura 7: Gráfica de perfil correspondiente a la eficiencia en el tratamiento de compuestos nitrogenados y fosforados de efluentes de la laguna Ricuricocha mediante filtración. | 17 |

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia del sistema de filtración en el tratamiento del agua de efluentes de la laguna Ricuricocha para reducir la concentración de nitrógeno y fosforo total; para lo cual se tomaron muestras en el diferentes puntos del agua de esorrentía que confluyen a un afluente, al atravesar la primera etapa del sistema (filtro descendente: 0.5 m de espesor de arena fina, 0.05 m de espesor de arena gruesa y 0.08 m de espesor de graba), al atravesar segunda etapa (filtro ascendente: 0.08 m de espesor de graba y 0.07 m de espesor de carbón activado) y una muestra compuesta a partir de diferentes puntos de la laguna; posteriormente se implemento un sistema de filtración, el cual conta de dos etapas (primera etapa: filtro descendente y segunda etapa: filtro ascendente). La evaluación consistió en hacer pasar el agua de los efluentes y dejarlo correr por un tiempo mayor de 24 h; para posteriormente tomar muestras en el agua de esorrentía, post el filtro descendente, post el filtro ascendente y en la laguna misma. Concluyéndose que, los valores de la eficiencia de tratabilidad de nitrógeno y fosforo total, que según el informe de laboratorio en el agua de esorrentía para nitrógeno total fue de 3.550 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.250 mg/L lo cual representa una eficiencia del 92.96 %, mientras que para fosforo total, en el agua de esorrentía fue de 0.180 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.010 mg/L, lo cual representa una eficiencia del 94.44 %, lo que permitiría aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula.

Palabras Clave: nitrógeno total, fosforo total, eficiencia, tratabilidad y agua.

Abstract

The objective of the present investigation was to determine the efficiency of the filtration system in the treatment of effluent water from the Ricuricocha lagoon to reduce the concentration of nitrogen and total phosphorus; for which samples were taken at different points of the runoff water that converge to a tributary, when passing through the first stage of the system (descending filter: 0.5 m of fine sand thickness, 0.05 m of coarse sand thickness and 0.08 m of engraving thickness), when crossing the second stage (ascending filter: 0.08 m of engraving thickness and 0.07 m of activated carbon thickness) and a sample composed from different points of the lagoon; Later, a filtration system was implemented, which has two stages (first stage: descending filter and second stage: ascending filter). The evaluation consisted of passing the water from the effluents and letting it run for a time greater than 24 h; to later take samples in the runoff water, after the descending filter, after the ascending filter and in the lagoon itself. Concluding that, the values of the treatability efficiency of nitrogen and total phosphorus, which according to the laboratory report in the runoff water for total nitrogen was 3,550 mg / L and at the outlet of the system it was possible to reduce it to 0.250 mg / L which represents an efficiency of 92.96%, while for total phosphorus, in the runoff water it was 0.180 mg / L and at the outlet of the system it was possible to reduce to 0.010 mg / L, which represents an efficiency of 94.44%, which it would allow accepting the alternative hypothesis and rejecting the null hypothesis.

Keywords: total nitrogen, total phosphorus, efficiency, treatability and water.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la problemática ambientales relacionada con la contaminación de los recursos hídricos, que pone en riesgo el equilibrio ambiental, seguridad alimentaria, la salud poblacional y el desarrollo económico sostenible; nuestra **realidad problemática** lo describe así, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), indica que la cantidad de agua dulce en la tierra es limitada debido a la presión antrópica constante; por lo que su conservación y reaprovechamiento es de vital importante para garantizar la sostenibilidad en el tiempo, asegurando así la sobrevivencia de nuestra especie. A pesar que, el planeta tierra está conformado en un 70% por agua, esta no estaría disponible porque una gran parte es agua salada y tan solo una pequeña cantidad es agua dulce, y de esta en una gran cantidad ha perdido su calidad debido a los vertimientos urbanos e industriales con escaso o nulo tratamiento. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019), menciona que, existen muchas clasificaciones de los cuerpos de agua, entre ellas, se considera agruparlos según la propiedad que presentan las masas de agua respecto a su movimiento; así por ejemplo, las aguas lenticas estarían conformadas por cuerpos tranquilos como lagos, lagunas, charcas, estanques, humedales, entre otros y las aguas loticas corresponden a los cuerpos constituidos por corrientes tales como ríos, arroyos, quebradas, canales, entre otros. Según la Secretaría de Medioambiente y de Recursos Naturales de México (SEMARNAT, 2004) sostiene que las múltiples campañas, convenios internacionales y muchas normas de cada país tienen el propósito de preservar los ambientes acuáticos y proteger los diversos servicios que estos nos brindan. Por eso, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) destaca la importancia que tienen cuerpos como los lagos y lagunas; ya que estos aparte de mantener en sus aguas diversas poblaciones se componen factores químicos y físicos en el que interactúan no solo los seres de vida acuática, sino que brinda un ambiente propicio en sus alrededores para que poblaciones terrestres de animales y vegetales puedan sobrevivir. De acuerdo a la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos al año 2016, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) identificaría 41 unidades hidrográficas, cuyos parámetros de calidad exceden los ECA-Agua, donde el factor relevante está relacionado con los vertimientos de aguas residuales (industriales, domésticas y municipales). Esto solo permitiría corroborar el trabajo realizado en el

año 2012 por la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH), donde se identificó que las principales fuentes de contaminación y origen de las mismas. Otra fuente importante está relacionada con las actividades mineras como la informal y los pasivos ambientales mineros; aunque se tiene registros que muchos de los cuerpos receptores reciben influencia de las actividades agrícolas y ganaderas (Aquino, 2017). Según el Ministerio de Ambiente (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016), menciona que, como política de estado a fin de garantizar la conservación y la calidad del recurso hídrico, se ha creado instituciones que administren y controlen la calidad de este. Entre estos podemos mencionar al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y diversas EFAs como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en concordancia con otras instituciones como el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) tendrían la potestad de velar por la conservación de la calidad del agua; donde se encuentran inmiscuidos los lagos y lagunas. La importancia de estos, se debe al aporte en múltiples soluciones a las necesidades del hombre, servicios ambientales e incluso ser considerados como parte de corredores turísticos y recreativos que se deben explotar. Los reportes de las últimas décadas, coinciden que el Perú contaría con más de 12000 lagos y lagunas, muchos de ellos asentados en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes. Donde el lago más importante es el Lago Titicaca (el más grande y navegable más alto del mundo), seguido por el Lago Junín y la Laguna de Arapa. Los reportes al año 2015, informan que seis lagos se encontrarían siendo influenciados por la contaminación de actividades mineras, industriales, aguas residuales e incluso residuos sólidos, entre las que se puede mencionar a las lagunas de Junín, Quilcacocho, Huasca Cocha, Antauta, Llacsacoch y el Lago Titicaca; así lo informa el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2015). En el informe de priorización de cuencas para la gestión de recursos hídricos se menciona que entre los elementos característicos de la geografía del Perú destacan sus innumerables lagos y lagunas que, según el entorno ambiental, sus aguas, presentan características particulares y propias de cada fuente. Además, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Perú contaría con 12201 lagunas, de las cuales, 7441 lagunas se encuentran en la vertiente del Atlántico representando el 61 %, seguida por la vertiente del Pacífico que presentaría unas 3896 lagunas con un equivalente del 32 % y finalmente la vertiente del Titicaca donde se encontrarían unas 841 lagunas

representando al 7 % de las identificadas a nivel nacional (ANA & MINAGRI, 2016). Según lo descrito anteriormente y la realidad actual, se propone la siguiente interrogante como **problema general**; ¿cuál será la eficiencia del sistema de filtración en el tratamiento del agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha para reducir la concentración de nitrógeno y fósforo total? Mientras que en los **problemas específicos** tenemos las siguientes interrogantes; ¿cuáles será la concentración de nitrógeno total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento?; ¿cuál será la concentración de fósforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento? y ¿cuáles serán las características del agua en cada una de las etapas del sistema de filtración a implementar? El presente proyecto se **justifica teóricamente**, teniendo en cuenta que, las diversas fuentes hídricas, entre ellos la laguna Ricuricocha viene siendo deteriorada por diversas actividades como la agricultura y la ganadería que aun hace uso de prácticas inadecuadas para considerar una agricultura rentable, sostenida y ambientalmente amigable; donde se hace uso de manera desmedida de los fertilizantes y plaguicidas o los residuos generados que no cuentan con un tratamiento y disposición adecuada. así por ejemplo Chappa, Tenorio, & Gallusser (2007), mencionan que, los valores promedio para su producción de cacao es de 2 L de fungicidas por Ha, 2 L de insecticidas por Ha y 2.5 L de herbicidas por Ha, 100 Kg de fertilizantes fosforados por Ha, 200 Kg de fertilizantes nitrogenados por Ha y 100 Kg de fertilizantes de potasio por Ha, utilizando por año un total de 572.000 litros de fungicidas, herbicidas e insecticidas, así como 53.600.000 kg de fertilizantes; la **Justificación metodológica** está relacionada con, el transporte de los contaminantes retenidos en el soporte del filtro. Donde la adherencia entre partículas es un fenómeno de acción superficial, que está influenciado por diversos parámetros físicos y químicos. La retención de los contaminantes en los sistemas de filtración está relacionado con la adsorción, intercepción y difusión, debido al impacto inercial en el soporte por una acción hidrodinámica que disminuye considerablemente la velocidad para retener a los contaminantes debido a los mecanismos de adherencia de las fuerzas de Van der Waals, las fuerzas electroquímicas y el puente químico; así lo describe el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2004). La **Justificación práctica**, se basa teniendo en cuenta que, los sistemas filtrantes pueden actuar por adsorción, donde se elimina sólidos presentes

en el agua, la fase líquida del agua bruta pasa a través del medio filtrante y recibe el nombre de filtrado, existen dos sistemas distintos, la filtración de lecho profundo y la filtración superficial (filtración tangencial y filtración de torta) (Ramalho, 1983). La **justificación social**, se fundamenta teniendo en cuenta que, se propone una alternativa viable, técnica y sostenible a fin de sobre guardar los cuerpos de agua, teniendo en cuenta los diversos servicios ecosistémicos que estos brindarían y que de una u otra manera, permiten mantener ciertas condiciones climatológicas en beneficio de la sociedad (Iwan, Guerrero, Romanelli, & Bocanegra, 2017). El presente proyecto tiene como **hipótesis nula** que el sistema de filtración en el tratamiento de efluentes **no** será eficiente en la remoción de compuestos nitrogenados y fosforados de la laguna Ricuricocha, Tarapoto, 2020.; mientras que la **hipótesis alterna** es que el sistema de filtración en el tratamiento de efluentes será eficiente en la remoción del contenido de compuestos nitrogenados y fosforados de la laguna Ricuricocha, Tarapoto, 2020. **El objetivo general** de la investigación es determinar la eficiencia del sistema de filtración en el tratamiento del agua de efluentes de la laguna Ricuricocha para reducir la concentración de nitrógeno y fósforo total, Así mismo; presenta como **objetivos específicos**: determinar la concentración de nitrógeno total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento; determinar la concentración de fósforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento además de evaluar las características del agua en cada una de las etapas del sistema a implementar.

