

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Una Institución Adventista

Título:

“Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martín, 2019”

Por:

Gloria Sol Aranda Saboya

Xiome Pinchi Greenwich

Asesor:

Mg. Henry Mogollón Carbajal

Tarapoto, Junio del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Henry Mogollón Carbajal (asesor), de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EFICIENCIA DE LAS MACRÓFITAS JACINTO DE AGUA (*EICHHORNIA CRASSIPES*) Y REPOLLO DE AGUA (*PISTIA STRATIOTES*) EN LA REMOCIÓN DE NUTRIENTES EN LAS AGUAS CONTAMINADAS DE LA LAGUNA RICURICOCHA POR LOS EFLUENTES DE LA GANADERÍA DEL ÁGUILA. – MORALES- SAN MARTIN, 2019" Constituye la memoria que presenta las Bachilleres, Gloria Sol Aranda Saboya, y Xiome Pinchi Greenwich, Cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, afirmo la presente declaración en Morales, a los 02 de Julio del 2020.



Henry Mogollón Carbajal
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 135735

Asesor

Ing. Mg. Mogollón Carbajal Henry

Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martín, 2019

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR

Ing.MgSc. Andrés Erick Gonzales
Presidente

Ing.Carmelino Almaster Villegas
Secretario

Ing.Mg.José Reátegui Vega
Vocal

Ing. Henry Carbajal Mogollón
Asesor

Tarapoto, 25 de Junio del 2020

Dedicatoria

Dedicamos este presente trabajo investigativo a nuestros padres por brindarnos su confianza, sacrificio y esfuerzo por creer en nuestra capacidad en todos estos años gracias a ellos hemos llegado a convertirnos en lo que somos ahora, a todas esas personas que de una u otra manera nos han apoyado y otorgado ese granito de arena para cumplir con nuestro objetivo, en especial aquellos que nos compartieron sus conocimientos para que el trabajo se realice con éxito.

Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a Dios por ser nuestra guía, nuestro apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad que a pesar de los tropiezos que nos hemos topado, nos permitió concluir con nuestro objetivo. A nuestros padres que con esfuerzo y dedicación nos ayudaron a culminar nuestra carrera universitaria, de igual manera nuestro agradecimiento a la Universidad Peruana Unión por los valores brindados, a nuestros profesores que nos inculcaron las enseñanzas adecuadas que nos ayudaron a crecer día a día como profesionales, al Ing. Mogollón Carbajal Henry quien con su apoyo logramos culminar el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Índice

Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Anexos	x
Resumen	xi
Abstract	xii
Capítulo 1	13
Introducción	13
1.1. Identificación del problema	13
1.2. Objetivos	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3. Justificación.....	16
1.4. Presuposición filosófica	17
Capítulo 2	18
Revisión de literatura	18
2.1. Marco conceptual (bases teóricas)	18
2.1.1 Remoción de nutrientes.....	18
2.1.2 Macrófitas.....	20
2.1.3 Residuo	25
2.1.4. Residuo ganadero	25
2.1.5 Métodos para la acción del objeto de estudio	25
2.2. Marco Legal.....	26
2.2.1 Ley general del Ambiente N° 28611	27
2.2.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua D.S. N° 004-2017- MINAM.....	27
2.3. Definición de Términos	28
2.4. Antecedente de la investigación	29
2.4.1 Antecedente internacional	29
2.4.2 Antecedente Nacional.....	30
Capítulo 3	34
Materiales y métodos.....	34
3.1. Descripción del lugar de ejecución	34
.....	36

Figura 1. Ubicación del área en estudio.....	36
3.2. Población y muestra	36
3.2.1 Población:.....	36
3.2.2 Muestra	37
3.2.3 Metodología de la investigación.....	37
3.3. Análisis estadísticos	42
3.4. Tipo de estudio	42
3.5. Diseño de investigación.....	42
3.6. Formulación de hipótesis.....	44
3.7. Sistema de variables:	44
3.8. Operacionalización de Variables.....	45
Capítulo 4	47
Resultados y discusión	47
4.1. Resultados	47
4.1.1 Parámetros de calidad del agua de la laguna antes del tratamiento	47
4.1.2 Efecto del tratamiento del agua residual.....	47
4.1.3 Eficiencia de remoción de contaminantes.....	56
4.2. Discusión.....	58
Capítulo 5	63
Conclusiones y recomendaciones.....	63
5.1. Conclusiones	63
5.2. Recomendaciones	65
Referencias Bibliográficas	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Estandar de calidad ambiental para agua	28
Tabla 2. Delimitacion de la Faja marginal	35
Tabla 3. Instrumentos de campo.....	38
Tabla 4. Tratamientos con macrofitas	43
Tabla 5. Operacionalización de la variable Independiente	45
Tabla 6. Operacionalización de la variable Dedependiente.....	46
Tabla 7. Valores de los parametros de calidad de la laguna	47
Tabla 8. Analisis de varianza del parametro coliformes totales	48
Tabla 9. Analisis de varianza del parametro DBO.....	49
Tabla 10. Analisis de varianza del parametro DQO	50
Tabla 11. Analisis de varianza del parametro color.....	51
Tabla 12. Analisis de varianza del parametro fosforo.....	52
Tabla 13. Analisis de varianza del parametro nitrogeno.....	53
Tabla 14. Analisis de varianza del parametro pH.....	54
Tabla 15. Analisis de varianza del parametro turbidez	55
Tabla 16. Eficiencia porcentual de la remocion de los contaminantes.....	57

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	36
Figura 2. Procedimientos de los tratamientos con macrofitas.....	43
Figura 3. Prueba de comparaciones de los tratamientos para coliformes fecales	48
Figura 4. Prueba de comparaciones de los tratamientos para DBO.....	49
Figura 5. Prueba de comparaciones de los tratamientos para DQO	50
Figura 6. Prueba de comparaciones de los tratamientos para el color	51
Figura 7. Prueba de comparaciones de los tratamientos para fosforo.....	52
Figura 8. Prueba de comparaciones de los tratamientos para nitrógeno.....	53
Figura 9. Prueba de comparaciones de los tratamientos para pH.....	54
Figura 10. Prueba de comparaciones de los tratamientos para turbidez	54
Figura 11. Comparaciones de los tratamientos para los parametros fisicoquimicos y microbiologicos.....	56

Índice de Anexos

Anexo 1. Recoleccion de macrofitas	69
Anexo 2. Toma de muestras de macrofitas.....	70
Anexo 3. Acondicionamiento de las pesceras de macrofitas por especie	71
Anexo 4. Instalación de las macrófitas.....	72
Anexo 5 Pruebas de Tukey.....	73
Anexo 6 Análisis de Laboratorio.....	76

Resumen

El objetivo de nuestra investigación fue determinar la Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – en el distrito de Morales- San Martín. Para la cual se utilizó un diseño experimental, tipo factorial 2x3 con dos factores, el factor físico químico y microbiológico y el factor macrófitas con 2 especies diferentes y se evaluaron con 3 repeticiones. Siendo las variables dependientes las Coliformes fecales, DBO, DQO, fosforo, Nitrogeno, color, pH y turbidez. Para comparar la calidad del agua se utilizó el D.S. 004-2017 y los estándares indicados por la OCDE. Asimismo los tratamientos empleados en las aguas de la laguna Ricuricocha, como son el Jacinto de agua y repollo de agua redujeron las concentraciones de Coliformes fecales hasta un 100% y cumplieron con los parámetros establecidos por estándares especificados en el D.S. 004-2017. La eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos por tratamiento T1: Jacinto de agua y T2: Repollo de agua fueron; Nitrogeno 12.3% y 5.5%, Fosforo 9.1% y 3.6% , pH 26.8% ambos, color 41.2% y 3.9%, turbidez 20.8% y 12.8%, el DBO fue 11.2% y 403.5% (sobre el nivel inicial), el DQO, fue del 17.6%, y 222% (sobre el nivel inicial). De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar que existe una mayor eficiencia de remoción por parte del Jacinto de agua en comparación al repollo de agua, en los parámetros de Coliformes fecales, DBO, DQO, color, fosforo, nitrógeno y turbidez. Siendo el parámetro del pH el único en la cual presentan igual eficiencia de remoción para las aguas de la laguna Ricuricocha.

Palabras clave: *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, Remoción, Coliformes fecales, Macrófitas

Abstract

The objective of our research was to determine the Efficiency of the water hyacinth macrophytes (*Eichhornia crassipes*) and water cabbage (*Pistia stratiotes*) in the removal of nutrients in the contaminated waters of the Ricuricocha lagoon by the effluents of the Eagle's livestock. - in the Morales-San Martin district. For which an experimental design was used, factorial type 2x3 with two factors, the physical chemical and microbiological factor and the macrophytic factor with 2 different species and they were evaluated with 3 repetitions. Being the dependent variables the fecal Coliforms, BOD, COD, phosphorus, Nitrogen, color, pH and turbidity. To compare the quality of the water, the D.S. 004-2017 and the standards indicated by the OECD. Likewise, the treatments used in the waters of the Ricuricocha lagoon, such as water hyacinth and water cabbage, reduced fecal Coliform concentrations up to 100% and complied with the parameters established by standards specified in the D.S. 004-2017. The removal efficiency of the physicochemical parameters by treatment T1: Water hyacinth and T2: Cabbage water were; Nitrogen 12.3% and 5.5%, Phosphorus 9.1% and 3.6%, pH 26.8% both, color 41.2% and 3.9%, turbidity 20.8% and 12.8%, the BOD was 11.2% and 403.5% (over the initial level), the COD , was 17.6%, and 222% (above the initial level). According to the results obtained, it can be seen that there is a greater removal efficiency by water hyacinth compared to water cabbage, in the parameters of fecal coliforms, BOD, COD, color, phosphorus, nitrogen and turbidity. Being the pH parameter the only one in which they present the same removal efficiency for the waters of the Ricuricocha lagoon.

Key words: *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, Removal, Fecal coliforms, Macrophytes

Capítulo 1

Introducción

1.1. Identificación del problema

El agua es uno de los elementos naturales primordiales en la vida humana asimismo junto al aire, la tierra y la energía, por ello es importante cuidar el medio ambiente, dado que de esa manera la naturaleza nos garantiza un buen estilo de vida. Desde el principio, el hombre utilizó la naturaleza para sobrevivir y como un lugar para el desperdicio de su actividad. Inicialmente, estos desperdicios no eran un problema, quizás se debió a que la población era pequeña y el medio ambiente podía asimilar los desechos producidos. (Hontoria y Zamorano, 2000)

Este es el caso de México, donde el 58% de las aguas residuales generadas son colectadas en los sistemas de alcantarillado municipales, estimándose en más de 208 metros cúbicos por segundo, de los cuales solo el 40.2% (83.6/m³/s) reciben el tipo de tratamiento, esto se debe a que 190 m³/s de las aguas residuales de uso no municipal incluyendo a las empresas industriales, solo son tratadas en un 33.7 M³/s; es decir en un 17.7%; por lo cual las autoridades consideran que es una situación esperada, ya que no es tan preocupante que afectará a los pobladores. (Vásquez, 2017, p. 119)

En un ámbito Nacional, el tratamiento de las aguas residuales es un tema que se abordó muy poco por las intervenciones del gobierno central, considerando que la oferta de un agua de buena calidad destinado al consumo humano disminuye cada vez más, dado que existen diversas empresas agrícolas e industriales, que, si bien es cierto ayuda al país en cuanto a su desarrollo económico, sin embargo, va contaminando poco a poco el medio ambiente.

Según el Ministerio del Medio Ambiente ([MINAM], 2018) ha considerado importante el

tratamiento de las aguas residuales, quienes contaminan y afectan a la salud humana, sin embargo, como ciudad con más población la ciudad de Lima es donde se genera la mayor parte de las aguas residuales urbanas, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL) solo trata estas aguas en un 9.4%, del total de aguas residuales recolectadas y el 90.6% restante es vertido en los ríos o directamente en el mar, por lo que se considera lamentable.

La laguna Ricuricocha en un contexto local, no es ajena a la realidad evidenciada, dado que aproximadamente a unos metros de esta se encuentra ubicada la ganadería Ricuricocha que automáticamente es efluente; es decir, que por medio de las frecuentes lluvias o el agua que vierten productores al momento de limpiar sus establos, los residuos ganaderos van directamente a la laguna Ricuricocha; además, también existen diversas familias asentadas que viven cerca de la laguna, de las cuales sus efluentes van automáticamente a dicha laguna, ya que dichos residuos (heces) contaminan netamente a esta, teniendo en cuenta que contienen nutrientes así como nitrato y fosfato, dejando que la concentración de estos nutrientes produzca una eutrofización del agua, encargándose que la laguna pierda su biodiversidad. Esto se ha convertido en un desafío en términos de minimización, disposición y tratamiento, principalmente debido a su variabilidad en el contenido y cantidad de contaminante, así como su alto potencial para efectuar negativamente en la salud pública y en el medio ambiente, a causa de la contaminación de estos efluentes. Por todo ello, se ha visto importante determinar la eficiencia de la remoción de nutrientes con las macrófitas Jacinto de agua y repollo de agua, en la laguna Ricuricocha contaminada por el efluente de la ganadería del Águila, a fin de brindar alternativas de solución a este problema evidenciado, brindando de tal manera un mejor estilo de vida a la población. Por lo que se planteó ¿Cuál de los tratamientos utilizados como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua

(*Pistia stratiotes*) presenta mayor efecto de remoción de nutrientes sobre las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha, por los efluentes de la ganadería del Águila? – Morales- San Martín, 2019.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la remoción de nutrientes con las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) sobre las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha

1.2.2 Objetivos específicos

Evaluar el nivel de nutrientes presentes en efluente de la ganadería del Águila antes de la aplicación de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*).