II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación también hace referencia a **estudios previos** de investigadores, de ello se tomó como **antecedentes internacionales** a Chaukura et al.(2020): ***“A new generation low-cost biochar-clay composite “biscuit” ceramic filter for point-of-use water treatment”***. Los cuales explican la fabricación de un filtro de cerámica compuesta (BCF) a partir de arcilla y aserrín, y el control (CF) solo con arcilla. Los BCF tenían una capa de biocarbón notable intercalada entre dos capas de cerámica (es decir, estructura de "galleta"). La arcilla tenía los grupos funcionales característicos de Bronsted y caolinita, y la superficie de las morfologías de los materiales eran heterogéneas, aptas para la eliminación de contaminantes. Ambos filtros fueron altamente hidrofílicos, aunque BCF fue más hidrofílico que CF. El caudal inicial de los filtros fue de 51 y 34 mL / min para BCF y CF, respectivamente. En general, BCF fue más eficaz en la eliminación de TH (42,5%), TDS (45,8%) y turbidez (67%) en comparación con CF (14,8, 17,6 y 56%, respectivamente), y su rendimiento fue comparable a la etapa de filtración de arena de la EDAR. Los resultados demostraron que un filtro de cerámica de "galleta" es potencialmente eficaz para tratamiento de agua a escala doméstica. Sin embargo, la investigación adicional debería centrarse en aumentar el caudal de permeado a niveles más útiles, funcionalizar la capa de biocarbón e investigar la eliminación de metales tóxicos y específicos contaminantes orgánicos. Para Zhang et al., (2020) en su investigación titulada: ***“Denitrification mechanism and artificial neural networks modeling for low-pollution water purification using a denitrification biological filter process”***. Explica la utilización de un filtro biológico de desnitrificación (DNBF) para tratar agua sintética de baja contaminación. Se investigó la viabilidad de la mazorca de maíz tratada con álcali como fuente de carbono de liberación lenta para desnitrificación. Además, se estudió el comportamiento de DNBF con diferentes medios (ceramsita, arena de cuarzo y plásticos de polipropileno) y condiciones de operación. Se analizó el mecanismo de desnitrificación de DNBF y se estableció un modelo de red neuronal artificial para predecir la calidad del agua del efluente de agua de baja contaminación tratada con DNBF. Los resultados mostraron que cuando la dosis de mazorca de maíz tratada con álcali fue de 20 gr el tiempo de retención hidráulica (TRH) fue de 2 h, $\geq 94,7\%$ para nitrógeno nitrato y $\geq 85,6\%$ para el nitrógeno total), y la concentración de nitrógeno total del efluente cumple con la Clase IV del Estándar de calidad ambiental

para aguas superficiales (GB 3838-2002, China). La eficiencia total de remoción de nitrógeno aumentó con el aumento de HRT (0.5 - 2,0 h) y dosificación de mazorca de maíz tratada con álcali (0 - 20 g). Para Sangucho & Rodriguez (2018), En su tesis titulado: ***“Evaluación de la viabilidad del uso del Raquis como lecho filtrante para el tratamiento de agua residual proveniente de la extracción de aceite de palma”***. En primer lugar, caracterizan el agua residual, obteniendo valores que sobrepasaban más de 200 veces los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce. Seguidamente, se ensambló un sistema de seis biofiltros percoladores, para lo cual se consideraron como variables: 1) la granulometría del raquis acondicionado y 2) el espesor del lecho filtrante. Además, se monitoreó su funcionamiento por un periodo de 10 semanas, durante las cuales se realizó el muestreo del efluente tratado dos veces por semana, con el fin de determinar la eficiencia del tratamiento biológico. El análisis de resultados mostró que la eficiencia del tratamiento del agua residual alcanzada por el biofiltro más eficiente (Biofiltro 3), obtuvo valores de: 100,00% en sólidos sedimentables, 99,85% en sólidos suspendidos totales, 85,80% en sólidos disueltos, 91,50% en sólidos totales, 86,57% en DBO y DQO y 99,44% en grasas y aceites. Además, se observó un incremento del pH de 3,00 a 4,75. Sin embargo, solamente los parámetros de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y grasas y aceites, alcanzaron valores permisibles en la normativa. Para Tunçsiper (2020), en su artículo denominado: ***“Nitrogen removal in an aerobic gravel filtration-sedimentation pond-constructed wetland-overland flow system treating polluted stream waters”***. Describe que la contaminación por nitrógeno en los arroyos se puede controlar mediante la construcción en serie de un tratamiento de aguas residuales naturales (NWT) sistemas dentro de arroyos. Por lo tanto, un sistema híbrido NWT a escala piloto que consiste en filtración de grava (GF), sedimentación estanque (SP), humedal artificial de superficie de agua libre de filtración de grava (GF-FWSCW) y tierra de filtración de grava flujo (GF-OF) se instaló con el fin de evitar la contaminación en una corriente (corriente Nigde) que alimenta y contamina la fuente de agua superficial (lago Akkaya). El sistema a escala piloto se instaló en un nuevo canal de 60 m de longitud que estaba ubicado frente al arroyo. Cambios en el amonio ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$), nitrógeno orgánico (Norg.), Nitrógeno total (TN) y las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se monitorearon de forma rutinaria en afluentes y efluentes de todas las etapas del sistema híbrido NWT

y el sedimento del fondo del SP durante un período de operación de un año. Según los resultados del estudio, mientras que el $\text{NH}_4 + \text{-N}$ más Norg. se redujo en un promedio de 75% (de 49,1 mg L⁻¹ a 7,1 mg L⁻¹), el TN se redujo en un promedio de 85% (de 50,2 mg L⁻¹ a 12,4 mg L⁻¹). Temporadas más frías y mayores tasas de carga hidráulica (HLR) afectaron negativamente la eficiencia de eliminación de nitrógeno del sistema piloto. El uso de vegetación y medio filtrante tuvo un efecto positivo en las eficiencias medias de remoción. Los resultados muestran que la contaminación por nitrógeno en los arroyos contaminados podría reducirse en gran medida mediante el establecimiento de un sistema NWT en serie dentro de ellos. Wang, Yin, Cai, & Yang (2019): ***“Un sistema mejorado con macrofitas y esponja de poliuretano como tecnología ecológica para restaurar el agua eutrófica: una prueba piloto”***; consideran que la eutrofización es un problema que afecta a los lagos y estanques urbanos debido al exceso de nutrientes. Para hacer frente a este problema, se evaluarán métodos que apoyen la rehabilitación ecológica, donde se evaluó la eutrofización a escala piloto, se utilizó un sistema biológico flotante artificial (esponja de poliuretano) (FBTS) y un aireador. Así mismo, se empleó FBTS para disminuir el nitrógeno total (TN), el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), el fósforo total (TP) y la demanda química de oxígeno (DQO). El monitoreo fue contante, registrándose diferencias en la diversidad del grupo funcional de fitoplancton; las cianobacterias disminuyen post la eliminación de P, y la composición de diatomeas cambió. Las especies dominantes *Cyanophyta* se transformaron para coexistir con *Bacillariophyta*, *Pyrrophyta* y *Chlorophyta* debido a la mejora de la calidad del agua. Por lo que, el FBTS sería una alternativa ecológica para disminuir el N y P del agua eutrófica promoviendo la sucesión de fitoplancton. Saminathan, Mulligan, Kim, & Bhat, (2014): ***“Eliminación de fósforo y otros componentes de lago eutrófico agua”***; describen que, a pesar de la reducción en las fuentes externas, excepto el drenaje de áreas forestales, el nivel de P en el agua sigue alto y constituye un desafío para la conservación del lago Caron. Para lo cual, se realizó un estudio de laboratorio para evaluar la efectividad de los geotextiles no tejidos para reducir las concentraciones de nutrientes (P and nitrógeno, N) y mejorar la calidad del agua. Se probaron dos filtros de geotextil (TEGTN350 y TE-GTX400) con diferentes tamaños de apertura aparente y materiales en tres combinaciones diferentes: 1) TE-GTN350 / TE-GTN350, 2) TE-GTX400 / TE-GTN350 y 3) TEGTX400 / TE-GTX400. En los filtros de geotextil, se incorporaron

sedimentos limpios que pueden actuar como materiales adsorbentes que mejoren la eficiencia del tratamiento. Debido a la filtración, el contenido total de P (TP) se redujo de 40 µg/L; la eficiencia total de eliminación de TP por los filtros estuvo entre 62.5 y 75% y se observó una eficiencia ligeramente mayor con la combinación TEGTN350 / TE-GTN350. Además de la eliminación de TP, los filtros redujeron la turbidez en un 77-85% y el N (TN) total en un 37-52%. Concluyéndose que la calidad del agua mejoró en términos de eliminación de nutrientes y turbidez. Berger, College, Berger, Triplett, & Bartley (2015): ***“Efectividad de los procesos de remediación en condiciones de agua eutrófica de Crystal Lake, Condado de Hennepin, MN”***; mencionan que la escorrentía introduce nutrientes en los lagos urbanos, lo que resulta la condición eutrófica. Crystal Lake es un pequeño lago de la cuenca Shingle Creek - condado de Hennepin Minnesota, incluido en la lista de aguas eutróficas. Para estudiar su remediación se instaló una planta de floculación que elimine el contenido de fósforo haciendo circular el agua fuera del lago en tanques de retención. Luego, el fósforo en el agua se eliminó agregando un alumbre al agua en estos tanques, formando un precipitado con el fósforo que podría ser extraído, dicha evaluación recolecto datos entre 2012 y 2013. Posteriormente se compara los datos de calidad del agua del antes y post la implementación, donde los datos de fósforo total (TP), oxígeno disuelto (OD) y claridad del agua recopilados. Lográndose concluir que la planta de floculación ha impactado positivamente la calidad del agua en el lago y debe considerarse para su uso continuo. En el **contexto nacional** se tomó a Delgado & Reyes (2018): ***“Evaluación de la eficiencia de la antracita y cuarzo en la remoción de contaminación del agua de la quebrada Malvinas”***; tiene como finalidad determinar la eficiencia descontaminante de la antracita y cuarzo, utilizados en sistemas de filtros para descontaminar el agua de la Quebrada Malvinas. Para lo cual se diseñaron dos filtros con polietileno (PET) de 50 cm de longitud y 10 cm de diámetro, con uniones, codos, y tubos de PVC de ½ pulgada de diámetro. , duchas a los filtros para dispersar el agua en el filtrado, los filtros tenían soporte de madera con la finalidad de estabilizarlos, obteniendo como conclusión que la antracita presenta un mayor porcentaje de remoción de turbidez, color y coliformes fecales en un 55,68% a diferencia del cuarzo con porcentaje de remoción de turbidez, color y coliformes fecales de 18,82%, debido al tamaño de graduación de la antracita ½ pulgada. Para Manzanares & Ricaldi (2017): ***“Remoción de materia orgánica de agua residual sintética con filtros***

aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto"; en la que se propuso determinar el porcentaje de remoción de materia orgánica de agua residual sintética por aplicación de un sistema aerobio (6 filtros aerobios). El principio se basó en la percolación "paso del fluido a través de un soporte de una biopelícula", que disminuiría la materia orgánica. Se utilizó el polipropileno "tapas de botellas plásticas y caucho". Se controló el caudal para cada filtro (25, 50 y 75 mL/min). El proceso tuvo un periodo de adaptación de 4 semanas, donde los microorganismos se adherirían al medio filtrante, posteriormente fue analizado semanalmente en el afluente y el efluente, para determinar la remoción y tiempo de establecimiento del sistema. Concluyéndose que, el sistema planteado es eficiente para la remoción de la materia orgánica por DBO, el agua residual sintética inicial tuvo una concentración de 360 mg/L y, en el efluente tratado se logró un valor de 52 mg/L, equivalente a una remoción del 86 %, a un caudal de 50 mL/min. Mayhua & Ordoñez (2017): **"Eficiencia de filtros a diferentes concentraciones tipo 1 y 2 de arcilla, aserrín y plata coloidal en aguas del canal de regadío Chuquitanta para recuperar agua categoría 3"**; para lo cual, se usaran filtros de bajo costo y sin el uso de tecnología a gran escala; ya que solo de utilizaran materiales de fácil acceso como el aserrín, la arcilla y plata coloidal; que en una concentración de 80% de arcilla, 20% de aserrín y plata coloidal a unos 25.6 ppm debería permitir la recuperar la calidad de las aguas del canal de regadío de Chuquitanta. Los parámetros evaluados fueron turbidez, DQO, DBO5, Cd, Mn y coliformes totales incluidos como sugeridos en la categoría 3 de la clasificación según los ECA para agua. Finalmente, los filtros tipo 1 tienen una media de reducción de 96.4% de turbidez y los filtros tipo 2 una eficiencia del 97.07%. Los filtros tipo 1 y 2 presentan flujos de filtración menor a 1 L/h; los filtros tipo 2 lograron reducir los Coliformes totales de 1 700 NMP/100ml a 15 NMP/100ml; además permite remover contaminantes inorgánicos de hasta un 98.9% de Mn y Cd hasta en un 94% equivalente a 0.0056 mg/L de un inicial de 0.0925 mg/L. Así mismo como antecedentes en el **contexto local** se consideró a Jaramillo & Paredes (2019): **"Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía – Morales, 2018"**, para lo cual se determinó ciertos parámetros, entre ellos DBO5, DQO, temperatura, pH y SST; dichas mediciones se realizaron al inicio del proceso, a los 15, 30 y 40 días que duró el procesos experimental. Encontrándose