Analizar la eficacia de remoción de nutrientes del efluente de la ganadería del Águila después de la aplicación de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*).

Comparar si el nivel de remoción de nutrientes del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) está dentro de los estándares del D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1) y la OCDE. .

1.3. Justificación

El recurso natural de mayor importancia viene hacer el agua, el cual en nuestra Región San Martín está presente bajo la forma de ríos, quebradas, riachuelos, lagos y lagunas que albergan y nutren a una gran cantidad de organismos vivos, que forman parte de la flora y fauna de naturaleza microscópica y macroscópica. Por ser una gran fuente de vida el agua es requerida por todos los seres vivos incluyendo el hombre, es por ello la necesidad de mantener estas fuentes de agua como las lagunas en condiciones aceptables para favorecer la viabilidad de la vida.

La laguna Ricuricocha es una gran fuente de vida para la mayoría de animales y especies vegetales que habitan alrededor pero lastimosamente viene siendo contaminada de manera indiscriminada por los desechos de aguas residuales y excretas por partes de los lugareños de la zona, que provocan su contaminación a través de desechos tanto de animales como del hombre, originándose así una contaminación de riesgo a convertirse en un foco de infección, toda vez que muchas veces son usadas de manera recreativa por parte de algunos pobladores.

Los gobiernos locales y regionales no están tomando en cuenta el grave daño que se le está generando a la naturaleza al permitir la contaminación de dicho recurso hídrico. Si tomamos en cuenta el costo que implica provocar la remediación de dichas aguas con la remoción de sustancias nocivas que limitan el desarrollo de la flora y fauna. Una de las formas más convenientes para poder recuperar estos cuerpos de agua es la utilización de un sistema de remoción natural utilizando las macrófitas. Según Martelo y Lara (2010), las macrófitas tienen la capacidad de filtración y sedimentación de sólidos, degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a sus raíces de las plantas. El motivo de la ejecución del presente proyecto de investigación, es tratar de recuperar la calidad microbiológica y fisicoquímica de la laguna Ricuricocha en el distrito de Morales, para ello se empleó macrófitas como el Jacinto de agua y Repollo de agua que presentan

capacidad de remoción de sustancias dañinas y provocar que las aguas de la laguna cumplan los estándares de calidad respectivas y evitar la proliferación de microorganismo y sustancias contaminantes.

1.4. Presuposición filosófica

El medio ambiente es el compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida material y psicológica del hombre y en el futuro de generaciones venideras: por ello es importante cuidar todo lo que hay en él. En la Santa Biblia existe un versículo “Génesis 2:15 Tomo, pues, Jehová Dios al hombre, y lo puso en el huerto de edén para que lo labrara y lo guardase”; en dicho versículo Dios hace referencia que debemos cuidar responsablemente todo lo que él creó; es decir amar su perfecta creación.

Asimismo, en “Salmos 115:16 Los cielos son los cielos del Jehová; y a dado la tierra a los hijos de los hombres”; este versículo claramente nos enseña que Dios en su infinita misericordia puso al hombre completamente responsable sobre el cuidado de su obra.

De acuerdo con lo analizado a través los versículos expuestos, constatamos que el cuidado del medio ambiente es muy fundamental en nuestras vidas, dado que Dios nos manda a amarlo, cuidarlo y respetarlo, por lo tanto, estamos obligados a obedecer lo que Dios manda, teniendo en cuenta que Él nos dio la absoluta potestad para administrarlo.

Capítulo 2

Revisión de literatura

2.1. Marco conceptual (bases teóricas)

2.1.1 Remoción de nutrientes

Son tratamientos basados en la actividad biológica de ciertos microorganismos, para realizar la depuración del agua residual, específicamente para la eliminación de compuestos de nitrógeno y fósforo. (Muñoz, 2017, p. 41)

2.1.1.1. Parámetros que influyen en la remoción de los nutrientes

Según Ramos (2014) menciona que algunos de los parámetros que influyen en la remoción de los nutrientes son los siguientes:

- Alcalinidad: la alcalinidad expresa la capacidad que tiene un agua de mantener su pH a pesar de recibir una solución ácida o alcalina. Principalmente corresponde a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de los iones calcio y magnesio. (p. 17)
- Temperatura: la temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la solubilidad del oxígeno y la actividad microbiana entre otros.
- pH: la expresión usual para medir la concentración del ión hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrógeno. Esta concentración en el agua está íntimamente relacionada con la extensión de la reacción de disociación de las moléculas del agua: iones hidroxilo e hidrógeno. (p. 17)
- Oxígeno Disuelto: es un indicador del efecto producido por los contaminantes oxidables, de la capacidad del agua para mantener vivos a los organismos aerobios y la capacidad de autodepuración de un cuerpo receptor. (p. 18)

- Potencial de Óxido Reducción: es una medida de la actividad de los electrones en un medio. Es frecuentemente utilizado en los sistemas de tratamiento de aguas como una medida del carácter oxidante o reductor del mismo. (p. 18)

2.1.1.2. Evaluación de la remoción de nutrientes

Con la finalidad de evaluar la remoción de nutrientes, se ha tenido importante involucrar la teoría de Muñoz (2017), para ello se mostrarán las siguientes dimensiones e indicadores:

Cantidad

Muñoz (2017) señala que la cantidad es todo aquello que es medible y susceptible de expresar numéricamente, pues es capaz de aumentar o disminuir. (p. 43)

- Volumen de eliminación: Hace referencia a la magnitud que se eliminarán de nutrientes al momento de experimentar con las macrófitas.
- Destino de las aguas residuales: Es la dirección con la que estarán las aguas residuales, a través de la eficacia de las plantas macrófitas; es decir si se disminuirán. (p. 44)

Frecuencia

Muñoz (2017) indica que la frecuencia es la constante repetición de un hecho o suceso; es decir de la remoción de los nutrientes el número de veces que se repite el proceso durante un tiempo establecido. (p. 45)

- Eliminación diaria o semanal: Hace referencia a que a través de las plantas macrófitas, se debe conocer cada cierto tiempo se da la eliminación de los nutrientes. (p. 45)
- Sustancias que se desalojan con el agua: Se refiere a que es importante conocer que sustancias se desalojan de la laguna, al momento de conocer la eficiencia de las plantas macrófitas

2.1.2 Macrófitas

Son aquellas plantas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos periodos de tiempo, además son plantas que cuyo porte puede alcanzar una cierta importancia dependiendo del poder nutricional del medio en que se encuentren. (Simone, 2014, p. 33). Señala que las características de las plantas macrófitas, pueden ser identificables a través de distintos se han adaptado a los hábitats acuáticos, al respecto han desarrollado epidermis fina, poco lignificada y estomas especializados. (p. 35)

- Crecimiento de las macrófitas: Las raíces generalmente tiene función de anclaje ya que la absorción de agua y nutrientes se realiza por el tallo y hojas modificadas. (p. 35)
- Color de las hojas: La mayoría de las hojas presentan diversas morfologías, tonalidades verde-cremosas y adaptadas funcionalmente para sobrevivir en medios acuáticos. (p. 35)

2.1.2.1. Jacinto de agua

El Jacinto de agua es una planta acuática, su nombre científico es *Eichhornia crassipes*, originario de américa del sur, perteneciente a la familia de Pontederiaceae, en el cual se encuentran ubicados la mayor parte del tiempo en estanques soleados, tiene muchas raíces negras muy largas y apenas tiene tallo; forma una especie de rizoma del que salen unas bombitas de aire, que favorecen a su flotación, durante el verano suelen contar con espigas de color morado que recuerdan a jancitos, por ello es su nombre. El Jacinto de agua debe ubicarse en pleno sol, mientras que en invierno se debe protegerla de las heladas temperaturas en el cual debe estar entre 20 y 30°C. Además, dicha planta

se reproduce muy fácilmente por medio de unos espolones que salen de la planta madre. (Sanz, 2004, p. 09).

El Jacinto de agua habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y subtropical localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Las temperaturas menores de 0°C y la alta salinidad afecta su crecimiento. Se sabe también que los cuerpos de agua eutroficados que presentan niveles altos de nitrógeno, fosforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no evitan su crecimiento. Esta especie puede establecerse en suelos saturados de agua por un corto periodo de tiempo. Esta macrófita es una maleza acuática perenne que flota libremente en la superficie del agua, propia de Brasil y fue introducida a Estados Unidos en 1884 como planta ornamental para jardines acuáticos. Su reproducción se da principalmente de forma vegetativa por medio de la producción de estolones, siendo también la producción de semillas la cual ocurre con un bajo porcentaje de germinación. Las temperaturas bajas suelen ser óptimas para el crecimiento, por lo que su biomasa puede duplicarse en un mes por medio de reproducción vegetativa. Su alta capacidad reproductiva provoca la formación de colonias densas flotando en el agua. Por consiguiente se reduce el flujo de agua en los embalses, cantidad de oxígeno, navegación y crecimiento de otras plantas acuáticas. Además esta macrófita de agua puede ser utilizado como hospedero de larvas de mosquito, por tales razones, esta especie es considerada como una de las peores malezas a nivel mundial también conocido con el término “World’s Worst Weeds”. (Robles y Madsen, 2011).

2.1.2.2. Repollo de agua

Cuyo nombre científico es *Pistia stratiotes*, es una planta flotante, acaule, que emite numerosas raíces. Las hojas son arrosetadas, de color verde grisáceo intenso, pubescentes, con tejido esponjoso, reticuladas, obovadas, con el ápice redondeado o

truncado y a veces levemente escotado, sésiles y alcanzan los 15 cm de longitud por 6 cm de ancho. Poseen inflorescencias masculinas y femeninas en ejes muy cortos y rodeados por sendas espatas. La inflorescencia masculina tiene una sola flor con 2 estambres los cuales están unidos en gran parte de su longitud y sendas anteras biloculares. En las femeninas el ovario es elipsoide, reticulado-venoso, unicarpelar, con varios óvulos; el estilo es subcónico y el estigma capitado y ciliolado. Los frutos son globosos, miden 1 cm de diámetro, son de color verde, cubiertos por una envoltura delicada; contienen numerosas semillas blancas, rugosas y elipsoides.

Se desarrolla en lugares muy iluminados si se mantiene a la planta en acuarios o invernaderos. No soporta los inviernos duros. Su temperatura mínima de crecimiento es de 15°C y la óptima de crecimiento es de 22 a 30°C. Su reproducción es rápida, las plantas botan sus semillas al fondo del agua (tierra) en un periodo de 10 a 12 días, las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número (Romero 1965).

2.1.2.3. Clasificación de las plantas macrófitas

Pérez (2015) considera que las plantas macrófitas, según su morfología y fisiología, pueden clasificarse de diferentes formas, las cuales se describen de la siguiente forma:

- Plantas macrófitas emergentes: Son generalmente plantas perennes con órganos reproductores aéreos, que viven en suelos anegados de forma permanente o temporal.
- Plantas macrófitas de hojas flotantes: Son principalmente angiospermas, sus órganos reproductores son flotantes o aéreos y viven sobre suelos anegados.
- Plantas macrófitas sumergidas: Son en su mayoría tipo helechos, musgos, etc. se contemplan con angiospermas; este tipo de plantas se encuentran en toda la zona a la cual llega la luz solar y no suele vivir (las angiospermas vasculares) más allá

de 10 metros de profundidad aproximadamente. Sus órganos reproductores suelen ser o bien aéreos, flotantes o sumergidos. (p. 65).

2.1.2.4. Ventajas de las plantas macrófitas

Según Pendon (2017) considera que las ventajas de las plantas macrófitas son las siguientes:

- Purificación del agua en pantanos (mediante el control de la eutrofización por el enriquecimiento en exceso de nutrientes de un ecosistema).
- Fitodepuración.
- Biorremediación.
- Restauración de riveras de ríos y lagos.
- Mejora de áreas pantanosas.
- Uso ornamental en estanques y lagos
- Algunas son de utilidad para la alimentación del ganado, los peces y otros animales acuáticos.
- Pueden ser utilizadas como fertilizantes.
- También para producción de celulosa.
- Como fuente de producción de bio-gas.
- Algunas producen materias primas para su uso en medicina y cosmetología. (p. 23)

2.1.2.5. Desventajas de las plantas macrófitas

Según Pendon (2017) indica que las desventajas de las plantas macrófitas son las siguientes:

- Plantas invasoras.