que, los valores de los parámetros como DBO5 y DQO proveniente del biodigestor, no se encontraban dentro de los LMP establecidos según el D.S. N° 003-2010-MINAM, mientras que los valores de los parámetros como SST, temperatura y pH sí se encontraban dentro de lo establecido. Cabe indicar que, en el sistema de filtros, el diámetro de cada uno fue 0.28 m, con un área de 0.051 m² y un volumen de 0.066 m³. Así mismo, se debe hacer presente que, el caudal empírico fue disminuyendo a medida que transcurrían los días. Finalmente se concluye que, la eficiencia del sistema de tratamiento con dos filtros percoladores en serie, tras 40 días de funcionamiento es de 98.12 %, 96.36 % y 95.76 % para DBO, DQO y SST respectivamente. Llanos, Mirano, & Azabache (2018): ***“Evaluación de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remoción de parámetros físicos, de las aguas de la quebrada La Oyada, Moyobamba, Perú – 2017”***; para lo cual, los filtros a implementar fueron diseñados tomando en cuenta el D. S. N° 011-2006-VIVIENDA; estos deberían satisfacer un consumo promedio diario de 0.081 l/s, con dimensiones de 1.15 m x 0.90 m y una altura de 2.55 m (equivalente a 1.00 m² de área superficial). En los resultados se evidencia que, la mayor eficiencia de remoción se logró en el filtro de arena, con los siguientes valores promedio, SST: 58.25% en estiaje, y 36.25% en avenidas; para la turbiedad: 58.25% en estiaje y 51.50% en avenidas; Color: 57.50% en estiaje y 50.25% en avenidas. Concluyéndose que, el filtro de piedra caliza no es más eficiente que el filtro de arena en la remoción de la concentración de parámetros físicos de las aguas de la quebrada La Oyada. Medina, López & Azabache (2015): ***“Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de Uchuglla, de la ciudad de Moyobamba 2013”***; se trajo como objetivo contribuir con la investigación respecto a la tratabilidad mediante humedales artificiales como alternativa en la recuperación de aguas residuales, mejorar la calidad ambiental; para lo cual se construyó un sistema de tratamiento basado en humedales artificiales (*Arundo donax*); la evaluación se realizó en un periodo de tres meses consecutivos con un caudal de 3 m³/d. Obteniéndose como resultados en el afluente una DBO de 249mg/L, coliformes termotolerantes de 5689 UFC/100 mL y el efluente una DBO de 97mg/L, coliformes termotolerantes de 1995 UFC/100 mL, alcanzando una eficiencia de remoción de 61.04 % de DBO y de 64.93% UFC/100 mL de coliformes termo

tolerantes. Concluyéndose que el rendimiento del sistema de tratamiento es de bajo costo en mantenimiento y cumple con los LMP.

En lo referente a las **bases teóricas** de la investigación es importante comenzar describiendo lo vital que resulta la conservación de los cuerpos de agua, debido a que estos ofrecen un sin número de servicios ecosistémicos; es más el agua es considerado un recurso que sustenta la existencia en todas sus expresiones en la tierra, químicamente formado por dos átomos de H y uno de O. Seminario, Sanborn, & Alva (2014). Además, la Comisión Nacional del Agua, menciona que a este recurso se le considera como un eje articulador de luchas ambientales y sociales y que tras ser aprovechadas existen métodos físicos, químicos y biológicos para su tratamiento o recuperación. CONAGUA (2011).

Según la Comisión Nacional del Agua – México (CONAGUA, 2007), considera que la filtración es una operación física que consiste en hacer pasar un fluido a flujo lento a través de un lecho filtrante con características granulares y que cuyos soportes más comunes son antracita, carbón, arena, granate y zeolita. Cuando el fluido cruza por el medio filtrante, este funciona atrapando las partículas suspendidas mediante mecanismos de intercepción, colado, floculación y sedimentación, esto es por acción de la densidad, tamaño y forma de las partículas debido a que estas no pueden pasar a través de los poros del lecho filtrante y solo se quedan retenidas en el soporte de manera descendente; las partículas que presentan menor velocidad de fluidez se adhieren al medio por las fuerzas electrostáticas producidas.

Según Ramalho (1983), existen diferentes clasificaciones del principio de filtración, algunos con baja carga superficial (filtros lentos), otros con alta carga superficial (filtros rápidos). Basados diversos medios porosos (arena, antracita, granate, etc.) empleando un único medio (lecho simple) o varios (lecho mixto), con flujo ascendente o descendente; por último, el filtro puede trabajar mediante el suministro de una presión suministrada o simplemente por gravedad, según sea la magnitud de la carga hidráulica en soporte filtrante y según la cantidad volumétrica requerida; más adelante, se describirán los más importantes, según su principio de funcionamiento. Los filtros lentos, su principio se basa en hacer pasar volúmenes de agua con bajos

contenidos de sólidos en suspensión, sin hacer uso de coagulantes, ni decantación previa. En este tipo de filtros, el agua debe tener un flujo lento que pasa a través de un lecho de arena fina, en los que quedan retenidas las partículas de grandes (superficie del sistema), se forma una capa biológicamente activa porosa muy delgada, pero con un área vasta de contacto debido a la porosidad facilitando así la adsorción de impurezas. Los filtros rápidos: su principio se basa en hacer pasar volúmenes de agua a velocidades de 4 a 50 m/h, donde apenas se formaría una biopelícula y los procesos formados serían escasos. En este proceso se pretende hacer funcionar la totalidad del lecho filtrante y el mecanismo que predominará para la eliminación de las partículas será el físico. Este sistema presenta una ventaja para eliminar los coloides difíciles de separarlos por filtración superficial. Para tener resultados eficientes, se requiere que los materiales puedan penetrar profundamente en el lecho y no alterarlos en la superficie. Por lo general el lecho se va saturando de forma progresiva con el material retenido, que se evidencia por un incremento de presión diferencial o por la caída del caudal filtrado; cuando esto se produce es necesaria un lavado del sistema (por lo general retro lavado).

Tabla 1
Tipos de filtros, características

| Según la velocidad de filtración | Según el medio filtrante usado | Según el sentido del flujo | Según la carga sobre el lecho |
|--|---|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lentos 2 – 10 m ³ /m ² x d | Arena | Ascendentes Descendentes | Por gravedad |
| Rápidos 120 – 360 m ³ /m ² xd | Lecho simple 1. Arena 2. Antracita | Ascendentes Descendentes | Por gravedad Por presión |
| Rápidos 240 – 480 m ³ /m ² xd | Lecho mixto a) Lecho Doble - Arena - Antracita b) Lecho Triple - Arena - Antracita - Granate | Ascendentes Descendentes | Por gravedad Por presión |

Fuente: OPS, OMS, & CEPIS (2005)

El **Lecho filtrante**, es el medio o soporte filtrante es un elemento fundamental en los sistemas de filtración ya que es el quien realiza la separación de los sólidos contenidos en el fluido por lo que su correcta elección es importante para garantizar

el buen funcionamiento del proceso. El medio filtrante debe permitir el paso del fluido y retener los contaminantes o sólidos que se irán acumulando sobre su superficie (CEPIS, 2004). Los materiales utilizados como medio filtrante, se conocen diversos materiales que pueden ser utilizados, algunos son minerales naturales y otros preparados; cada uno de ellos con diversas propiedades como ofrecer la mínima resistencia al flujo y tener capacidad de retención de los sólidos, soportar condiciones del proceso (presiones, temperaturas, pH), ser químicamente no tóxicos, facilitar el retiro de la torta limpia y completa, adaptarse al equipo de filtración y ser de fácil limpieza y tener buena relación vida útil/costo; entre los más utilizados se pueden mencionar: **Gravilla:** Retiene partículas y objetos de gran tamaño que por lo general saturarían fácilmente otros lechos; el diámetro de la partícula tamiz es de 4-8 mm. **Carbón – antracita:** La estructura porosa le proporciona la capacidad de adsorción de los contaminantes coloidales en medios acuosos; el diámetro efectivo de la partícula es de 2-3 mm. **Zeolita (Clinoptilolita):** Su estructura física (panal) y sus características químicas le permite diversas propiedades; se pueden utilizar como intercambiador de cationes, absorción y cribado de moléculas. Su capacidad de intercambio es 1.5 mEq/g. **Carbón activado carbón coke:** Su estructura porosa le proporciona gran capacidad de adsorción de contaminantes en el medio acuoso. Es muy utilizado en la remediación y purificación del agua; su volumen del poro es de 0.35 – 0.36 g/cm³. **Arena silicia:** Es un excelente lecho filtrante para retener partículas grandes y pequeñas. Su tamaño diverso las hace versátiles para la constitución de los filtros; el tamaño de la partícula tamiz es de 1-1.5 mm. **Resinas de intercambio aniónico:** Se utiliza junto a las resinas catiónicas para implementar equipos desionizadores; el tamaño de sus partículas es de 0,62mm +/-0,05 mm. **Resinas de intercambio Catiónica:** Se utilizan en conjunto con las resinas aniónica para implementar equipos desionizadores; el tamaño de sus partículas es de 0,62mm +/-0,05 mm.

El procesos durante la filtración en el lecho filtrante, según Regueiro et al. (2018), la dinámica que sucede en el proceso de filtración, tiene diversas etapas, las mismas que tienen por finalidad retener los contaminantes presentes en el agua según el principio que este ofrece; estas etapas se describen a continuación: **Decantación:** El lecho filtrante es considerado como un decantador, en la cual se

separan los sólidos del líquido, el más denso que ocupará la parte inferior de la mezcla. **Acción de fuerzas centrífugas:** El agua que circula sigue una trayectoria curvilínea. Aparecen fuerzas de inercia y las partículas chocan entre sí formando flóculos. **Fenómenos de intercepción:** Las partículas impactan con el material filtrante y podrían quedar atrapadas o fijadas a su superficie. **Fenómenos de difusión:** Las partículas pequeñas facilitan el impacto con el medio y la formación de los flóculos y su fijación al lecho filtrante.

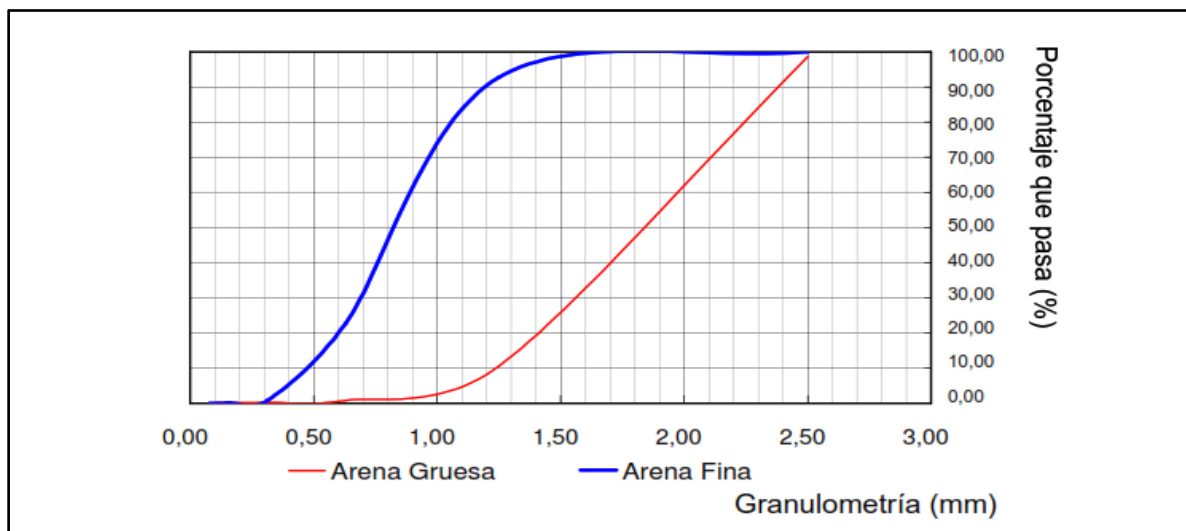
La caracterización del lecho filtrante, según el CEPIS (2004), las características fundamentales que definen a un lecho filtrante se describen a continuación: **Material granular:** Los materiales más utilizados son la arena silícea ($U = 2,65 \text{ T/m}^3$), antracita ($U = 1,35 \text{ a } 1,75 \text{ T/m}^3$) y granate ($U = 4 \text{ a } 4,2 \text{ T/m}^3$). La granulometría del material filtrante, se define a partir de dos parámetros: **Tamaño de partícula:** El tamaño va a determinar la luz de los intersticios, se caracteriza mediante la talla efectiva o eficaz (d_{10}) que es el diámetro de malla que deja pasar un 10% en peso del material. **Uniformidad de tamaños:** El coeficiente de uniformidad (C_u) da idea de la mayor o menor diversidad de tamaños, se obtiene mediante la siguiente relación, siendo d_{60} el diámetro de malla que deja pasar un 60% en peso del material (Ver fórmula 1).

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad \text{Fórmula 1}$$

En donde d_{60} es la luz de la malla que sólo deja pasar un 60 % del material filtrante. Es recomendable que el C_u sea menor que 2. Al d_{10} y al C_u se les denomina parámetros de Hazen. En el caso de la arena, el tamaño efectivo varía de 0,50 a 2,50 mm. La selección del d_{10} depende del tipo de filtro y de la aplicación de la operación de filtración. La antracita, por su parte tiene un tamaño eficaz de 0,70 mm. Se trata de un carbón no aglomerante con un porcentaje de materia volátil del 3 al 8 %. La arena de granate o ilmenita se emplea en filtros multicapas, se usa material fino (pequeño d_{10}).