- Fuente de vectores propagadores de enfermedades y plagas.
- Favorecedoras de ausencia de oxígeno en el agua cuando se crean grandes coberturas flotantes.
- Exceso de sombra sobre plantas sumergidas y algas.
- Grandes masas en descomposición generan excesos de materia orgánica en el sedimento, volviendo el medio anóxico. (p. 25)

2.1.2.6. Biorremediación y fitodepuración con plantas macrófitas

Para Márquez (2014) es importante conocer la biorremediación y Fito depuración con el uso de las plantas macrófitas, las cuales se describen de la siguiente manera:

- biorremediación con plantas macrófitas, al proceso para retornar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural. Mediante el empleo de la biorremediación se puede atacar contaminantes específicos del suelo.
- Fito depuración, es la técnica de purificación caracterizada por tratamientos de tipo biológicos, en el cual las plantas, creciendo en agua saturada de nutrientes, desarrollan un papel clave y directo sobre las bacterias que colonizan el sistema de raíces y al rizoma. (p. 51).

2.1.2.7. Evaluación de la eficiencia de las macrófitas

Con la finalidad de conocer la evaluación de la eficacia de las macrófitas, se ha visto importante involucrar al autor Simone (2014), quien mostrará la siguiente dimensión:

Características de las macrófitas

Simone (2014) señala que las características de las plantas macrófitas, pueden ser identificables a través de distintos se han adaptado a los hábitats acuáticos, al respecto han desarrollado epidermis fina, poco lignificada y estomas especializados. (p. 35)

- Crecimiento de las macrófitas: Las raíces generalmente tiene función de anclaje ya que la absorción de agua y nutrientes se realiza por el tallo y hojas modificadas. (p. 35)
- Color de las hojas: La mayoría de las hojas presentan diversas morfologías, tonalidades verde-cremosas y adaptadas funcionalmente para sobrevivir en medios acuáticos. (p. 35)

2.1.3 Residuo

Son los desperdicios, los materiales que el ser humano o animal no considera necesario y que cree que debe ser eliminado. Todas las actividades humanas, así como la agricultura y ganadería, producen residuos; sin embargo, la cantidad y naturaleza de estos son muy distintas dependiendo de su origen.

2.1.4. Residuo ganadero

Son todos aquellos que se generan como resultado de la cría intensiva o extensiva de ganado en cualquiera de sus tipologías. Dentro de este grupo de residuos ganaderos los subgrupos son:

- Estiércol: son las deyecciones, sean solidas o fluidas de los animales.
- Residuos zoonosanitarios: son los restos de los productos utilizados en las explotaciones para el tratamiento sanitarios de los animales, es decir, restos de medicamentos, envases, jeringas, objetos, etc.
- Cadáveres de los animales: Hace referencia a la descomposición de todos los animales muertos y todo desperdicio animal.

2.1.5 Métodos para la acción del objeto de estudio

2.1.5.1 Remoción de nutrientes

Con la finalidad de evaluar la remoción de nutrientes, se ha tenido importante involucrar la teoría de Muñoz (2017), para ello se mostrarán las siguientes dimensiones e indicadores:

2.1.5.2 Cantidad

Muñoz (2017), señala que la cantidad es todo aquello que es medible y susceptible de expresar numéricamente, pues es capaz de aumentar o disminuir. (p. 43)

- Volumen de eliminación: Hace referencia a la magnitud que se eliminaran de nutrientes al momento de experimentar con las macrófitas.
- Destino de las aguas residuales: Es la dirección con la que estarán las aguas residuales, a través de la eficacia de las plantas macrófitas; es decir si se disminuirán. (p. 44)

2.1.5.3 Frecuencia

Muñoz (2017) indica que la frecuencia es la constante repetición de un hecho o suceso; es decir de la remoción de los nutrientes el número de veces que se repite el proceso durante un tiempo establecido. (p. 45)

- Eliminación diaria o semanal: Hace referencia a que a través de las plantas macrófitas, se debe conocer cada cierto tiempo se da la eliminación de los nutrientes. (p. 45)
- Sustancias que se desalojan con el agua: Se refiere a que es importante conocer que sustancias se desalojan de la laguna, al momento de conocer la eficiencia de las plantas macrófitas

2.2. Marco Legal

El Perú desarrolla leyes, decretos supremos, reglamentos, etc. a fin de promover el cuidado y preservación del medio ambiente, teniendo en cuenta que se desarrollan multitudes de

actividades en el territorio nacional. Para ello en la investigación se ha visto importante contar con normativas que amparan el desarrollo de esta, las cuales son las siguientes:

2.2.1 Ley general del Ambiente N° 28611

En la ley general del ambiente en el artículo 1, del derecho y deber fundamental, hace mención que toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el propósito de mejorar el desarrollo sostenible del país. (MINAM, 2005)

2.2.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua D.S. N° 004-2017- MINAM

La presente norma tiene como objetivo compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos. (MINAM, 2017)

En el Artículo 3, categoría 4, Sub Categoría E1: Lagos y lagunas, Hace referencia a aquellos cuerpos naturales de agua lenticos, que no presenta corriente continua, incluyendo humedales. Por ello, el ECA busca establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancia o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Tabla 1. Estándar de calidad ambiental para agua

Parámetro	Unidad de medida	Limite
DBO ₅	mg/L	15
DQO	mg/L	40
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4
Conductividad eléctrica	μS/cm	2500
Potencial de hidrogeno	Unidad de pH	6.5 – 8.5
Temperatura	°C	Δ 3
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1000*

Agua para riego no restringido

2.3. Definición de Términos

Agua residual: Son las aguas contaminadas por la dispersión de desechos humanos o animal; llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. (Roggio, 2019, p. 14)

Ecoeficiencia: Es la capacidad de una entidad gestionada de satisfacer simultáneamente las metas de costo, calidad y rendimiento, su objetivo es reducir los Impactos Ambientales y conservar los recursos valiosos, para lo cual son necesarios procesos y productos más limpios y la utilización sostenible de los recursos. (Gonzales, 2018, p. 39)

Efluente: Producto de desecho de un proceso gaseoso, líquido o sólido que es descargado al ambiente. Estos desechos pueden haber sido tratados o no. Cualquier sólido, líquido, gas o semisólido que entra en el ambiente como un subproducto de actividades humanas. (Gonzales, 2018, p. 39)

Ganadería: Es la actividad económica que consiste en la cría de animales domésticos para el consumo humano y la obtención de carne, leche, lana, pieles, miel entre otros. (Rodríguez, 2014, p. 21)

Laguna: es una acumulación de agua de una profundidad menor a la de un lago. (Roggio, 2019, p. 14)

Macrófitas: Son un tipo de plantas, más específicamente se trata de vegetación acuática. (Rodríguez, 2014, p. 21)

Medio ambiente: Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia. (Roggio, 2019, p. 14)

Remoción: Implica quitar un objeto o un sujeto de un lugar o de una situación, por motivos diversos (inutilidad, riesgo, aseo, estética, cambio de gustos, conveniencia, etcétera). (Rodríguez, 2014, p. 21).

2.4. Antecedente de la investigación

2.4.1 Antecedente internacional

Venegas, C. (2015) en su investigación "Eliminación biológica de nutrientes en aguas residuales con alto contenido de nitrógeno amoniacal utilizando un reactor biológico secuencial" (Tesis pregrado) Universidad de Cantabria. España. Tuvo como objetivo estudiar la capacidad de un RBS para la eliminación simultánea de nutrientes en un agua residual con alto contenido de nitrógeno amoniacal. Llegó a concluir que: se evaluó el funcionamiento de un RBS piloto de 1m³ de capacidad operado bajo diferentes secuencias de fases aerobias/anóxicas para eliminación de nitrógeno y anaerobias/aerobias/anóxicas para eliminación simultánea de nutrientes en un agua residual con alto contenido de nitrógeno amoniacal. Se estudió el efecto de los parámetros que condicionan los procesos de eliminación de nutrientes en un RBS (pH, temperatura, relación C: N: P, secuencia de operación) para determinar los parámetros de operación óptimos bajo las condiciones establecidas. Finalmente, se verificaron los resultados obtenidos empíricamente de las

condiciones operacionales del RBS mediante el uso del modelo GPS-X ® v.6.3.2. El proceso alcanzó remociones de 89%, 94% y 96% para DQO, NT y PT respectivamente, indicando que el RBS es una alternativa favorable para eliminación conjunta de nutrientes y se identificaron puntos de control en los perfiles pH, ORP y OD, algunos incluso que no han sido reportados previamente en la literatura. (p. 111)

Castañeda, A. (2013) en su investigación “Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante plantas macrófitas típicas en los altos de Jalisco, México - Tesis de pregrado en la Universidad de Guadalajara - México. Tuvo como objetivo principal cuantificar la eficiencia en la remoción de la carga orgánica (DBO), nitrógeno total, fósforo total y grasas y aceites, verificándose el comportamiento del pH, en aguas residuales domésticas, se diseñó un sistema piloto de pruebas con tres especímenes de plantas macrófitas típicas en humedales naturales de Los Altos de Jalisco. Llegó a concluir que el establecimiento de bacterias en las raíces de las plantas, ayudan a la remoción de la carga orgánica y de nutrimentos del agua residual, los microorganismos son la parte fundamental del mecanismo con que la plantas macrófitas contribuyen a la remoción de los contaminantes; los compuestos orgánicos, nitrogenados y fosforados son transformados a formas más simples y, por lo tanto, más fáciles de ser asimilados por las propias plantas. (p. 13).

2.4.2 Antecedente Nacional

Segura, (2019) en su investigación “Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo de subsuperficial horizontal a través de la especie macrófitas emergente carrizo (*Phragmites australis*)” - Tesis pregrado de la Universidad Peruana Unión. Lima, Perú. Tuvo como objetivo general determinar la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados del relleno sanitario diluido con aguas residuales, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, aplicando la

especie carrizo (*Phragmites australis*). El tipo de investigación fue aplicada, cuyo diseño fue experimental. La técnica fue la observación, cuyo instrumento fue el cuestionario. Llegó a concluir que se determinó la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados diluido con agua residual mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, alcanzando para la concentración al 1% en promedio de los tres tiempos: 65% de DBO5; 50% de DQO; 95% de nitrógeno total; 95% de Coliformes termotolerantes; 54% de fósforo total; 94% de nitrógeno amoniacal; 94% de turbiedad; 47% de oxígeno disuelto; 58% de conductividad eléctrica; 58% solidos disueltos totales; se obtuvo un pH de 7.9, con una temperatura de 26.3 °C. De la misma manera una eficiencia de remoción en la concentración al 3%: 69% de DBO5; 69% de DQO; 94% de nitrógeno total; 95% de Coliformes termotolerantes; 86% de fósforo total; 91% de nitrógeno amoniacal; 93% de turbiedad; 40% de oxígeno disuelto; 56% de conductividad eléctrica; 56% solidos disueltos totales, se obtuvo un pH de 7.9, con una temperatura de 25.7 °C. Por lo tanto, se demuestra que el sistema tuvo una eficiencia de 71 y 75 % para la concentración 1 y 3%, alcanzando una eficiencia final del 73% en el sistema de tratamiento

Cupe, (2013) en su investigación “Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes *Lemna minor* (Lenteja de agua), *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Pistia stratioides* (Lechuga de agua). Para el tratamiento de aguas residuales domesticas” - Tesis de pregrado en la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. Lima – Perú. El objetivo general fue Encontrar un modelo de tecnología apropiada de bajo costo, mínima operación y mantenimiento en el tratamiento de las aguas residuales. Llegó a concluir que las tres plantas acuáticas macrófitas son eficientes en la remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, Coliformes fecales. Siendo el Jacinto de Agua la planta acuática que ha presentado mayor eficiencia en la remoción de contaminantes de las aguas residuales. Creemos que esto se debe a que el Jacinto de agua posee una mayor superficie de contacto de sus raíces con el agua residual, en donde los microorganismos

(comunidades bacterianas degradadoras de la materia orgánica) adheridos a las raíces y las raíces mismas actúan como filtros realizando una gran actividad depuradora de la materia orgánica. (p. 204)

Paredes, (2015) en su investigación “Optimización de la Fitorremediación del mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes*” Jacinto de agua” -Tesis pregrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. El objetivo principal fue Optimizar la Fitorremediación de mercurio (II) en solución acuosa utilizando *E. crassipes*. Llegó a concluir que la *Eíchhornía crassípes* presenta gran capacidad de amortiguamiento del pH, en los medios ácido y básico, además la variación de pH hacía el medio neutro con la *E. crassipes*, es más fácil desde un valor de pH básico, así también a mayor concentración de mercurio, menor es la capacidad de amortiguamiento de pH en los tres medios de pH. (p. 78)

García, (2012) en su investigación “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domesticas” - Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. Lima – Perú. El objetivo general fue reducir la contaminación en nuestro ecosistema como: la eutrofización de las fuentes, concentración de contaminantes en los cuerpos de agua, etc. Así contribuimos a la resolución de problemas concretos que afectan a nuestra sociedad. Llegó a concluir que el sistema por tandas y en el sistema continuo, el pH tuvo fluctuó de 7.0 a 8.0, siendo adecuado para el crecimiento de este helecho. Por lo tanto, existió en el medio acuático, un predominio de ión amonio ya que el pH estuvo por debajo de 9.3 y la remoción de Amonio varió de un 81% a un 89%. (p. 217)

Castillo, (2017) en su investigación “Eficiencia de *Lemna sp* y *Eichhornia crasspies*, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín” - Tesis de pregrado de la Universidad de Cajamarca. Cajamarca. Tuvo como objetivo determinar de la eficiencia de *Lemna sp* y *Eichhornia crassipes*, en la remoción de

nutrientes, utilizando el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín. Llegó a concluir que la eficiencia en la remoción de nutrientes al aplicar un estímulo o tratamiento con *Lemna sp* (PM2), en un sistema de reactores en serie con flujo continuo para el parámetro de nitrógeno total (N) es de 52%, para el parámetro de nitratos (NO_3^-) es de 37%, para el parámetro de fósforo total (P) es de 31% y para el parámetro de fosfatos (PO_4^{3-}) es de 34%; paralelamente al aplicar un estímulo o tratamiento con *Eichhornia crassipes* (PM3), en un sistema de reactores en serie con flujo continuo para el parámetro de nitrógeno total (N) es de 61%, para el parámetro de nitratos (NO_3^-) es de 34%, para el parámetro de fósforo total (P) es de 73% y para el parámetro de fosfatos (PO_4^{3-}) es de 68%, utilizando el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín; presentando las tasas más altas de remoción de nutrientes al aplicar un tratamiento con *Eichhornia crassipes*. (p. 64).