Figura 1

Distribución granulométrica de dos tipos de arena



Fuente: OPS, OMS, & CEPIS, (2005)

La atacabilidad del lecho está relacionado con la degradación por acción de agentes agresivos (acidez del agua, CO₂, etc.); para estimar su valor, se sumerge al material filtrante en HCl al 5% x 24 h, luego se seca y se pesa, su variación debería ser menor del 2%; si se emplea HCl al 40%, la pérdida deber ser inferior al 5% (Degrémont, 1979). **Friabilidad:** Según Degrémont (1979), la arena empleada debe ser resistente, la formación de finos debe ser mínima para evitar atascamientos, su valoración se realiza determinando la cantidad que se mantiene utilizable (tamaño original de la muestra) tras ser triturado durante dos tiempos (15 y 30 min de trituración); donde “X” es el % de material triturado con tamaño efectivo inferior a la inicial (Ver formula 2). **Geometría del lecho:** La altura del lecho y la superficie filtrante son variables importantes, ya que, habrá un espesor mínimo que deberá utilizarse para obtener el mejor filtrado, la superficie filtrante vendrá fijada por el valor de diseño de la velocidad de filtración.

$$\text{Pérdida (\%)} = \frac{10}{9}(x - 10) \quad \text{Formula 2}$$

Tabla 2

Valores límite de la friabilidad

| Valor de friabilidad | Tiempo (minutos) | |
|-----------------------|------------------|-----------|
| | 15 | 30 |
| Muy bueno | 6 – 10 % | 15 – 20 % |
| Bueno | 10 – 15 % | 20 – 25 % |
| Mediocre | 15 – 20 % | 25 – 30 % |
| Totalmente rechazable | > 20 % | > 35 % |

Fuente: Degrémont (1979)

Los criterios de diseño del lecho filtrante, se recomienda la siguiente granulometría y espesor de capas.

Tabla 3

Dimensiones de la capa de los lechos filtrantes.

| Posición en la Unidad | Espesor de la Capa (m) | Tamaño de Grava (mm) |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Superior | 0.20 | 3.0 – 6.0 |
| Intermedio | 0.20 | 6.0 – 13.0 |
| Inferior, fondo | 0.20 | 13.0 – 25.0 |

Fuente: CEPIS/OPS (2004)

Los compuestos nitrogenados, Según Glynn & Gary (1999), su presencia en el agua es esencial, ya que son requeridos para el inicio de la cadena alimenticia, por inducir al desarrollo del fitoplancton y posteriormente de peces y crustáceos. Sin embargo, cuando su concentración es alta, generan problemas de contaminación. Presenta, además, una complejidad química y podría encontrar hasta en 7 diferentes estados de oxidación (-3 a +5) y por lo tanto formar diversos compuestos, siendo los más comunes -3 para NH_3 y NH_4^+ , o para N_2 , +3 para N_2O_3 y +5 para N_2O_5 y HNO_3 . Su presencia puede ser natural (depósitos geológicos, esorrentías, fijación y descomposición de materia orgánica) o antropogénico.

Las excretas de organismos acuáticos presentan $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, NH_3 , $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$, $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$, $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$, aminoácidos y oxidoaminos; la fertilización, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, NO_3^- , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, nitrato de Na, K o Ca. El NH_4 es asimilado por algas y cianobacterias, que al morir alcanzan los sedimentos; se acumula en aerobiosis y se oxida a NO_3^- en anerobiosis. La descomposición proteica genera NH_4 , NO_2^- y NO_3^- ; el NH_4 por fertilización inorgánica o industrial genera NO_2^- y NO_3^- . El NH_4 total es la suma del NH_3 y NH_4^+ , su presentación depende de la T° , pH y salinidad; a 25°C y pH 7, el NH_3 es un 0,6% del total; a pH 9,5 y 30°C llega a un 72%. El NH_3 es tóxico y su concentración sube al disminuir el OD e incrementar la temperatura y hasta 10 veces por incremento en un valor de pH.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (FAO, 2017), las consecuencias son diversas, lo que supone que el posterior uso sea restringido. En el agua residual, no solo comprometen la calidad de líquido en su vertimiento sino

a toda la cuenca hidrográfica. Los tres principales problemas ambientales generados en el sistema acuático son: El aumento de la acidez, el desarrollo de eutrofización y el aumento de toxicidad (por su concentración) en aguas superficiales y subterráneas que limitan el uso como fuente para consumo humano y su reúso en acuicultura.

Los **compuestos fosforados**, son imprescindibles para el desarrollo de la vida en el agua, ya que los organismos tienen la capacidad de absorber, acumular y excretar el fósforo del ambiente. Sin embargo, cuando la concentración aumenta, puede comportarse como inhibidor de ciertas especies, estos compuestos unidos orgánicamente están formando parte de la materia orgánica particulada y de las células bacterianas. Se sabe poco de los disueltos, pero representan sólo una pequeña fracción del contenido total. El fósforo en un agua, esta como fósforo orgánico e inorgánico, bien disuelto o bien en suspensión (Glynn & Gary, 1999). Se encuentra como combinaciones orgánicas en los tejidos nerviosos, y como fosfato tricálcico en los huesos de los vertebrados. El fósforo se elimina por la orina en forma de fosfatos alcalinos y alcalinotérreos, procedentes de sustancias alimenticias y del metabolismo de derivados fosforados orgánicos (fosfátidos, fosfoproteidos, nucleoproteidos, etc.). además, es un estimulante del crecimiento de plantas acuáticas y contribuye a los procesos de eutrofización (Mihelcic & Zimmerman, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

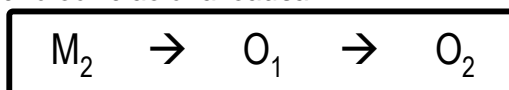
Según lo descrito por Behar (2008), el presente trabajo adopta el tipo de investigación cuantitativa - aplicada; la cual analiza las variables de estudio y pretende dar un aporte al conocimiento científico sobre un determinado hecho; mientras que, la investigación aplicada es orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones prácticas de la problemática que nos aqueja.

Diseño de investigación

El diseño del presente proyecto de investigación corresponde al campo no experimental correlacional-causal. (Hernández, Fernández, Baptista, Méndez, & Mendoza, 2015); teniendo en cuenta que en este diseño no se manipula deliberadamente a las variables. En una investigación no experimental se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después ser analizarlos; el principio del presente diseño se observa en la figura 2.

Figura 2

Esquema general del diseño correlacional causal.



Donde:

M = Muestra.

O = Comportamiento de variables (1: Antes, 2: Después)

r = Relación (Directa o inversamente proporcional).

Fuente: Modificado a partir de Hernández et al. (2015)

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

▪ Independiente

Eficiencia del sistema de filtración.

▪ Dependiente

Reducir los valores de nitrógeno y fosforo total.

3.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 4

Definición operativa de variables.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión | Indicadores | Escala de medición | Unidad de medida |
|--|---|---|---|--|---------------------------------|-------------------------------------|
| Dependiente: Reducir los valores de nitrógeno y fosforo total. | Cantidad de compuestos ricos en nitrógeno y fosforo, que se expresarían en términos porcentuales $Rem=(Ci-Cf/Ci)*100\%$. | La remoción se determina al relacionar el valor final respecto al inicial post la implementación de una alternativa de tratamiento; que los retiene, degrada, transforma o bioacumula. | Compuestos derivados de residuos de ganadería. | Concentración de nitratos. | Ordinal, cuantitativa continua. | mg/L, ppm. |
| | | | Compuestos derivados de fertilizantes. | Concentración de fosfatos. | Ordinal, cuantitativa continua. | mg/L, ppm. |
| | | | Compuestos derivados de la descomposición de vegetales. | Características físico-químicas. | Ordinal, cuantitativa continua. | uS/cm, °C. |
| Independiente: Eficiencia del sistema de filtración. | Es la capacidad que presenta el sistema de filtración para remover los compuestos nitrogenados y fosforados presentes en el agua. | Se determina relacionando el valor inicial y el final de los compuestos nitrogenados y fosforados post la aplicación de una alternativa de tratamiento, se considera eficiente si el valor es \geq al 90 %. | Condiciones operativas del sistema de filtración. | Tiempo de retención hidráulica. Caudal. | Ordinal, cuantitativa continua. | minutos, m ³ /h, Kg/día. |
| | | | Soporte del filtro. | Carga del contaminante. | Cuantitativa continua. | Kg/d. |
| | | | | Dimensión del sistema. Grava. Arena. Carbón activado. | Cuantitativa continua. | m, cm. |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.3. Población, muestra, muestreo

3.3.1. Población

La población del presente proyecto estará representada por el volumen de agua de escorrentía de los afluentes con carga orgánica (compuestos nitrogenados y fosforados) que recibe la laguna Ricuricocha ubicada en el distrito de Morales en la Provincia y Región San Martín.

3.3.2. Muestra

La muestra está representada por el volumen de agua de escorrentía de un afluente con carga orgánica (compuestos nitrogenados y fosforados) antes y después que atraviese el sistema de lecho filtrante a implementar en la laguna Ricuricocha del distrito de Morales en la Provincia y Región San Martín.

Unidad de análisis

La unidad de análisis estará representada por un volumen total de 1750 mL del agua de escorrentía, teniendo en cuenta que los parámetros a evaluar son: Nitrógeno total (100 mL), nitratos (100 mL), amoníaco (250 mL), Fósforo total (1L), pH (50 mL) y Turbiedad (250 mL) por cada punto de muestreo.

3.3.3. Muestreo

El muestreo que se realizara para los análisis respectivos en la presente investigación corresponde a una muestra puntual en cuatro puntos diferentes (antes de ingresar el sistema, después de pasar por el filtro descendente, después de pasar por el filtro ascendente y directamente de la laguna). Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), indica que para ensayos o evaluaciones, el muestreo, selección y colecta se realizará de manera similar a la que se colecta para estudiar y determinar la calidad del agua; este es un procedimiento definido por medio del cual se toma una parte que represente de manera homogénea al cuerpo de interés.

3.3.4. Tipos de muestreo

La toma de las muestras del agua, ensayo y evaluación se deberán tomar las muestras en los puntos estratégicos ya establecida de acuerdo al instrumento de

gestión ambiental y de acuerdo a lo que se estable en las disposiciones de la entidad competente antes mencionada. El **muestreo será probabilístico** mediante **muestra simple** de los puntos de monitoreo preestablecido, tal como se indica a continuación.

- **Muestra simple o puntual:** Consiste en la toma de una porción de agua en un punto antes de pasar por el sistema de lecho filtrante a implementar y otra después de haber pasado por el mismo en tiempos pre determinados. Las muestras simples representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizara su recolección.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó para la recolección de la información es el análisis documental, que servirá como base para la investigación (Dominguez, 2015). El inicio de la búsqueda bibliográfica, depende del tema que se va a realizar en el trabajo de investigación. Para aprovechar bien la información recopilada se requiere un estudio de la misma, que permita una adecuada organización de los diferentes contenidos existentes, para poder efectuar posteriormente la planificación del trabajo (Cegarra, 2004). De acuerdo con la investigación, se definirán las técnicas de recolección de datos: que pueden ser documentales y de observación (Dominguez, 2015). Según lo mencionado anteriormente en esta investigación se hizo uso de una ficha de recolección de datos que es mostrada en el Anexo I, la cual incluye información de: título, autor (es), tipo de documento, indexación, objetivo, método, resultado y conclusiones.

Técnicas de recolección

La técnica de la investigación para la recolección de datos se realizará, mediante observación directa y haciendo uso de equipos e instrumentos que se describen a continuación, dicha información será transcrita a formatos de campo y posteriormente a los formatos virtuales para ser ordenados, sistematizados e interpretados.

- Utilización de un multiparamétrico para la determinación de parámetros físicos como pH, temperatura, conductividad, etc.

- Utilización del GPS: Georreferenciación de los puntos de muestreo.
- Uso del software ArcGIS: Elaboración del mapa temático de área de estudio y los puntos de muestreo.

3.5. Instrumentos

- Multiparamétrico HANNA - HI98199
- GPS Garmin Oregon 550.
- Lista de chequeo.
- Cadenas de custodia.

Formatos virtuales para procesar los resultados de laboratorio

3.6. Procedimientos

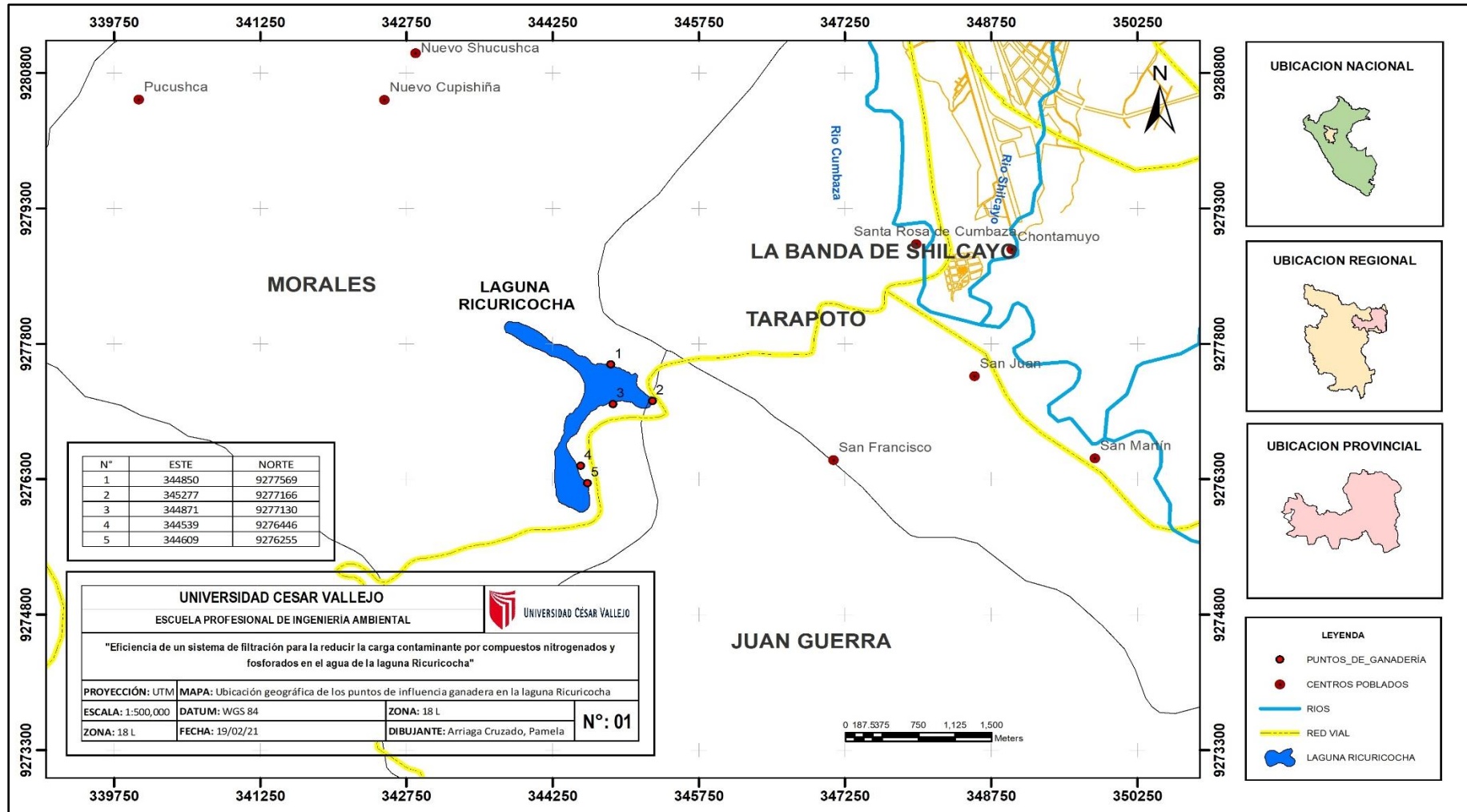
Las actividades programadas para el desarrollo del presente proyecto de investigación serán agrupadas por etapas, las mismas que se detallan a continuación:

Etapas 1: Inicio de gabinete

- Se seleccionaron términos claves para la búsqueda de la información; entre ellos: Nitrogen compounds, phosphorous compounds, filtration systems.
- Se realizará una búsqueda sobre la laguna Ricuricocha, a fin de conocer sus características y actividades en el área de influencia.
- Se identificará el problema que aqueja a la mencionada laguna.
- Se coordinó con instituciones para gestionar los permisos respectivos y la adquisición de los materiales, equipos, reactivos e instrumentos necesarios para la ejecución.
- Se elaboró la ficha de recolección de datos (ver anexo 1).
- Teniendo en cuenta los términos claves, se procedió a realizar su búsqueda en revistas indexadas como Redalyc, ScienceDirect, Scopus, Ebsco, SciELO y otros.
- Del total de artículos seleccionados, se procedió a analizar minuciosamente cada uno de ellos.
- Los criterios de exclusión considerados son que estos no se encuentren indexados y no contener información relevante para el tema de estudio.

- Se realizó una visita previa a campo para reconocimiento general.
- Se georreferenció los puntos de impacto con ayuda de un GPS, anotando sus características (figura 3).

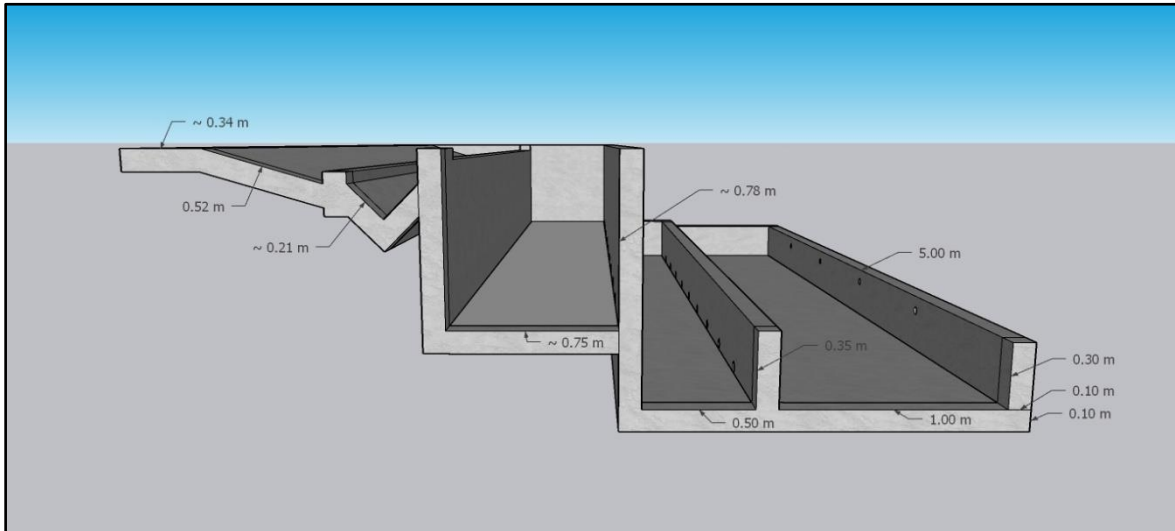
Figura 3
Ubicación geográfica de los puntos con influencia ganadera en la laguna Ricuricocha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

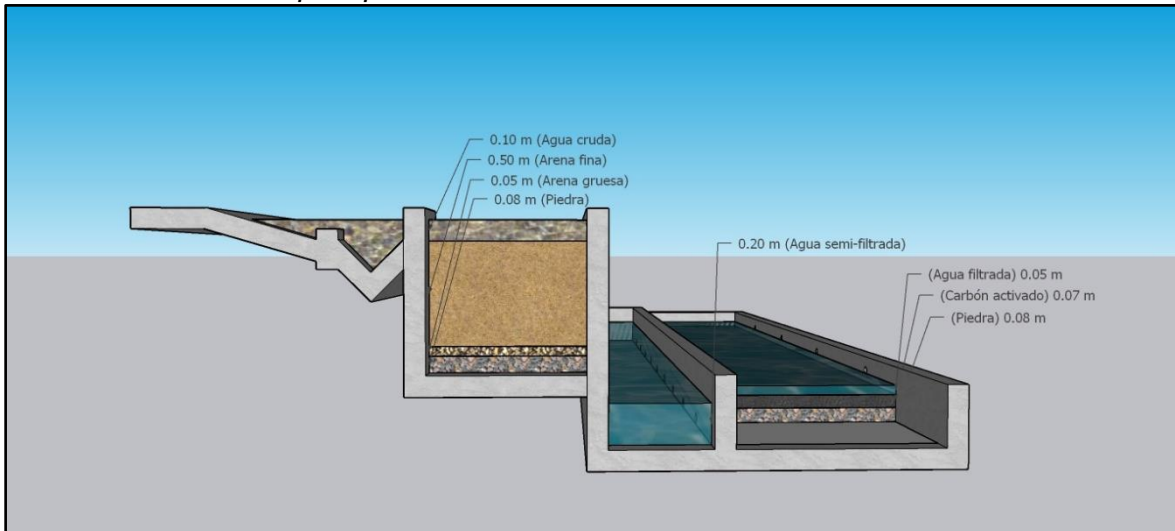
- Con ayuda de un especialista y según las facilidades de acceso se seleccionó un punto para la implementación del sistema.
- Con ayuda de un especialista, se realizó el diseño y el dimensionamiento del sistema a implementar (ver figura 4).

Figura 4
Dimensiones del lecho filtrante



Fuente: *Elaboración propia, 2020.*

Figura 5
Dimensiones de las capas que conforman el lecho filtrante



Fuente: *Elaboración propia, 2020.*

- Se tomó la primera muestra de agua tanto del agua de la laguna como de la escorrentía y se envió a laboratorio, para conocer el porcentaje de contaminación.

Segunda etapa: De campo

- Se transportó los materiales para la construcción del sistema a implementar.
- Se realizó el desbroce del área donde se construirá el sistema.
- Posteriormente se inició la construcción.
- El sistema operará un mínimo de 24 a 48 horas, antes de realizar el muestreo.
- La toma de muestra se realizó antes que pase por el sistema implementado y después de este (ver tabla 5).

Tabla 5

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

| Punto | Descripción |
|-------|---------------------------------|
| P01 | Agua de la laguna |
| P02 | Agua de escorrentía |
| P03 | Agua post el filtro descendente |
| P04 | Agua post el filtro ascendente |

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Los recipientes fueron rotulados con etiquetas autoadhesivas: donde se detalló el nombre del solicitante, código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestra. Se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad.
- Se contó con el equipo de seguridad a fin de evitar traspies o accidentes.
- Se midió los parámetros de campo (pH y temperatura) directamente en la fuente, evitando hacer remoción del sedimento.
- Se evitó la contaminación de las muestras por disturbar sedimentos del fondo u orilla.
- Se ubicó un punto medio de la corriente principal donde la corriente es homogénea evitando las aguas estancadas.
- Se registró las mediciones en el formato de registro de datos de campo (anexo 2).
- Se aseguró la muestra con un material que amortigüe y lo aislara de los ice pack a fin de evitar ruptura de los envases y deterioro de las etiquetas.

- En el llenado de la cadena de custodia se realizó según lo establecido en el formato facilitado por el laboratorio (ver anexo 4).
- Las muestras que se enviaron al laboratorio para la caracterización inicial, para su ingreso al laboratorio fueron acompañadas de la cadena de custodia debidamente llenada y protegida a fin de evitar su deterioro.

Tercera etapa: Fase de laboratorio y ensayo

- La evaluación de los parámetros se realizará en el laboratorio EQUAS S.A. de la ciudad de Lima, institución acreditada por el órgano competente (INACAL).

Cuarta etapa: De gabinete final

- A partir de los resultados del informe de laboratorio, se procedió a la interpretación de los resultados para calcular el porcentaje de remoción de los parámetros de interés (compuesto nitrogenados y fosforados).
- Para realizar la determinación del porcentaje de remoción se utilizó la fórmula 01, los resultados obtenidos fueron registrado en el formato de registro de ensayo, para posteriormente ser transcritos a un formato virtual.

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

- Los resultados finales se sistematizaron, analizaron, interpretaron y ser presentan en tablas y/o figuras.
- Posteriormente se redactará el informe para su presentación y su revisión correspondiente.

3.7. Aspectos éticos

La siguiente investigación posee aportes de fuentes confiables, respectivamente citadas respetando a los autores, las referencias bibliográficas siguiendo el manual ISO 690 de la Universidad César Vallejo y el Anexo oficio N°115 Guía de Productos de Investigación de Fin de Programa 4.0, el análisis de resultados será respaldados por los criterios de rigor científico establecidos, así mismo, esta investigación podrá ser utilizada por cualquier persona que requiera información con respecto al tema de estudio.