Capítulo 3

Materiales y métodos

3.1. Descripción del lugar de ejecución

La laguna Ricuricocha, está ubicado en el centro poblado Santa Rosa de Cumbaza, muy cerca de la ciudad de Morales; es decir, a partir del Km 6.9 de la vía de Evitamiento, se toma el desvío y se continua 2.4 Km adicionales para poder llegar a la laguna. Es una depresión natural que producto de las lluvias, forma una extensa laguna de 90 hectáreas de hasta 2 metros de profundidad.

Según la resolución directoral N° 086-2015- ANA/AAA-HUALLAGA, la delimitación de faja marginal de la laguna Ricuricocha, menciona que, mediante informe técnico N° 026-2015-ANA-AAA.H-SDCPRH/CLMG, se concluye que del estudio realizad, resulta perteneciente y técnicamente factible aprobar la nueva delimitación de la faja marginal de la laguna Ricuricocha, con fines de protección y conservación de la mencionada fuente natural, dentro de un parámetro de 7, 000.19 metros, con un área de espejo de agua de 727,172.00 M2.

Artículo 2°: APROBAR la nueva delimitación de la faja marginal de la laguna Ricuricocha, ubicada en el sector Moyopamba, distrito de Morales, provincia y departamento de San Martin, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 2: Delimitación de la faja marginal

Progresiva (m)	Código del hito	Coordenada este	Coordenada norte	Ancho de faja marginal (m)
		DATUM WGS-84 ZONA 18		
P1: 0+000.00	H1	344863mE	9277585 mN	20 m
P2: 0+186.63	H2	344680mE	9277598 mN	20 m
P3: 0+393.08	H3	344527mE	9277710 mN	20 m
P4: 0+663.20	H4	344300mE	9277817 mN	20 m
P5: 1+130.53	H5	343919mE	9278064 mN	20 m
P6: 1+208.47	H6	343854mE	9278107 mN	20 m
P7: 1+355.14	H7	343734mE	9278040 mN	20 m
P8: 1+491.52	H8	343734mE	9277911 mN	20 m
P9: 1+554.46	H9	343794mE	9277892 mN	20 m
P10: 1+802.01	H10	344000mE	9277765 mN	20 m
P11: 2+510.15	H11	344542mE	9277345 mN	20 m
P12: 3+142.07	H12	344285mE	9276800 mN	20 m
P13: 3+730.50	H13	344248mE	9276244 mN	20 m
P14: 3+947.55	H14	344305mE	9276045 mN	20 m
P15: 4+238.05	H15	344554mE	9275900 mN	20 m
P16: 4+559.33	H16	344622mE	9276161 mN	20 m
P17: 5+147.09	H17	344429mE	9276669 mN	20 m
P18: 5+809.62	H18	344871mE	9277110 mN	20 m
P19: 6+169.18	H19	345218mE	9277047 mN	20 m
P20: 6+280.45	H20	345290mE	9277121 mN	20 m
P21: 6+577.82	H21	345136mE	9277354 mN	20 m
P22: 7+000.16	H22	344863mE	9277585 mN	20 m

Fuente: Resolución de Autoridad Nacional del agua (ANA)

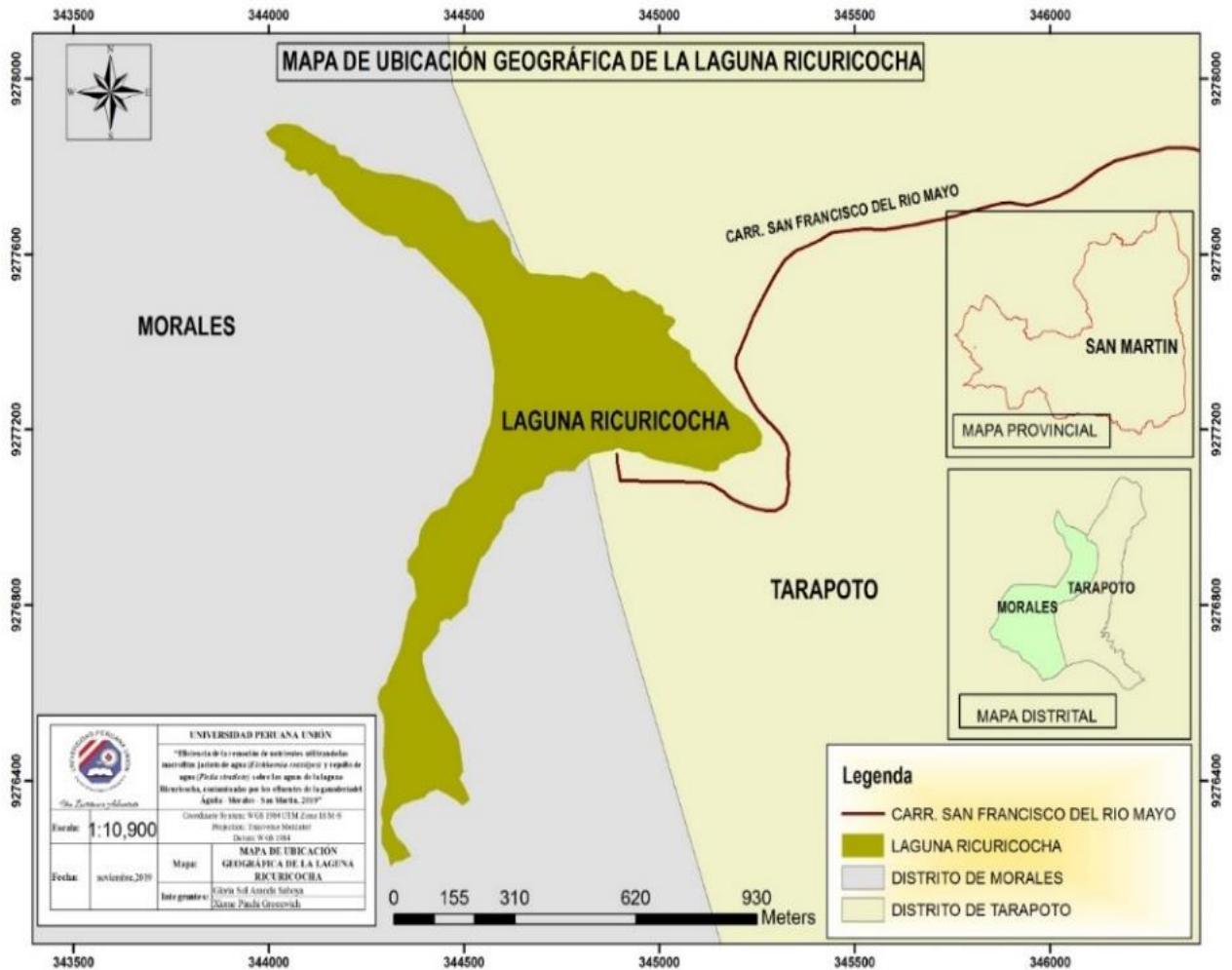


Figura 1. Ubicación del área en estudio.
 Fuente: Elaboración propia (ArcGIS), 2019.

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población:

La población del presente estudio estuvo conformado por las aguas de la laguna Ricuricocha, que está ubicado en el centro poblado Santa Rosa de Cumbaza, muy cerca de la ciudad de Morales.

3.2.2 Muestra

Las muestras estuvieron conformadas por 6 recipientes de 70 L litros de capacidad, cada uno con agua de la laguna Ricuricocha, contaminadas por los efluentes de la ganadería del Águila – Morales, durante el año 2019. Esta cantidad de muestra y tipos de recipientes están referidas por experimentos anteriores realizados por Castañeda (2013).

3.2.3 Metodología de la investigación

El método de investigación para el presente proyecto se dividió en tres etapas, las cuales son detalladas a continuación

a. Etapa 1: gabinete inicial

En esta etapa, se procedió en un primer lugar a la recopilación de información bibliográfica (libros, revistas, artículos, etc.).

A partir de la información recopilada, se procedió a la sistematización de esta, teniendo en cuenta investigaciones similares, manuales, métodos y procedimientos requeridos en el desarrollo de la investigación.

Adquisición de equipos de protección personal (botas, traje para agua, guantes, mascarilla etc.) y demás materiales (embaces de muestreos, marcador indeleble, GPS, hoja de campo, entre otros).

Ubicación de la zona de muestreo y punto de monitoreo mediante las herramientas informáticas (Google Earth)

En cuanto a los Instrumentos y la recolección de datos se tuvo en cuenta a la guía de análisis de observación para conocer la situación real, dado que dichos instrumentos fueron validados por expertos en el tema a fin de dar validez a la información recolectada.

Tabla 3: Instrumentos de campo.

Técnicas	Instrumentos	Informantes
Revisión documentaria	Fichas de registros	Responsable del proyecto
Encuesta	Cuestionario	Población
Observación	In situ Toma de muestras	Con los Pobladores

Fuente: Elaboración propia, 2019.

b. Etapa 2: campo

- Pre-monitoreo

Se planificó el monitoreo y el tipo de muestra, además de localizar el punto de muestreo.

Seguridad en campo a través de los equipos de protección personal necesaria para esta actividad y también se llevó un botiquín como medida de seguridad.

- Monitoreo

Se realizó el reconocimiento del entorno de la laguna Ricuricocha, posteriormente, identificación del lugar de muestreo (Distrito de la Morales) de manera clara, con el fin de obtener una ubicación exacta, registrar el punto de muestreo mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), las coordenadas del punto de monitoreo se registraron en coordenadas UTM y en sistema geográfico ambos en estándar geodésico WGS84.

El procedimiento para la recolección de muestra de agua se realizó teniendo en consideración como lo describe el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales -Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

Se procedió a recolectar 6 muestras de 70L de agua para cada muestra, etiquetando, rotulado y la hora, día, fecha y ubicación.

- **Toma de muestras**

Se procedió a tomar las muestras de agua residuales de la zona designada de la orillas de la laguna Ricuricocha. Se recolectaron 2 muestras con 3 repeticiones, cada muestra de 70 litros de agua en 6 recipientes estériles, tomando en cuenta las barreras de protección (guantes estériles, cofia, buco nasal, mandil y botas) para evitar contaminarse o contaminar la muestra. El procedimiento para la recolección de muestra de agua se realizó teniendo en consideración como lo describe el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales -Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

Las muestras tomadas se mantuvieron en refrigeración a una temperatura promedio de 4 a 8°C, en un cooler por un tiempo máximo de 4 horas, hasta ser transportado y procesados en el laboratorio Referencial Regional de Salud Pública San Martín y el laboratorio Acreditado -INACAL.

Los parámetros de pH y temperatura se tomaron in situ. En caso de que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación que se agregaría preferentemente después de la toma de la muestra de agua. En la toma de muestra, preservación, llenado de la cadena de custodia, traslado de la muestra y transportar las muestras hasta el laboratorio, se realizaron de acuerdo al protocolos de muestreo.

Al finalizar las actividades de muestreo, los equipos se mantuvieron en óptimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Se contó con un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del equipo, reemplazo de baterías y cualquier problema de lectura o calibración.

c. Etapa 3: Laboratorio

Las muestras tomadas fueron analizadas y procesadas en los laboratorios del Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública San Martín. Se consideró también el envío de las muestras tomadas de agua antes y después del tratamiento con las macrófitas, a un Laboratorio particular acreditado- INACAL, para el análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos respectivos.