IV. RESULTADO

4.1. Concentración de nitrógeno total en agua de efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento

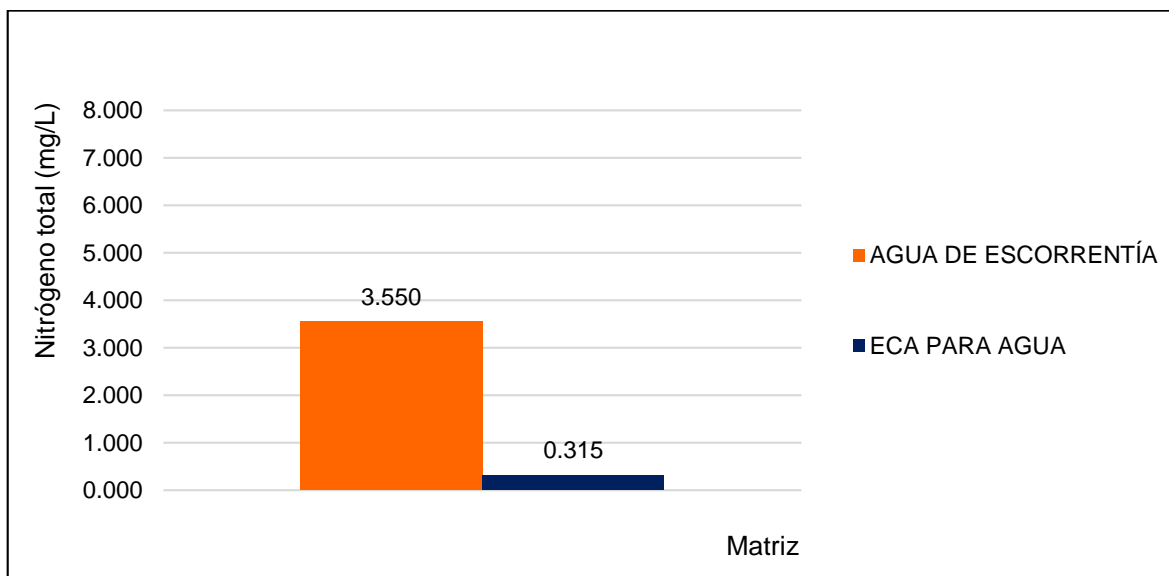


Figura 3: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total en los efluentes de la laguna Ricuricocha.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación

En la figura 3 se presenta el valor de la concentración de nitrógeno total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha, que según el informe de laboratorio, este valor sería 3.550 mg/L. Actualmente los cuerpos de agua lenticos y loticos están clasificados en diferentes categorías, y teniendo en cuenta lo establecido en el Título IV, Capítulo III, Artículo 83° de la Ley N° 29338 – Ley de recursos hídricos – ANA (2009), donde se establece que está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta que podrían alterar su naturaleza o atentar contra su conservación. Además, al ser comparados con los establecidos según el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos donde su valor normado es 0.315 mg/L; se interpreta que el agua de escorrentía generaría afectación en el cuerpo de agua.

4.2. Concentración de fosforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en el pre y post tratamiento

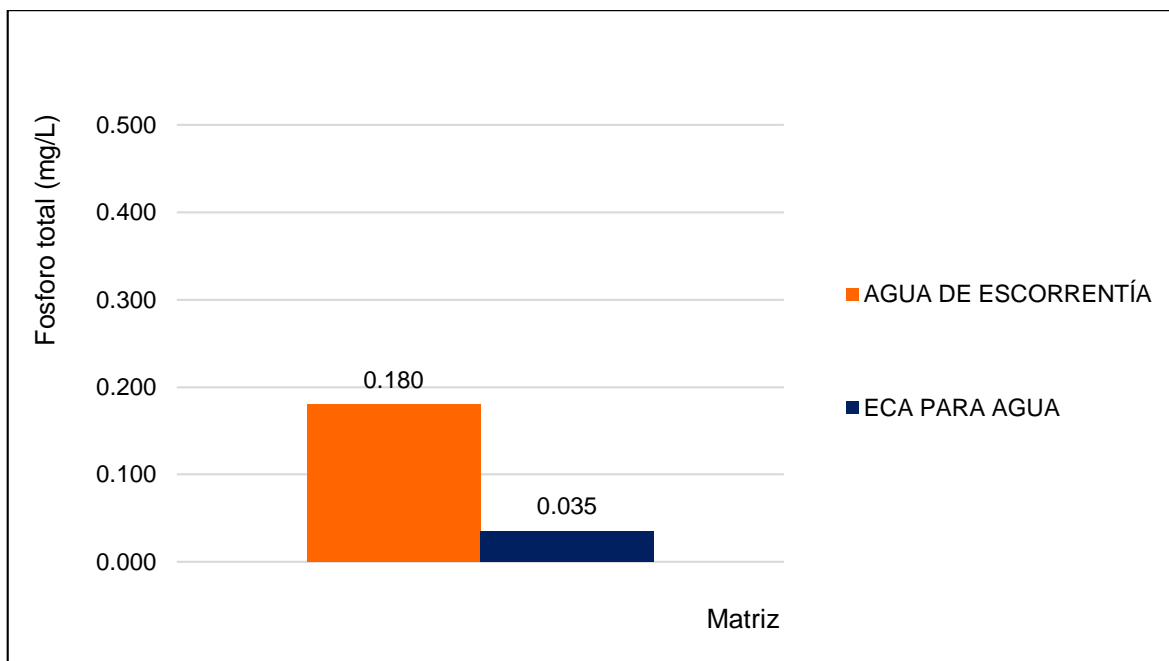


Figura 4: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fosforo total en los efluentes de la laguna Ricuricocha.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación

En la figura 4 se presenta el valor de la concentración de fosforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha, que, según el informe de laboratorio, este valor sería 0.180 mg/L. Actualmente los cuerpos de agua lenticos y loticos están clasificados en diferentes categorías, y teniendo en cuenta lo establecido en el Título IV, Capítulo III, Artículo 83° de la Ley N° 29338 – Ley de recursos hídricos – ANA (2009), donde se establece que está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta que podrían alterar su naturaleza o atentar contra su conservación. Además, al ser comparados con los establecidos según el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos donde su valor normado es 0.035 mg/L; se interpreta que el agua de escorrentía generaría afectación en el cuerpo de agua.

4.3. Características del agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en cada una de las etapas del sistema propuesto

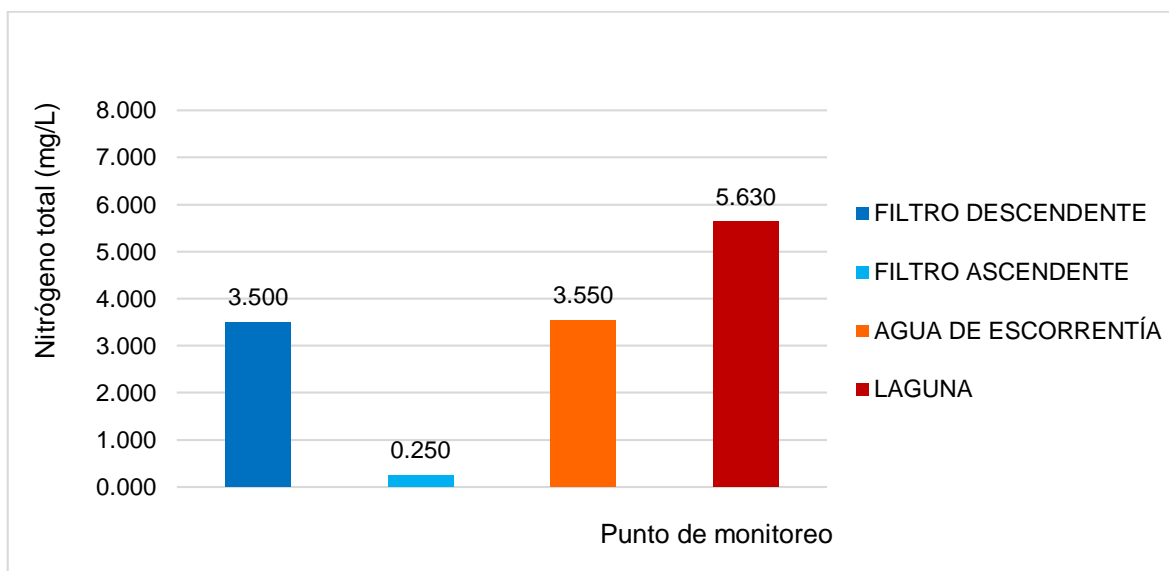


Figura 5: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total post el filtro descendente y ascendente.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación

En la figura 5 se presenta los valores comparativos de la concentración de nitrógeno total en el agua de efluentes de la laguna Ricuricocha en diferentes puntos de monitoreo, según el informe de laboratorio en el agua de escorrentía es de 3.550 mg/L, tras pasar por el filtro descendente dicho valor se reduce a 3.500 mg/L, después de atravesar el filtro ascendente se alcanza 0.250 mg/L, mientras que los valores en el agua de la laguna son 5.630 mg/L; este último al ser comparado con los valores establecidos en el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos es 0.315 mg/L, interpretándose que el agua de la laguna no aplica para el mencionado parámetro, y que el agua de escorrentía que atraviesa el sistema implementado no causaría afectación a dicho cuerpo de agua, convirtiéndose en una alternativa de tratabilidad según lo normado.

4.4. Características del agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha en cada una de las etapas del sistema propuesto

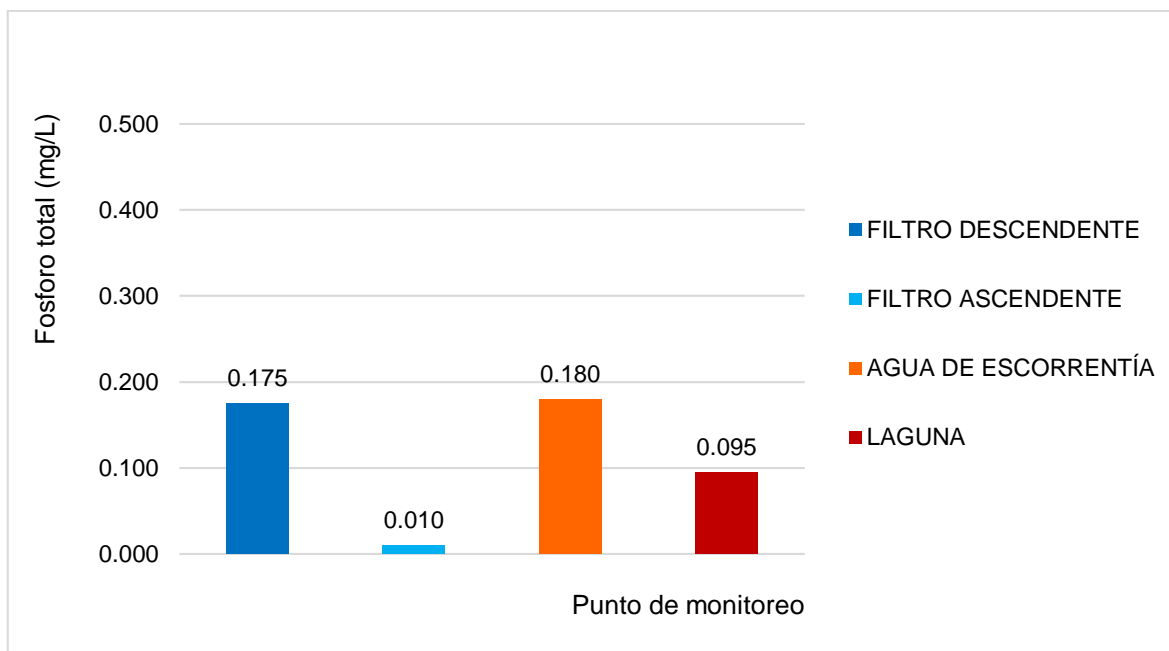


Figura 6: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fosforo total post el filtro descendente y ascendente.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación

En la figura 6 se presenta los valores comparativos de la concentración de fosforo total en el agua de efluentes de la laguna Ricuricocha en diferentes puntos de monitoreo, según el informe de laboratorio en el agua de escorrentía es de 0.180 mg/L, tras pasar por el filtro descendente dicho valor se reduce a 0.175 mg/L, después de atravesar el filtro ascendente se alcanza 0.010 mg/L, mientras que los valores en el agua de la laguna son 0.095 mg/L; este último al ser comparado con los valores establecidos en el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos es 0.035 mg/L, interpretándose que el agua de la laguna no aplica para el mencionado parámetro, y que el agua de escorrentía que atraviesa el sistema implementado no causaría afectación a dicho cuerpo de agua, convirtiéndose en una alternativa de tratabilidad según lo normado.

4.5. Eficiencia del sistema de filtración en el tratamiento de efluentes con compuestos nitrogenados y fosforados de la laguna Ricuricocha

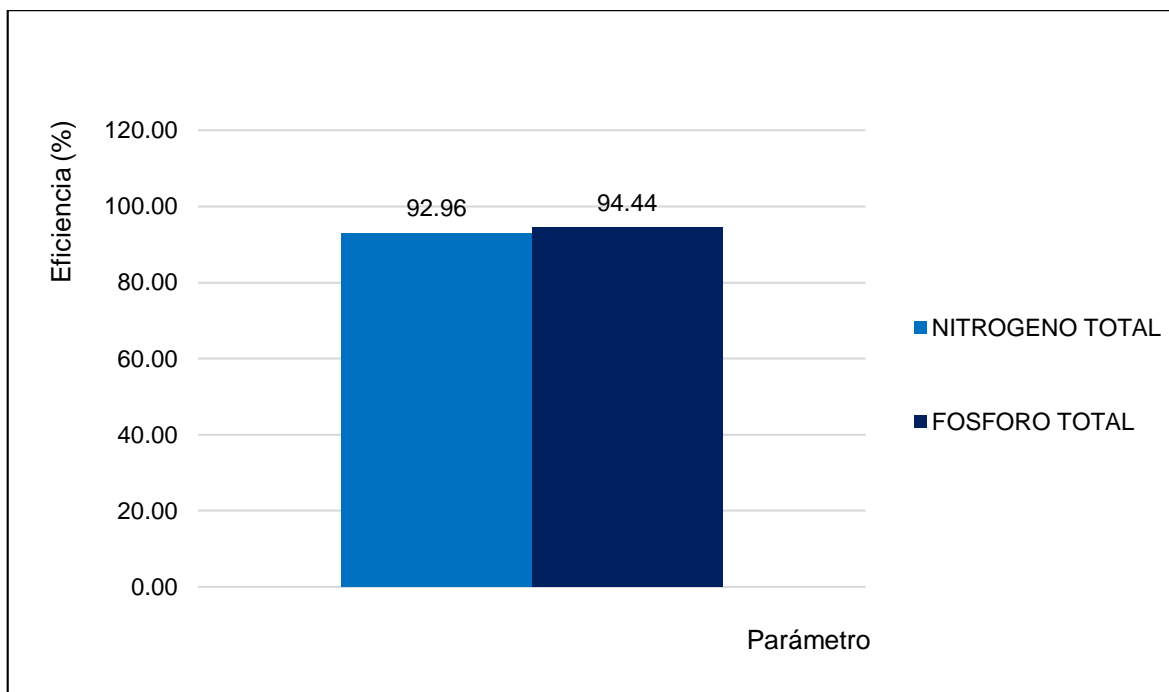


Figura 7: Gráfica de perfil correspondiente a la eficiencia en el tratamiento de compuestos nitrogenados y fosforados de efluentes de la laguna Ricuricocha mediante filtración.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación

En la figura 7 se presenta los valores comparativos de la eficiencia de tratabilidad de compuestos nitrogenados y compuestos fosforados, los cuales fueron obtenidos a partir de los valores de los parámetros nitrógeno total y fósforo total presentes en el agua de efluentes de la laguna Ricuricocha, que según el informe de laboratorio en el agua de escorrentía para nitrógeno total fue de 3.550 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.250 mg/L lo cual representa una eficiencia del 92.96 %, mientras que para fósforo total, en el agua de escorrentía fue de 0.180 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.010 mg/L, lo cual representa una eficiencia del 94.44 %. Teniendo en cuenta lo descrito por Ramalho (1983), la tratabilidad de un sistema o un tratamiento, se considera eficiente, siempre y cuando se logren resultados iguales o mayores al 90 %.

V. DISCUSIÓN

En el proceso de caracterización del agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha, se determinó que la concentración de nitrógeno total es 3.550 mg/L; que teniendo en cuenta lo establecido en la Ley N° 29338 – Ley de recursos hídricos – ANA (2009), y los valores establecidos en el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos donde su valor normado es 0.315 mg/L; el agua de escorrentía generaría afectación a la mencionada laguna; debido a que estos compuestos facilitarían la proliferación de determinados organismos e impidiendo que otros crezcan y se reproduzcan, lo cual conllevaría a una pérdida de la biodiversidad y por consiguiente las propiedades de autodepuración disminuirían (Garrido, Azcón, Moreno, & Navarrete, 2011, p. 45).

Por su parte Tunçsiper (2020, p. 34), menciona que las sustancias nitrogenadas deben ser siempre controladas por el organismo competente, el cual tiene como función controlar y regular, además de administrar los recursos. Indica además que los compuestos nitrogenados solubles serían los más perjudiciales, ya que estos son aprovechados por los organismos acuáticos para reproducirse, si esto sucediera en grandes cantidades se conllevaría a una sobrepoblación lo que impediría la sobrevivencia de otros grupos que morirían y sedimentarían, además se daría inicio a un ambiente hostil, anódico y poco claro, lo que impediría los procesos de degradación de contaminantes.

La concentración de fósforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha es 0.180 mg/L, y que, teniendo en cuenta la clasificación de los cuerpos de agua lenticos y loticos estos a su vez están subclasificados en diferentes categorías, y teniendo en cuenta lo establecido en el Título IV, Capítulo III, Artículo 83° de la Ley N° 29338 – Ley de recursos hídricos – ANA (2009), donde se establece que está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta que podrían alterar su naturaleza o atentar contra su conservación. Además, al ser comparados con los establecidos según el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental

para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos donde su valor normado es 0.035 mg/L; el agua de escorrentía generaría afectación en el cuerpo de agua. Ya que según Bonomelli, Bonilla, & Valenzuela (2003, p. 98), estos junto a los compuestos nitrogenados son los principales factores de la eutrofización, y que, si esta no es controlada y tratada finalmente se perdería el cuerpo de agua y por consiguiente los beneficios ambientales que estos brindarían en sus áreas de influencia directa e indirecta.

Por su parte Glynn & Gary (1999, p. 54), menciona que cuando la concentración de los compuestos fosforados aumenta, puede comportarse como inhibidor de ciertas especies, estos compuestos unidos orgánicamente están formando parte de la materia orgánica particulada y de las células bacterianas. Se sabe poco de los disueltos, pero representan sólo una pequeña fracción del contenido total. El fósforo en un agua, esta como fósforo orgánico e inorgánico, bien disuelto o bien en suspensión

La evaluación realizada en el procesos de filtración, del sistema implementado, arroja que los valores de nitrógeno total tras pasar por el filtro descendente se reduce a 3.500 mg/L y después de atravesar el filtro ascendente se alcanza 0.250 mg/L, mientras que los valores en el agua de la laguna son 5.630 mg/L; este último al ser comparado con los valores establecidos en el D. S. N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos el cual establece como valor limite es 0.315 mg/L, deduciéndose que el agua de la laguna no aplica para el mencionado parámetro, y que el agua de escorrentía que atraviesa el sistema implementado no causaría afectación a dicho cuerpo de agua, convirtiéndose en una alternativa de tratabilidad.

Así mismo, los valores de fosforo total tras pasar por el filtro descendente dicho valor se reduce a 0.175 mg/L, después de atravesar el filtro ascendente se alcanza 0.010 mg/L, mientras que los valores en el agua de la laguna son 0.095 mg/L; este último al ser comparado con los valores establecidos en el D. S. N° 004-2017-

MINAM Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: Lagunas y lagos es 0.035 mg/L, interpretándose que el agua de la laguna no aplica para el mencionado parámetro, y que el agua de escorrentía que atraviesa el sistema implementado no causaría afectación a dicho cuerpo de agua, convirtiéndose en una alternativa de tratabilidad según lo normado.

Según Vásquez, Talavera, & Inga (2016, p. 45), las propiedades que poseen los sistemas de filtración, esta relacionada con las características, físicas y químicas de sus lechos o soportes, donde por ejemplo los filtros de grava y arena básicamente están orientados a retener partículas contaminantes gruesas, a fin que estas no alteren los procesos de tratabilidad en otras etapas, mientras que el carbón activado, las resinas, la arena verde y otros soportes avanzados están orientados a realizar procesos más complejos de reacción química además de la retención simple. Es así que en algunos casos estos interactúan con los contaminantes, neutralizándolos, quelandolos o transformándolos en componentes menos tóxicos.

La eficiencia de la tratabilidad de los compuestos nitrogenados y fosforados como nitrógeno total y fósforo total presentes en el agua de efluentes de la laguna Ricuricocha, se determinó que en el agua de escorrentía el nitrógeno total fue de 3.550 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.250 mg/L lo cual representa una eficiencia del 92.96 %, mientras que para fósforo total, en el agua de escorrentía fue de 0.180 mg/L y a la salida del sistema se logró reducir hasta 0.010 mg/L, lo cual representa una eficiencia del 94.44 %. Que al contrastarse con otros trabajos similares el sistema es eficiente para tratar dichos parámetros.

Por su parte Mayhua & Ordoñez (2017, p. 12), menciona que los filtros de carbón activado y arcilla con plata coloidal permitirían tratar aguas con altos contenidos de minerales, sales y materia orgánica disuelta; estos reducirían en un 96.4% la turbidez y en un 97.07% las sales minerales, además permite remover contaminantes inorgánicos de hasta un 98.9% de Mn y Cd hasta en un 94% equivalente a 0.0056 mg/L de un inicial de 0.0925 mg/L.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración promedio del parámetro nitrógeno total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha fue 3.550 mg/L.
2. La concentración promedio del parámetro fosforo total en el agua de los efluentes de la laguna Ricuricocha fue 0.180 mg/L.
3. Las características para el parámetro nitrógeno y fosforo total en cada una de las etapas del sistema propuesto fue; concentración de nitrógeno total post el filtro descendente fue 3.500 mg/L y post el filtro ascendente alcanza los 0.250 mg/L, mientras que para el fosforo total post el filtro descendente el valor fue 0.175 mg/L y al atravesar el filtro ascendente fue 0.010 mg/L.
4. La eficiencia de tratabilidad del sistema de filtración para los parámetros nitrógeno y fosforo total presentes en el agua de efluentes de la laguna Ricuricocha fue; 92.96 % para el primer y 94.44 % para el segundo respectivamente; por lo que se acepta la hipótesis alterna.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un monitoreo permanente de la concentración de los compuestos nitrogenados y fosforados.
- Realizar un inventario de los efluentes de la laguna Ricuricocha, a fin de modelar los efluentes permanentes y temporales de la laguna Ricuricocha.
- Identificar los efluentes que de la laguna Ricuricocha con carga permanente de compuestos nitrogenados y fosforados.
- Identificar las actividades que se desarrollan en los alrededores de la laguna a fin de poder encontrar una relación con la presencia de compuestos nitrogenados y fosforados en los afluentes.