Con los valores obtenidos, se procedió a su sistematización, mediante la utilización de organizadores visuales, como tablas, cuadros, gráficos, entre otros, los cuales favorezcan al proceso de determinación en la posterior etapa de gabinete final.

Ordenación de materiales e interpretación de datos.

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, estos fueron procesados mediante programa SPSS y evaluados de acuerdo a los resultados obtenidos. Basado en estudios anteriores se procedió hacer análisis estadísticos en diseños multivariados proyectándonos a utilizar un análisis e Clúster así como de Componente Principal y a esto incluir una estadística descriptiva de los principales parámetros.

1. Preparación de las macrófitas

Las macrófitas fueron obtenidas de las diferentes zonas de nuestra región San Martín, siendo así que la especie Jacinto de agua fue traída de la provincia de Moyobamba – distrito de Calzada, mientras que la especie Repollo de agua se obtuvo del mismo lago Ricuricocha.

Para una siembra exitosa de las especies vegetales propuestas, se realizó en base a la selección de los mejores ejemplares, para ello se tuvo en cuenta las siguientes condiciones: Posean una buena pigmentación, no presenten

ninguna anomalía en cualquiera de sus partes, sean especies jóvenes y posean un sistema radicular abundante

2. Tratamientos

Tratamiento N° 01: Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

1. Se utilizó 3 peceras con capacidades de 70 litros de agua de la laguna Ricuricocha.
2. Se colocó 100 gramos de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) por cada litro de agua presente en las peceras.
3. Se dejó reposar las macrófitas de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) sobre las aguas de la peceras por un lapso de tiempo de 30 días, a temperatura ambiente, en las instalaciones del Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín.
4. Pasado los 30 días se procedió a medir nuevamente los valores de - Nitrógeno - Fosforo - DBO – DQO – Coliformes termotolerantes – pH – Temperatura, color, turbidez. Dichas mediciones se realizaron en un laboratorio acreditado.

Tratamiento N° 02: Repollo de agua (*Pistia stratiotes*)

1. Se utilizó 3 peceras con capacidades de 70 litros de agua de la laguna Ricuricocha.
2. Se colocó 100 gramos de Repollo de agua (*Pistia stratiotes*) por cada litro de agua presente en las peceras.
3. Se dejó reposar las macrófitas de Repollo de agua (*Pistia stratiotes*) sobre las aguas de la peceras por un lapso de tiempo de 30 días, a temperatura ambiente, en las instalaciones del Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín.

4. Pasado los 30 días se procedió a medir nuevamente los valores de -
Nitrógeno - Fosforo - DBO – DQO – Coliformes termotolerantes – pH
– Temperatura, color, turbidez. Dichas mediciones se realizaron en un
laboratorio acreditado.

3.3. Análisis estadísticos

Los análisis Físicoquímicos y microbiológicos se hicieron por duplicado de acuerdo a normas establecidas y se considera el cálculo estadístico de los datos ANOVA.

3.4. Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo experimental, porque se evaluó el efecto de una o varias variables, donde se manipulo las condiciones de la investigación.

Es prospectivo, porque es un estudio longitudinal en el tiempo que se diseña y comienza a realizarse en el presente, pero los datos se analizan transcurridos un determinado tiempo, en el futuro.

Es in vitro porque la técnica para realizar un determinado experimento se realiza en un ambiente controlado.

3.5. Diseño de investigación

Diseño experimental, tipo factorial 2x3 con dos factores, el factor físico químico y microbiológico y el factor macrófitas con 2 especies diferentes y se evaluaron con 3 repeticiones.

Tabla 4: Tratamientos con Macrófitas.

Muestras	Macrófitas		TOTAL
	Tratamiento N° 01 : Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Tratamiento N° 02 : Repollo de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)	
Agua de lago Ricuricocha	R1	R1	6
	R2	R2	
	R3	R3	
TOTAL	6	6	6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

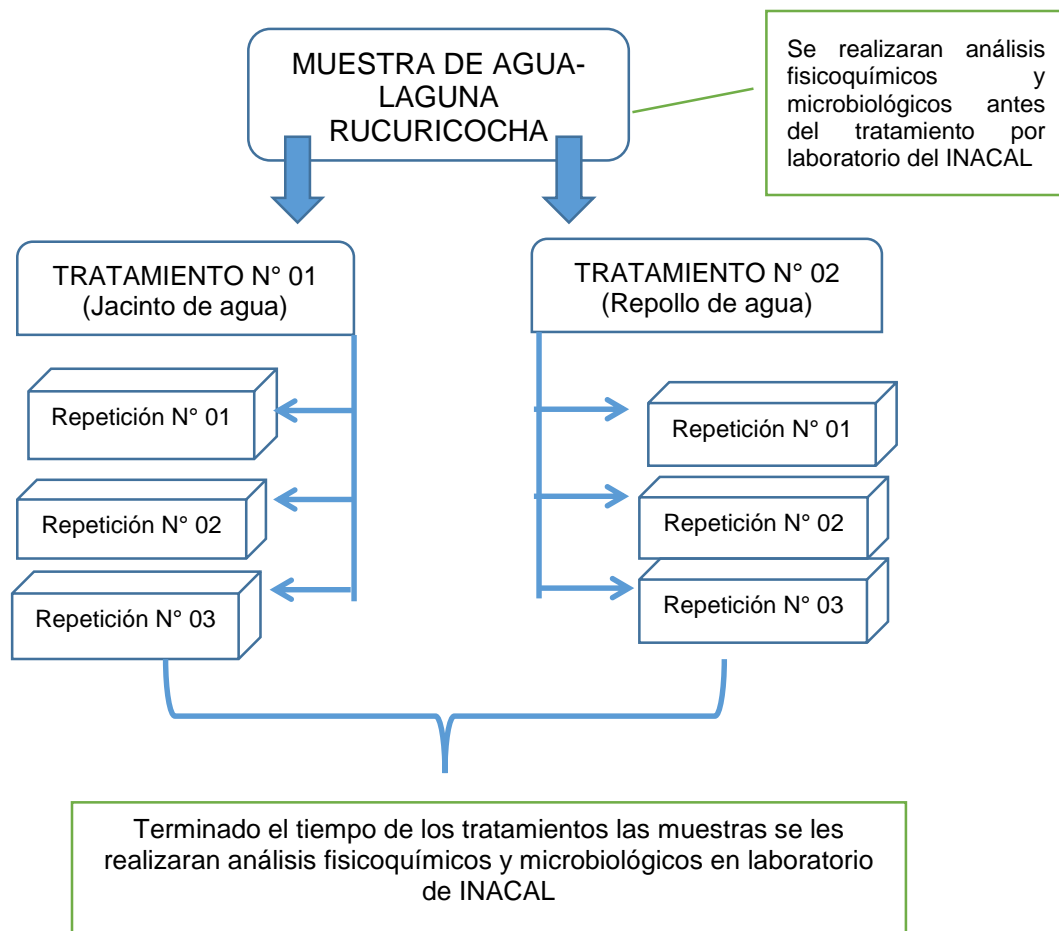


Figura 2: Procedimiento de los tratamientos con Macrófitas

Fuente: Elaboración propia

3.6. Formulación de hipótesis

H₀: “Si la utilización de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) sobre las aguas de la laguna Ricuricocha, no permite su remoción de nutrientes, entonces el grado de eficiencia sobre los efluentes de la ganadería del Águila no será alto”

H₁: “Si la utilización de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) sobre las aguas de la laguna Ricuricocha, permite su remoción de nutrientes, entonces el grado de eficiencia sobre los efluentes de la ganadería del Águila será alto”

3.7. Sistema de variables:

Variable Independiente:

Macrófitas: Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Repollo de agua (*Pistia stratiotes*)

Variable Dependiente:

Nutrientes: parámetros

Nitrogeno - Fosforo - DBO – DQO – Coliformes Termotolerantes – pH – Temperatura, color, turbidez.

3.8. Operacionalización de Variables

Tabla 5. Operacionalización de la variable Independiente

Variable independiente	Definición teórica	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	ítems	Escala
Parámetros físico químicos y microbiológicos	Fisicoquímicos Propiedad del agua, hace que se comporte como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que se puede encontrar una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades. Pero en caso de un agua residual estas pueden cambiar grandemente sus características.	Factores que están presentes en aguas residuales que pueden determinar el tipo y viabilidad de los cuerpos de agua.	Medición de Nitrógeno - Fosforo - DBO - DQO - pH - Temperatura, color, turbidez .	Medición temporal (día 1 a día 30)	Aumento	Nominal
					Disminución	
	Microbiológicos Estos organismos son uní o pluricelulares que están presentes en el medio ambiente, llegando incluso a ser propios del sistema digestivos de los animales, pueden adecuarse a diferentes climas y temperaturas del medio.	Coliformes fecales, pertenecen al grupo de bacterias Gram Negativas causantes de enfermedades enterocolíticas graves. Suele estar presentes en afluentes de aguas que no han sido tratadas o desinfectadas.	- <i>Escherichia coli</i> termotolerante	Tiempo: crecimiento a 24 a 48 horas Temperatura: 44.5°C	-Presencia -Ausencia	Nominal

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 6. Operacionalización de la variable dependiente

Variables dependientes	Definición teórica	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	ítems	Escala
Coliformes totales	Microorganismos que están presentes en el medio ambiente, llegando incluso a ser propios del sistema digestivo de los animales, pueden adecuarse a diferentes climas y temperaturas.	Coliformes Totales y la <i>Escherichia coli</i> , pertenecen al grupo de bacterias Gram Negativas causantes de enfermedades enterocolíticas graves. Suele estar presentes en afluentes de aguas que no han sido tratadas o desinfectadas.	Coliformes totales	Tiempo: 24-48 h Temperatura: 37°C	Presencia Ausencia	Nominal
<i>Escherichia coli</i>	Microorganismos que están presentes en el medio ambiente, llegando incluso a ser propios del sistema digestivo de los animales, pueden adecuarse a diferentes climas y temperaturas.	De acuerdo a la especie y su concentración en los organismos superiores pueden causar patologías graves mayormente a nivel gastrointestinal.	Coliformes fecales	Tiempo: 24-48 h Temperatura: 44.5°C	Presencia Ausencia	Nominal

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1 Parámetros de calidad del agua de la laguna antes del tratamiento

En la tabla N° 07 se muestra el valor de los parámetros de calidad del agua de la laguna *Ricuricocha* antes de ser tratada. Se comparó con el D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1), el valor de Coliformes fecales, DBO, DQO, color, pH y turbidez; mientras que para el fósforo y el nitrógeno se comparó con estándares indicados por la OCDE. Los parámetros que cumplen con estas normativas, son únicamente el color, DBO, DQO, pH y la turbidez; mientras que los demás parámetros no cumplen estos estándares, por esta razón se realizó el estudio experimental para reducir la carga contaminante del agua de la laguna *Ricuricocha*, mediante dos macrófitas: Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Repollo de agua (*Pistia stratiotes*).

Tabla 7. Valores de los parámetros de calidad de la laguna Ricuricocha

Parámetros	Resultado	Normativa
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	33000.00	200.00
DBO (mg/L)	4.50	5.00
DQO (mg/L)	9.10	30.00
Color (UCV Pt/Co)	18.00	Sin cambio normal
Fósforo (µg/L)	1100	35 - 100 (Eutrófico)
Nitrógeno (µg /L)	360	>200 (Eutrófico)
pH	8.19	6 - 9
Turbidez (UNT)	5.00	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.2 Efecto del tratamiento del agua residual

a. Coliformes fecales

En la tabla N° 08 se muestra el análisis de varianza del parámetro Coliformes fecales del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo

de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 8. Análisis de varianza del parámetro Coliformes fecales

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	2171322714.57	2.00	1085661357.28	10167484.10	0.000
Dentro de los tratamientos	640.67	6.00	106.78		
Total	2171323355.24	8.00			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 03, se muestra los resultados de la prueba Tukey representados en la gráfica. Se observan tres grupos homogéneos, cada uno formado por un tratamiento; es decir el Jacinto de agua presenta una menor concentración de Coliformes fecales que el Repollo de agua, y este a su vez presenta menor concentración de Coliformes fecales que el control (agua de la laguna Ricuricocha, sin tratamiento).

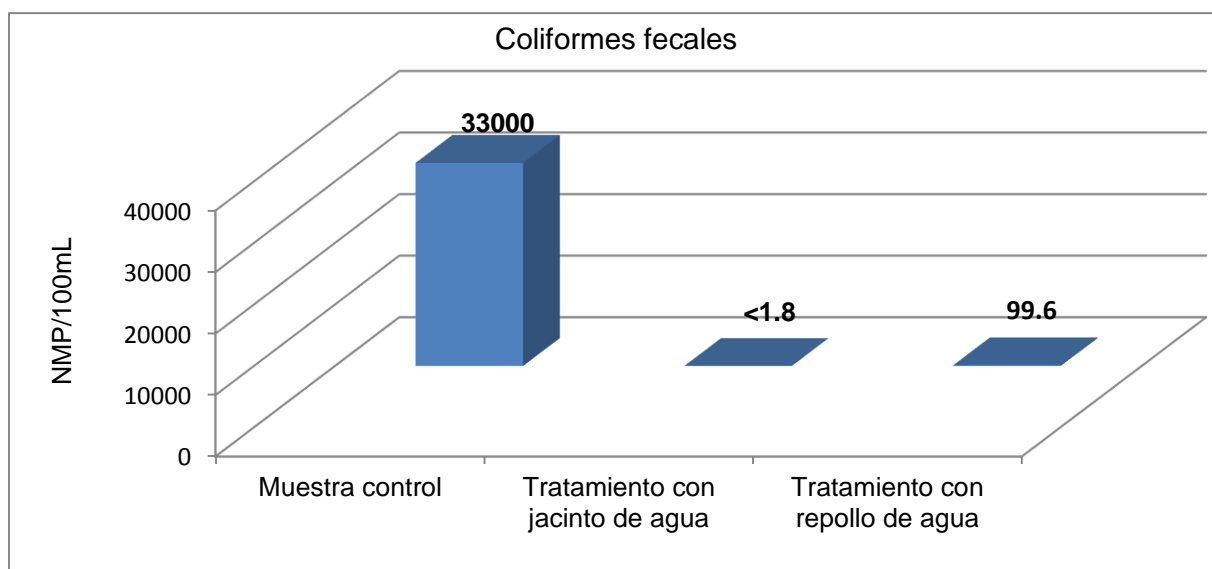


Figura 3. Prueba de comparación de los tratamientos para Coliformes fecales (NMP/100 mL)

Fuente: Elaboración propia

b. Demanda bioquímica de oxígeno

En la tabla N° 09 se muestra el análisis de varianza del parámetro Demanda bioquímica de oxígeno del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05 , es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 9. Análisis de varianza del parámetro DBO

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	387.72	2.00	193.86	1255.22	0.000
Dentro de los tratamientos	0.93	6.00	0.15		
Total	388.65	8.00			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 04, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan dos grupos homogéneos, el grupo 1, formado por los tratamientos Jacinto de agua y control), los cuales a su vez son estadísticamente iguales; mientras que el grupo 2, estuvo formado por la especie Repollo de agua, presentando a su vez mayor concentración de DBO, que el grupo anterior.

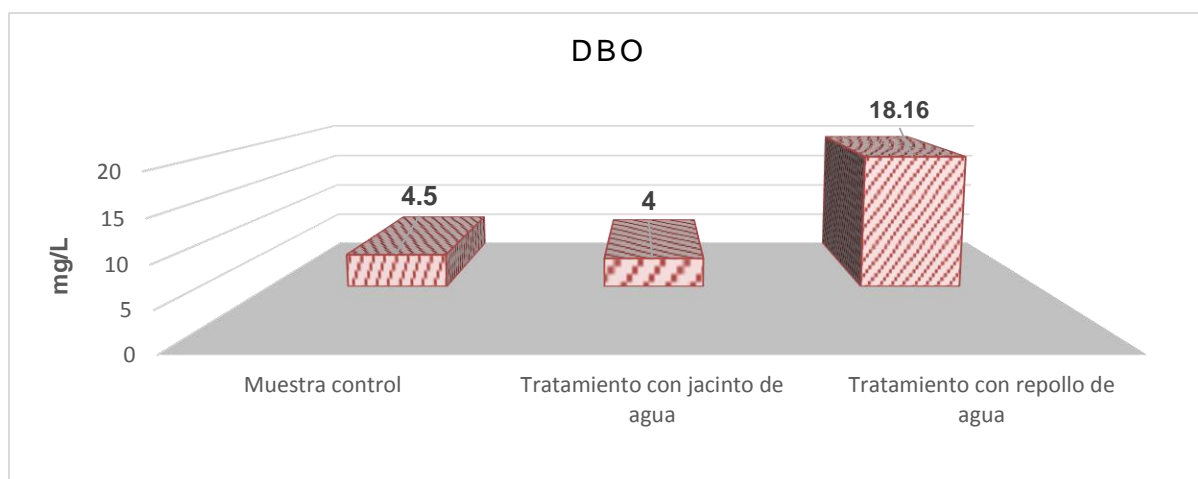


Figura N° 04. Prueba de comparaciones de los tratamientos para DBO (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

c. Demanda química de oxígeno

En la tabla N° 10 se muestra el análisis de varianza del parámetro Demanda química de oxígeno del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 10. Análisis de varianza del parámetro DQO

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	287.06	2.00	143.53	307.56	0.000
Dentro de los tratamientos	2.80	6.00	0.47		
Total	289.86	8.00			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 05, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan dos grupos homogéneos, el grupo 1, formado por los tratamientos Jacinto de agua y control), los cuales a su vez son estadísticamente iguales; mientras que el grupo 2, estuvo formado por la especie Repollo de agua, presentando a su vez mayor concentración de DQO, que el grupo anterior.

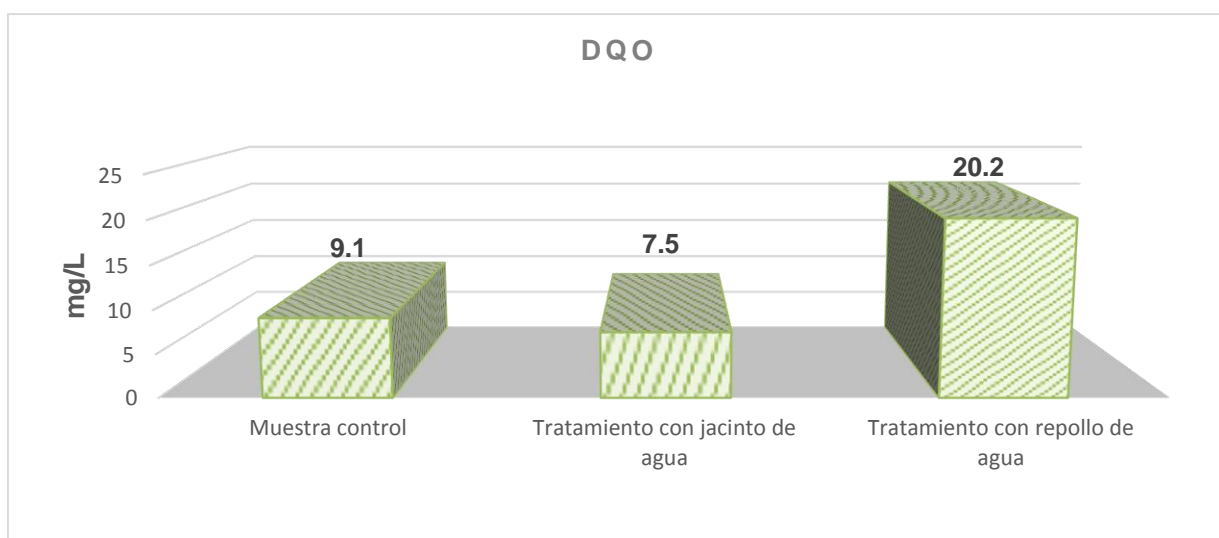


Figura 5. Prueba de comparaciones de los tratamientos para DQO (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

d. Color

En la tabla N° 11 se muestra el análisis de varianza del parámetro color del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 11. Análisis de varianza del parámetro color

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	98.67	2.00	49.33	55.50	0.000
Dentro de los tratamientos	5.33	6.00	0.89		
Total	104.00	8.00			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 06, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan dos grupos homogéneos, el grupo 1, formado por el tratamiento Jacinto de agua, el cual presentó menor color del agua de la laguna Ricuricocha; mientras que el grupo 2, formado por la especie Repollo de agua y control, los cuales son estadísticamente iguales, con un mayor valor del parámetro de color que el grupo anterior.

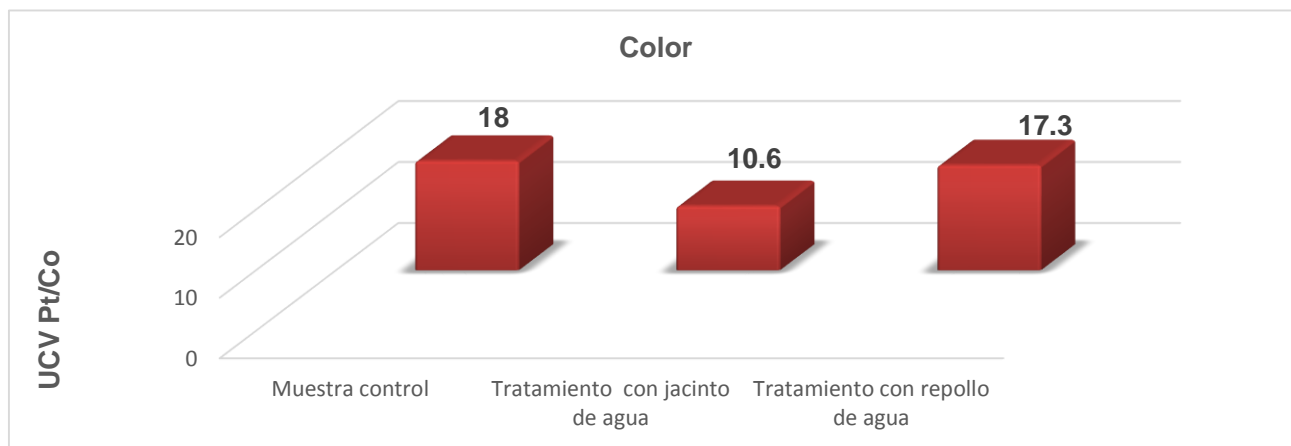


Figura 6. Prueba de comparaciones de los tratamientos para el color (UCV Pt/Co)

Fuente: Elaboración propia

e. Fósforo

En la tabla N° 12 se muestra el análisis de varianza del parámetro fósforo del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 12. Análisis de varianza del parámetro fósforo

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	0.016	2.000	0.008	7.000	0.027
Dentro de los tratamientos	0.007	6.000	0.001		
Total	0.022	8.000			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 07, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan dos grupos homogéneos, el grupo 1, formado por el tratamiento Jacinto de agua, el cual presentó menor concentración de fósforo; mientras que el grupo 2, formado por la especie Repollo de agua y control, los cuales son estadísticamente iguales, con un mayor valor del parámetro fósforo que el grupo anterior.

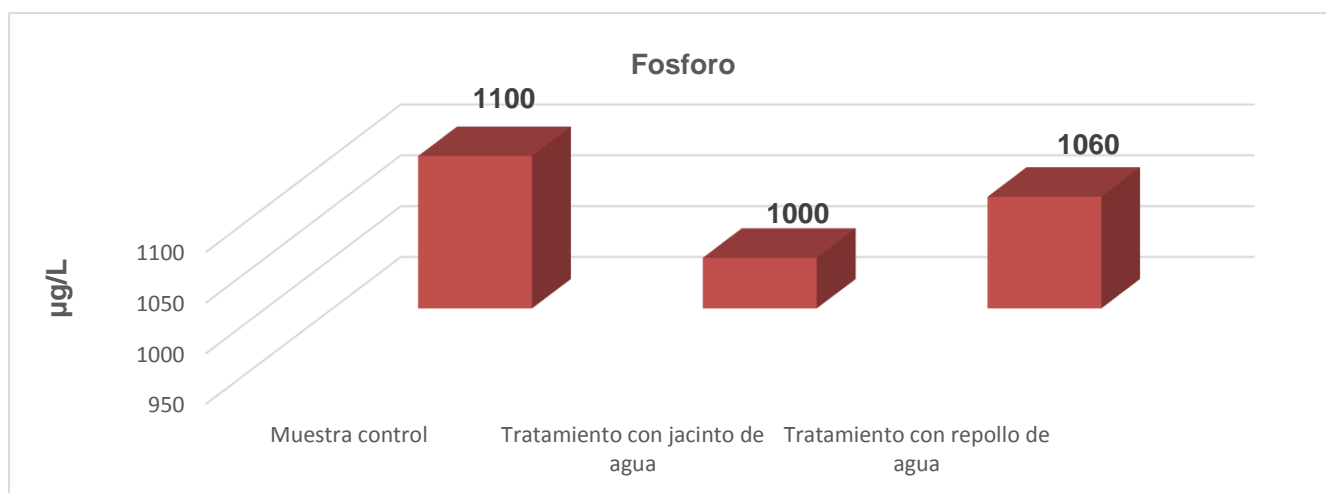


Figura 7. Prueba de comparaciones de los tratamientos para el fosforo (µg /L)

Fuente: Elaboración propia

f. Nitrógeno

En la tabla N° 13 se muestra el análisis de varianza del parámetro nitrógeno del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor > 0.05, es decir no existe diferencia significativa entre los tratamientos; por esta razón no se realizó la prueba Tukey.

Tabla 13. Análisis de varianza del parámetro nitrógeno

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	0.006	2.000	0.003	1.513	0.294
Dentro de los tratamientos	0.012	6.000	0.002		
Total	0.019	8.000			

Fuente: Elaboración propia

. En la figura N° 08, Se observan que el tratamiento con Jacinto de agua, presento menor concentración de Nitrogeno, en tanto que el tratamiento con repollo de agua, logro obtener una concentración ligeramente mayor tanto para el control como para el tratamiento con Jacinto de aguas.