REFERENCIAS

- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú* (1st ed.; DAR, Ed.). Lima - Perú. Autoridad Nacional del Agua. *Ley de recursos hídricos.* , Pub. L. No. 29338, 35 (2009).
- Autoridad Nacional del Agua. (2016a). *Priorización de cuencas para la gestión de recursos hídricos.* Lima - Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.* , (2016).
- Berger, J., Colledge, G. A., Berger, J., Triplett, L., & Bartley, J. (2015). *Effectiveness of Remediation Processes in Eutrophic Water Conditions of Crystal Lake , Hennepin County , MN .* By Gustavus Adolphus Collage.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Filtración.* In *Tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría - Tomo II* (1st ed., pp. 81–145). Lima - Perú.
- Chappa, C., Tenorio, A., & Gallusser, S. (2007). Sistema Productivo en la Región San Martín. In *Producción animal.* [https://doi.org/PE 100.210 EGUREN 2004](https://doi.org/PE%20100.210%20EGUREN%202004)
- Chaukura, N., Chiworeso, R., Gwenzi, W., Motsa, M. M., Munzeiwa, W., Moyo, W., ... Nkambule, T. T. I. (2020). A new generation low-cost biochar-clay composite 'biscuit' ceramic filter for point-of-use water treatment. *Applied Clay Science, 185*(September 2019), 105409. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105409>
- Comision Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable y Saneamiento* (1st ed.). Ciudad de México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011). Agua en el mundo. In CONAGUA (Ed.), *Estadísticas del agua en México* (12th ed., pp. 1–126). Ciudad de México.
- Degrémont. (1979). *Manual Técnico del agua* (4th ed.; GRAFO, Ed.). Retrieved from <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documen.alu/degremo/pr01.htm>
- Delgado, O., & Reyes, J. (2018). *Evaluación de la eficiencia de la antracita y cuarzo en la remoción de contaminación del agua de la quebrada Malvinas.*

- Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Glynn, H., & Gary, H. (1999). Ingeniería Ambiental. In PEARSON (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (2nd ed., Vol. 53). México - México.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. del P., Méndez, S., & Mendoza, C. P. (2015). *Metodología de la investigación* (6th ed.; McGRAW-HILL, Ed.). México.
- Iwan, A., Guerrero, E. M., Romanelli, A., & Bocanegra, E. (2017). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de una Laguna del sudeste bonaerense (Argentina). *Investigaciones Geográficas*, (68), 173–189.
- Jaramillo, A., & Paredes, J. (2019). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía – Morales, 2018*. Universidad Peruana Unión.
- Llanos, S., Mirano, H., & Azabache, Y. (2018). *Evaluación de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remoción de parámetros físicos, de las aguas de la quebrada La Oyada, Moyobamba, Perú – 2017* (Universidad Nacional de San Martín). <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.76.032109>
- Manzanares, F. C., & Ricaldi, A. F. (2017). *Remoción de materia orgánica de agua residual sintética con filtros aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto*. Universidad Nacional del centro del Perú.
- Mayhua, Y., & Ordoñez, J. (2017). *Eficiencia de filtros a diferentes concentraciones tipo 1 y 2 de arcilla, aserrín y plata coloidal en aguas del canal de regadío Chuquitanta para recuperar agua categoría 3*. Universidad Cesar Vallejo.
- Medina, F., López, E., & Azabache, Y. (2015). *Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de Uchuglla, de la ciudad de Moyobamba 2013*. Universidad Nacional de San Martín.
- Mihelcic, J., & Zimmerman, J. (2006). *Ingeniería ambiental Fundamentos, sustentabilidad, di* (1st ed.; Alfaomega, Ed.). México - México.
- Ministerio de Agricultura y Riego. *Guía del sistema nacional de gestión ambiental*, (2016).
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017).


- Aguas residuales: El recurso desaprovechado. In Umbria (Ed.), *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas* (1st ed., Vol. 1). Paris - Francia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2019). *No dejar a nadie atrás* (7th ed.; Lucart Estudio S.A., Ed.). Paris - Francia.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *El agua*. Ginebra - Suiza.
- Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, & Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas* (pp. 1–28). pp. 1–28. Lima - Perú.
- Ramalho, R. (1983). *Tratamiento de aguas residuales* (1st ed.; R. S. A., Ed.). México.
- Regueiro, M., Anta, J., Suárez, J., Puertas, J., Jácome, A., & Naves, J. (2018). Characterisation of sediments during transport of solids in circular sewer pipes. *Water Science and Technology*, 2017(1), 8–15.
- Saminathan, S. K. M., Mulligan, C. N., Kim, K., & Bhat, S. (2014). Removal of Phosphorus and Other Components From Eutrophic Lake Water. *7th International Congress on Environmental Geotechnics: Iceg2014*, 1(Mddep), 834.
- Sangucho, W., & Rodriguez, A. (2018). *Evaluación de la viabilidad del uso del raquis como lecho filtrante para el tratamiento de agua residual proveniente de la extracción de aceite de palma*. Escuela Politécnica Nacional.
- Secretaría de Medioambiente y de Recursos Naturales. (2004). *Introducción a los servicios ambientales* (1st ed., p. 73). 1st ed., p. 73. México - México.
- Seminario, B., Sanborn, C. A., & Alva, N. (2014). Cuando despertemos en el 2062. In *Cuando despertemos en el 2062. Visiones del Perú en 50 años*.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2015). *Regionalización y Caracterización de Sequías en el Perú* (Vol. 1). Lima - Perú.
- Tunçsiper, B. (2020). Nitrogen removal in an aerobic gravel filtration-sedimentation pond-constructed wetland-overland flow system treating polluted stream waters: Effects of operation parameters. *Science of the Total Environment*, 746, 140577. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140577>

Wang, Y., Yin, X., Cai, Y., & Yang, Z. (2019). An enhanced system with macrophytes and polyurethane sponge as an eco-technology for restoring eutrophic water: A pilot test. *Water (Switzerland)*, 11(9).

Zhang, L., Cui, B., Yuan, B., Zhang, A., Feng, J., & Zhang, J. (2020). Denitrification mechanism and artificial neural networks modeling for low-pollution water purification using a denitrification biological filter process. *Separation and Purification Technology*, 257(October 2020), 117918. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117918>

ANEXOS

Anexo 1. Validación de instrumento registro de campo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Ana Noemi Sandoval Vergara
 Institución donde labora : Universidad Cesa Vallejo
 Especialidad : Docente metodóloga
 Instrumento de evaluación : Ficha de campo para toma de muestra de agua
 Autor (s) del instrumento (s) : Arriaga Cruzado, Pamela
 Sánchez Lazo, Sandra Verónica

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 filtración. | | | | | 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: Eficiencia del sistema de filtración. | | | | 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: Eficiencia del sistema de filtración. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 48 |

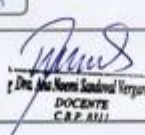
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento es válido para ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto 15 de Marzo de 2021


 Dra. Ana Noemi Sandoval Vergara
 DOCENTE
 C.A.P. A.U.I.

Anexo 2. Validación de instrumento registro de campo.

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: MSc. Karina Milagros Ordoñez Ruiz
 Institución donde labora : Universidad Cesa Vallejo
 Especialidad : Ingeniera Ambiental
 Instrumento de evaluación : Ficha de campo para toma de muestra de agua
 Autor (s) del instrumento (s) : Arriaga Cruzado, Pamela
 Sánchez Lazo, Sandra Verónica

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 filtración. | | | | | 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: Eficiencia del sistema de filtración. | | | | | 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: Eficiencia del sistema de filtración. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 49 |

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
es aplicable


PROMEDIO DE VALORACIÓN: 49

Tarapoto 15 de Marzo de 2021



Anexo 3. Formato de registro de datos de campo (pagina 1:2)


Anexo 3. Formato de registro de datos

| Registro de datos | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|--|---------------|----------|--|------|------|---------------|--|
| Lugar: Laguna Puntacocha | | Responsable del muestreo: Sandra Verónica Sánchez Lago | | | Firma:  | | | | |
| Localidad: Santa Rosa de combayza | | Provincia: San Martín | | | Dpto: San Martín | | | | |
| Punto de monitoreo | Coordenadas UTM | | Altura (msnm) | Fecha | Hora | pH | T °C | Observaciones | |
| | Este | Norte | | | | | | | |
| PO1 | 345297 | 927766 | 210 | 08/03/21 | 9:00am | 8,60 | 27 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Anexo 4. Cadena de custodia como instrumento (1)

Anexo 4. Modelo de cadena de custodia

|  EQUAS S. A. | | Cadena de custodia para el muestreo de aguas | | | | | | | | | | Laboratorio P-18-01 - Rev. 05 |
|---|-----------------|---|---------|-----------|--------|----------|---------|---------------|---|-----------------|---|--|
| Datos de la Empresa: <i>Paneta Arriaga Cruzado</i> Nombre del Cliente: <i>Paneta Arriaga Cruzado</i> Nombre del Muestreador: <i>Sandra Verónica Sánchez Lago</i> Fecha de Muestreo: <i>08/03/2021</i> N° del Proyecto: <i>A</i> N° del Solicitud: <i>A</i> | | Tipo de análisis requerido (Escribir el método en la casilla) | | | | | | | | | | |
| Item | Cod. de muestra | Fecha | Hora | N° Envase | | Preserv. | Conserv | Fosforo Total | | Nitrogeno Total | | |
| | | | | Plástico | Vidrio | | | | | | | |
| 01 | F-D | 08/03/21 | 19:00am | 1 | | | | X | X | X | X | |
| 02 | F-A | 08/03/21 | 19:00am | 1 | | | | X | X | X | X | |
| 03 | A-E | 08/03/21 | 19:00am | 1 | | | | X | X | X | X | |
| 04 | L | 08/03/21 | 19:00am | 1 | | | | X | X | X | X | |

Comentarios:


Fuente: EQUAS S.A. (2021)

Anexo 6. Documento remitido para gestión del acceso al área de ejecución.



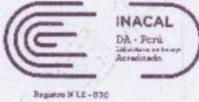
Fuente: Copia del original, 2021.

Anexo 7. Resultados del laboratorio, etapa de caracterización.



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

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



INACAL
DA - Perú
Certificación y Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° A0999/21

Solicitante : PAMELA ARRIAGA CRUZADO
SANDRA VERÓNICA SÁNCHEZ LAZO

Dirección : No Indica

Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA
Distrito: Morales – Provincia: San Martín
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 08 - Marzo -2021

Responsable del Muestreo : PAMELA ARRIAGA CRUZADO
SANDRA VERÓNICA SÁNCHEZ LAZO

Fecha y Hora de Recepción : 08 - Marzo - 2021 / 13:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 08 - Marzo al 12 de Marzo - 2021

Código Interno: L0999/21

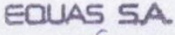
| PARÁMETROS | F. D | F. A | A. E | L | EXPRESADO EN | Método de ensayo APHA 4500 – NO, B |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------------------------------------|
| Nitrógeno total | 3,500 | 0,250 | 3,550 | 5,630 | Mg/L | APHA 4500 – PB (item 5). E |
| Fósforo Total | 0,175 | 0,010 | 0,180 | 0,095 | Mg/L | |

(^a) Código de Laboratorio (^b) Código del Solicitante y hora de muestreo


REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd, Ed. APHA AWWA, WEF 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 12 de Marzo de 2021.



Ing. Eusebio Víctor Córdor Evanisto
Gerente General




Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F76-P-LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

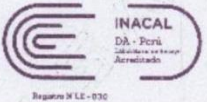
EQUAS S.A.

Anexo 8. Resultados del laboratorio, etapa de caracterización.



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

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



INACAL
DA - Perú
Calificación de Laboratorio
Acreditado
Registro N° LE - 030

INFORME DE ENSAYO N° A0999/21

Solicitante : PAMELA ARRIAGA CRUZADO
SANDRA VERÓNICA SÁNCHEZ LAZO

Dirección : No Indica

Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA
Distrito: Morales – Provincia: San Martín
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 08 - marzo - 2021

Responsable del Muestreo : PAMELA ARRIAGA CRUZADO
SANDRA VERÓNICA SÁNCHEZ LAZO

Fecha y Hora de Recepción : 08 - Marzo - 2021 / 13:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 08 - Marzo al 12 de Marzo - 2021

Código Interno: L0998/21

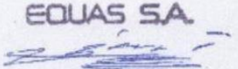
| PARÁMETROS | P. 1 | Expresado en : | Metodo de ensayo |
|-----------------|-------|----------------|-----------------------------|
| Nitrógeno total | 3,550 | Mg/ L | APHA 4500 – NO, B |
| Fósforo Total | 0,180 | Mg P/ L | APHA 4500 – PB (Items) E |

(*) Código de Laboratorio (**) Código del Solicitante y hora de muestreo


REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd, Ed. APHA AWWA, WEF 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 12 de Marzo de 2021.



Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P-LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

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

Anexo 9. Panel fotográfico como evidencia de las actividades desarrolladas.



Vista panorámica de la laguna Ricuricocha

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Instalación de un establo en los alrededores de la laguna Ricuricocha

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Entrada a un área agrícola en los alrededores de la laguna Ricuricocha
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Cultivo de papaya en los alrededores de la laguna Ricuricocha
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Excretas de ganado vacuno en los alrededores de la laguna Ricuricocha
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Adición del preservante para la conservación de la muestra de agua.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Toma de muestra de agua en la etapa de caracterización.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Muestras de agua antes de ser remitidas al laboratorio.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Agregado de piedra en la cámara descendente.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Agregado de Arena gruesa en la cámara descendente.
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Agregado de piedra en la cámara ascendente.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Agregado de carbón activado en la cámara ascendente.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Cámara húmeda y cámara ascendente en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Toma de muestra en el desarenador.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Muestras para laboratorio.

Fuente: Elaboración propia, 2021.



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotras, Arriaga Cruzado, Pamela y Sánchez Lazo, Sandra Verónica, egresadas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Tarapoto declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: “Eficiencia de un sistema de filtración en el tratamiento de efluentes para reducir los compuestos nitrogenados y fosforados de la laguna Ricuricocha, Tarapoto 2021”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Tarapoto 13 de abril de 2021,

| | |
|------------------------------|---|
| Arriaga Cruzado, Pamela | |
| DNI: 48344630 |  |
| ORCID: 0000-0002-4961-9432 | |
| Sanchez Lazo Sandra Veronica | |
| DNI: 72286886 |  |
| ORCID: 0000-0003-1352-0219 | |