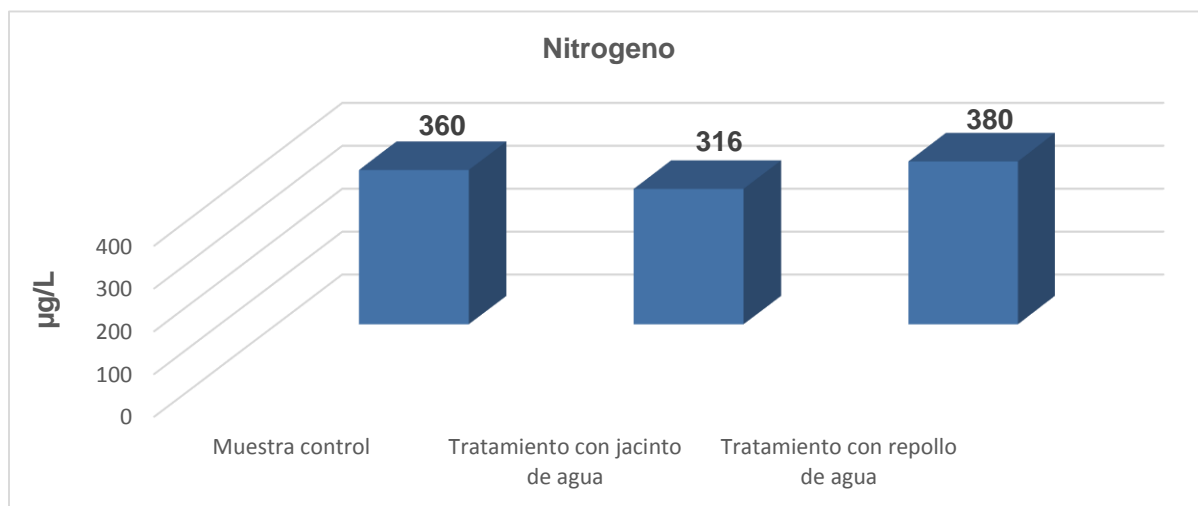


Figura 8. Prueba de comparaciones de los tratamientos para el nitrógeno (µg /L)

Fuente: Elaboración propia

g. pH

En la tabla N° 14 se muestra el análisis de varianza del pH del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 14. Análisis de varianza del pH

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	9.49	2.00	4.75	352.10	0.000
Dentro de los tratamientos	0.08	6.00	0.01		
Total	9.57	8.00			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 09, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan dos grupos homogéneos, el grupo 1, formado por los tratamientos Repollo de agua y Jacinto de agua, los cuales son estadísticamente iguales, mientras que el grupo 2, formado por el control, el cual presentó un mayor valor del pH que el grupo anterior.

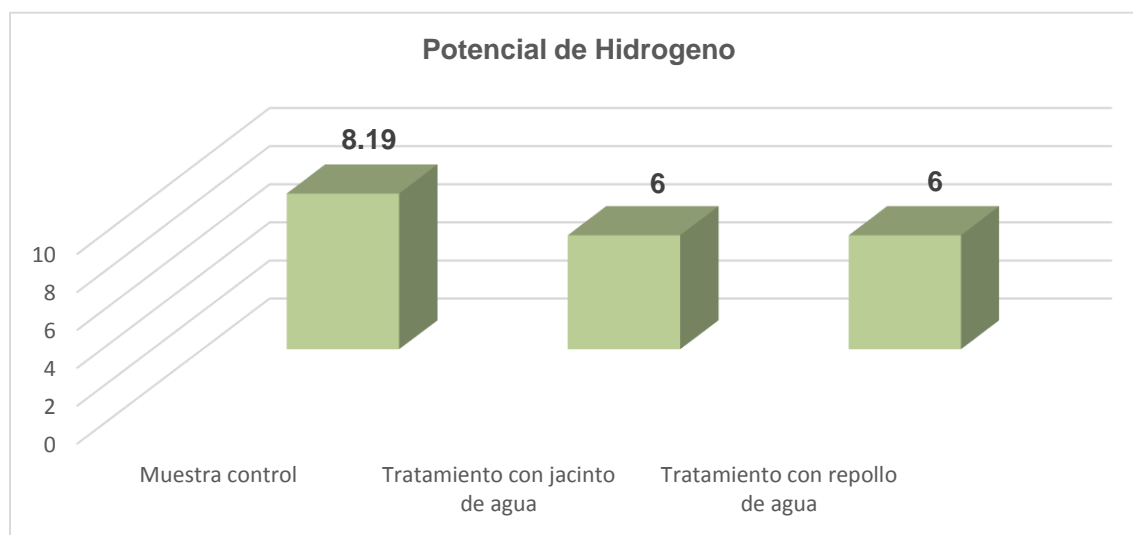


Figura 9. Prueba de comparaciones de los tratamientos para el pH

Fuente: Elaboración propia

h. Turbidez

En la tabla N° 15 se muestra el análisis de varianza de la turbidez del agua de la laguna Ricuricocha, con los tres tratamientos: Control (T0), Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Se obtuvo un p-valor < 0.05 , es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 15. Análisis de varianza de la turbidez

F.V.	SC	G.L.	SCM	F	p-valor
Entre tratamientos	1.63	2.00	0.81	52.36	0.000
Dentro de los tratamientos	0.09	6.00	0.02		
Total	1.72	8.00			

Fuente: Elaboración propia

Al obtener un p-valor significativo, se procedió a realizar la prueba Tukey para conocer los grupos homogéneos que se forman. En la figura N° 10, se muestra los resultados de la prueba Tukey. Se observan tres grupos homogéneos, cada uno formado por un tratamiento; es decir el Jacinto de agua presenta un menor valor de la turbidez que el Repollo de agua, y este a su vez menor que el control (agua de la laguna Ricuricocha, sin tratamiento).

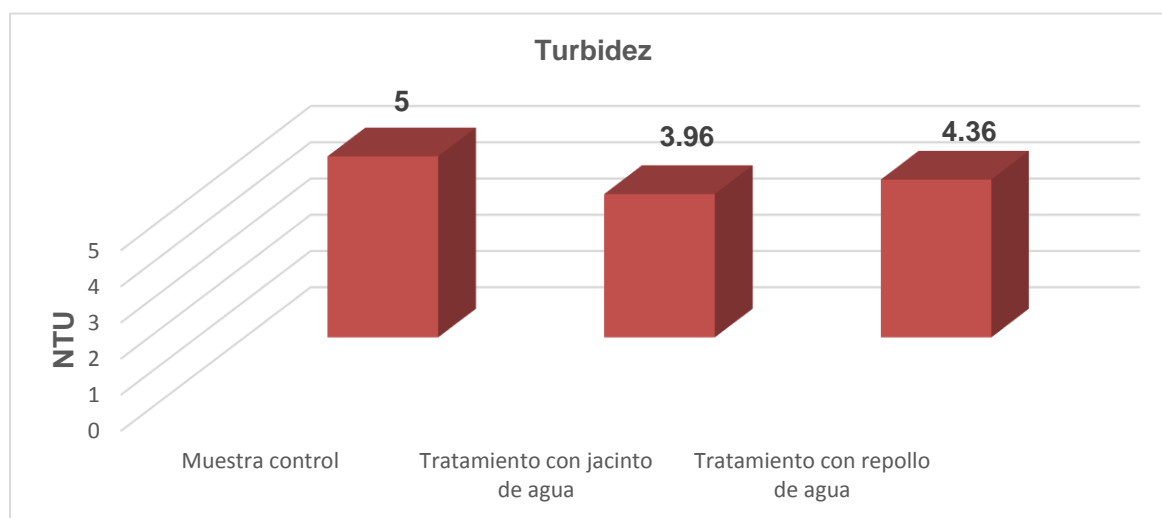


Figura 10. Prueba de comparaciones de los tratamientos para la turbidez (NTU)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Eficiencia de remoción de contaminantes

En la tabla N° 16 se muestra el valor de la eficiencia de remoción de contaminantes por tratamiento. Para el parámetro Coliformes totales, el Jacinto de agua tuvo una eficiencia ligeramente mayor que el Repollo de agua, para la DBO y la DQO, el Jacinto de agua tuvo mayor eficiencia de remoción de este contaminante; es necesario resaltar que, para el repollo de agua, se obtuvieron eficiencias negativas. Asimismo, para el color, el fósforo, el nitrógeno y la turbidez el Jacinto de agua tuvo mayor eficiencia de remoción de estos contaminantes, que el repollo de agua; asimismo es importante resaltar que el repollo de agua presentó eficiencia de remoción negativa para el nitrógeno.

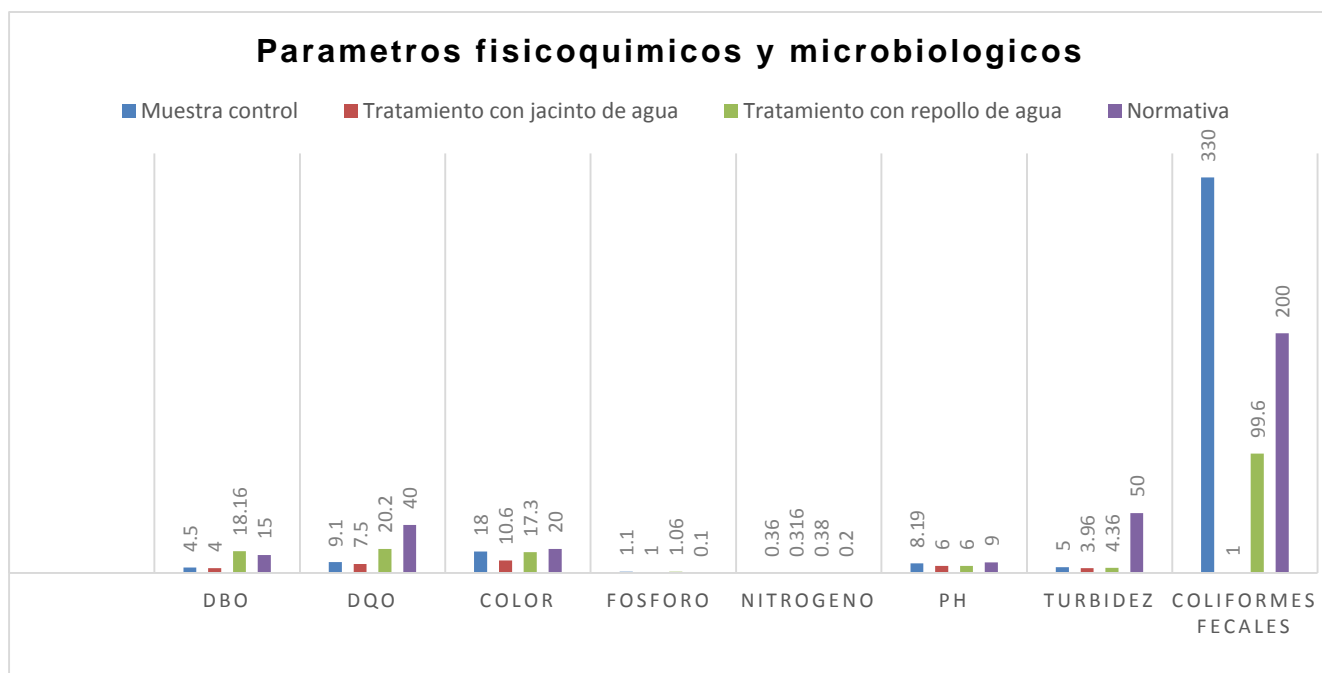


Figura 11. Prueba de comparaciones de los tratamientos para los factores fisicoquímicos y microbiológicos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Eficiencia porcentual de la remoción de los contaminantes

Réplica	CF		DBO		DQO		Color		Fósforo		Nitrógeno		Turbidez	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	99.99	99.67	11.11	-288.89	17.58	-107.69	38.89	11.11	9.09	9.09	16.67	0.00	20.00	16.00
2	99.99	99.76	6.67	-317.78	16.48	-125.27	44.44	5.56	9.09	0.00	-11.11	-11.11	24.00	10.00
3	99.99	99.67	15.56	-304.44	18.68	-132.97	38.89	-5.56	9.09	0.00	30.56	-5.56	18.00	12.00
Promedio	99.99	99.70	11.11	-303.70	17.58	-121.98	40.74	3.70	9.09	3.03	12.04	-5.56	20.67	12.67

Nota: T1: Jacinto de agua, T2: Repollo de agua

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16 se muestra los porcentajes de eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas de la laguna Ricuricocha, con los 2 tratamientos: Jacinto de agua (T1) y Repollo de agua (T2). Notándose una mayor eficiencia en el Jacinto de agua (T1).

4.2. Discusión

Las características del agua de la laguna Ricuricocha, antes de los tratamientos, se les realizó análisis de los parámetros como Coliformes fecales, DBO, DQO, color, pH, turbidez, fósforo y nitrógeno. Sus resultados se les comparó con los estándares especificados en el D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1) y con estándares indicados por la OCDE. Los parámetros que cumplen con estas normativas, son únicamente son BBO, BQO, el color, el pH y la turbidez; mientras que los demás parámetros como fosforo, nitrógeno y Coliformes fecales no cumplen estos estándares.

Asimismo, en cuanto a la disminución de Coliformes fecales, en referencia a la muestra control, esta presentó una carga de 3.3×10^4 NMP/100 mL. Los tratamientos con macrófitas mostraron un gran cambio en cuanto a la disminución de la concentración de Coliformes fecales. Siendo así el tratamiento T1: Jacinto de agua, el más eficiente con una disminución de hasta <1.8 NMP/100 mL (100%), el cual indica que es la cantidad mínima detectable por el método utilizado en el laboratorio acreditado; T2: Repollo de agua, muestra una reducción de hasta 99.6 NMP/100 MI (99.7%). Estos resultados hacen mucha referencia a lo mencionado por Cupe, (2013) donde analizó la eficiencia de remoción de 3 macrófitas, siendo el Jacinto de agua la macrófita más efectiva, esto debido probablemente a que posee una mayor superficie de contacto de sus raíces con el agua residual, en donde sus microorganismos simbióticos realizan competencia degradadora de la materia orgánica. También se puede mencionar a Delgadillo et al, (2010) que refiere la disminución de los Coliformes fecales pueda deberse a los factores químicos como la oxidación, adsorción y la exposición a toxinas elaboradas por otros microorganismos y a exudados de las raíces de las plantas macrófitas que fungen estos como antibióticos para afectar a los patógenos.

Con respecto a la remoción de DBO, el tratamiento T1 con Jacinto de agua logro reducir de 4.5 mg/L a 4 mg/L, lo cual implica un porcentaje de remoción de 11.2%, en comparación con el tratamiento T2 (Repollo de agua) que no logro reducir la presencia de DBO, incluso llego a elevarlo hasta 18.16 mg/L (403.5%). Según Martelo y Lara, (2012) en un sistema de remoción aeróbico con aireación no es muy eficiente el proceso de remoción de DBO por partes de la macrófitas siendo su máxima eficiencia un 21%. Tomando en cuenta que durante el proceso de remoción algunas hojas de la macrófita repollo de agua, fueron desprendiéndose lo cual se deba un proceso de descomposición natural de materia orgánica por parte de los microorganismos lo cual generaba un aumento de DBO, según Raffo y Ruiz (2014).

En cuanto a la remoción de DQO, el tratamiento con Jacinto de agua logro reducir de 9.1 mg/L a 7.5 mg/L, lo cual implica un porcentaje de remoción de 17.6 %, en comparación con el tratamiento T2 (Repollo de agua) que no logro reducir la presencia de DQO, incluso llego a elevarlo hasta 20.2 mg/L (222%). De acuerdo a lo mencionado también por Martelo y Lara, (2012) en un sistema de aeróbico con aireación no es muy eficiente el proceso de remoción de DQO por partes de la macrófitas siendo su eficiencia menor a un 21%. Sin embargo Castañeda, (2013) logro obtener una eficiencia de remoción de hasta el 86.7% con otras macrófitas como el carrizo bajo las misma condiciones.

Asimismo, en cuanto a la remoción del parámetro de color, en referencia a la muestra control que presento un valor de 18 UCV Pt/Co, los tratamientos con macrófitas mostraron un gran cambio en cuanto a la disminución de la concentración de color. Siendo así el tratamiento T1: Jacinto de agua, el más eficiente con una disminución de hasta 10.6 UCV Pt/Co el cual equivale a un 41.2% de eficiencia de remoción, en tanto que él T2: Repollo de agua, muestra una reducción mínima de hasta 17.3 UCV Pt/Co lo implica una remoción mínima de 3.9%. Para Martelo y Lara, (2012) y Saavedra, (2010) los sistemas acuáticos con macrófitas flotantes, disminuyen significativamente el paso de la luz solar y restringen la transferencia de gases entre

la atmosfera y el agua. Por ello provocan que disminuya grandemente la presencia de algas y en condiciones anaeróbicas, favorezca la proliferación de otro microorganismo que disminuyan la concentración de materia orgánica en suspensión.

Tenemos también, en cuanto a la remoción del parámetro del fósforo, basándonos en la muestra control que presento un valor de 1100 µg/L, los tratamientos con macrófitas mostraron un leve cambio en cuanto a nivel de remoción del fósforo. Siendo así el tratamiento T1: Jacinto de agua, el que presento una disminución de hasta 1000 µg/L el cual equivale a un 9.1% de eficiencia de remoción, en tanto que el T2: Repollo de agua, muestra una reducción mínima de hasta 1060 µg/L lo implica una remoción muy baja de 3.6%. Para Saavedra, (2017) las eficiencia de remoción del fósforo para sus sistemas convencionales y adaptables de macrófitas fue de 0.74 % a 6.18% .Estos resultados difiere mucho de los obtenidos por Martelo y Lara, (2012) quien obtuvo una eficiencia de remoción de fósforo de hasta 91.7 % con la macrófita Jacinto de agua. Para Delgadillo et al, (2010) en las aguas naturales el fósforo aparece en tres formas: como ortofosfato inorgánico disuelto, compuestos orgánicos de fósforo disuelto y fósforo en partículas adherido a la biomasa o depositado en partículas. Siendo nutriente esencial para el desarrollo de diversos organismos; por lo que su presencia como fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento, especialmente, de organismos fotosintéticos en grandes cantidades, causando eutrofización de las aguas, es así que el fósforo como ortofosfato y en pH ácido o alcalinos acompañados en las agua con hierro o aluminio disminuye grandemente el poder de adsorción de las macrófitas.

Asimismo, en cuanto a la remoción del parámetro del nitrógeno, basándonos en la muestra control que presento un valor de 360 µg/L, los tratamientos con macrófitas mostraron un leve cambio en cuanto a nivel de remoción del nitrógeno. Siendo así el tratamiento T1: Jacinto de agua, el que presento una disminución de hasta 316 µg/L el cual equivale a un 12.3% de eficiencia de remoción, en tanto que el T2: Repollo de agua, muestra un aumento de nitrógeno de hasta

380 $\mu\text{g/L}$ lo implica una elevada presencia de hasta un 5.5%. Del nitrógeno inicial presente en la muestra de agua. Según Saavedra, (2017) en el proceso de remoción de nitrógeno por sistemas convencionales de macrófitas obtuvo un proceso de depuración muy inestables oscilando en valores de 17.5 % a 30.56%. Para Delgadillo et al (2010) el nitrógeno está presente en aguas superficiales o profundas, y se produce por la desaminación de compuestos que contienen nitrógeno y por la hidrólisis de la urea. Así también puede producirse por la reducción de los nitratos en condiciones anaerobias, sin embargo en condiciones aeróbicas y debido a su carga negativa no sufren intercambio iónico rápidamente por lo que no son adsorbidos fácilmente y afirma que las aguas residuales siempre tienen amoníaco (NH_4^+), llegando a veces hasta valores superiores de 4000 $\mu\text{g/L}$.

En cuanto al parámetro del pH, la muestra control presentó un valor alcalino de 8.19, los tratamientos con macrófitas mostraron un cambio semejante en cuanto a nivel de pH. Obteniéndose en ambos tratamientos un pH de 6 el cual equivale a un 26.8% de eficiencia de remoción, convirtiéndose en un pH ligeramente ácido. Para Paredes, (2015) las macrófitas como el Jacinto de agua suelen favorecer el cambio de un pH alcalino a un pH cercano a la neutralidad, demostrando su gran capacidad de amortiguación en las aguas contaminadas. Según Saavedra, (2017) con respecto al comportamiento de aumento de pH que se observa en las lagunas facultativas se debe a que las microalgas presentes, durante el proceso de fotosíntesis requieren una cantidad de CO_2 mayor a la que proporcionan las bacterias que descomponen la materia orgánica, de esta manera, los iones carbonato y bicarbonato presentes en el agua reaccionan para proveerles más CO_2 , lo que hace que se disocien iones hidroxilo, y por lo tanto, que aumente el pH. Por lo que la disminución de pH por parte del sistema de macrófitas podría explicarse con el hecho de que estas impiden el desarrollo de las microalgas.

Tenemos también, en cuanto a la remoción del parámetro de turbidez, basándonos en la muestra control que presentó un valor de 5 NTU, los tratamientos con macrófitas mostraron un

cambio en cuanto a nivel de remoción de la turbidez. Siendo así el tratamiento T1: Jacinto de agua, el que presentó una mayor disminución hasta 3.96 NTU, el cual equivale a un 20.8% de eficiencia de remoción, en tanto que él; T2: Repollo de agua, muestra una reducción mínima de hasta 4.36 NTU lo implica una remoción menor de 12.8%. Esto contrasta mucho con la actividad de remoción de otras macrófitas como el carrizo *Phragmites australis*, según Segura, (2019) demostró que este presentaba una capacidad de remoción de turbidez en un 94% en agua de lixiviados. Para Delgadillo et al, (2010) la turbidez puede estar constituida por materiales como arcillas, limos, algas, etcétera, que se mantienen en suspensión debido a la fuerza de arrastre de la corriente o a su naturaleza coloidal. Su aumento está asociada al tamaño de las partículas: a menor tamaño de partículas se tendrá mayor turbidez del agua. El material coloidal puede impedir la transmisión de la luz, ya que la absorbe o dispersa, evitando así se desarrollen microorganismos fotosintéticos. La presencia de microorganismos asociados a las raíces de las macrófitas puede provocar la remoción de la materia orgánica y coloide.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Ambos tratamientos empleados en las aguas de la laguna Ricuricocha, como son el Jacinto de agua y repollo de agua redujeron las concentraciones de Coliformes fecales y cumplieron con los parámetros establecidos por estándares especificados en el D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1) (200 NMP/100mL). Siendo el más eficiente el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) que logro una remoción del 100% (<1.8 NMP/100 mL), en tanto que el Repollo de agua (*Pistia stratiotes*) tuvo una eficiencia de remoción del 99.7% (99.6 NMP/100 mL).

Asimismo la eficiencia de remoción del Jacinto de agua sobre el DBO, fue del 11.2%, en tanto que el Repollo de agua no obtuvo remoción alguna, lográndose elevar el nivel de DBO en un 403.5 % de la cantidad inicial. De acuerdo a los resultados obtenidos solo el tratamiento con Jacinto de agua está dentro de los estándares del D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1).

En tanto la eficiencia de remoción del Jacinto de agua sobre el DQO, fue del 17.6%, en tanto que el Repollo de agua no obtuvo remoción alguna, lográndose elevar el nivel de DQO en un 222 % de la cantidad inicial. Sin embargo los resultados de ambos tratamientos están dentro de los estándares del D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1).

De acuerdo a los resultados obtenidos a la remoción del parámetro de color, con los tratamientos, se obtuvo que el Jacinto de agua logro tener una mayor eficiencia de remoción del 41.2 %, mientras que el repollo de agua obtuvo una eficiencia de remoción mínima de

3.9%. Cabe señalar que los resultados de ambos tratamientos se encuentran dentro de los estándares del D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1).

Los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción de fosforo total, por parte del tratamiento a base de Jacinto de agua fue 9.1% siendo el más eficiente, en tanto que del Repollo de agua es 3.6%. Con respecto a la remoción del Nitrogeno, se obtuvo una eficiencia mayor de remoción del 12.3% por parte del tratamiento con Jacinto de agua, en tanto el tratamiento con Repollo de agua obtuvo una remoción mínima de 5.5 %. Ambos tratamientos no lograron la remoción ideal para que los parámetros del fosforo y nitrógeno estén dentro de los estándares indicados por la OCDE.

En cuanto al parámetro del pH ambos tratamientos con macrófitas; tanto el Jacinto de agua así como el repollo de agua lograron disminuir el pH a 6 con una eficiencia de remoción del 26.8%. De la misma manera en cuanto al parámetro de turbidez, el Jacinto de agua logro una mayor eficiencia de remoción con un 20.8% a diferencia del repollo de agua que obtuvo una eficiencia de remoción menor del 12.8%. Ambos tratamientos lograron ubicar a los parámetros del pH y turbidez dentro de los estándares del D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1).

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar que existe una mayor eficiencia de remoción por parte del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en comparación al repollo de agua (*Pistia stratiotes*), en los parámetros de Coliformes fecales, DBO, DQO, color, fosforo, nitrógeno y turbidez. Siendo el parámetro del pH el único en la cual presentan igual eficiencia de remoción para las aguas de la laguna Ricuricocha. Se puede entender entonces la importancia de la utilización de las macrófitas especialmente el Jacinto de agua en la remoción de sustancias contaminantes presentes en las aguas superficiales.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar la tecnología de los sistemas de remoción a base a macrófitas para remediar aguas superficiales contaminadas y aguas residuales domésticas, ya que se ha demostrado su eficiencia de remoción y su efecto en la reducción de los parámetros de Coliformes fecales, pH, DBO, DQO, Fosforo, Nitrogeno, color y turbidez.

También, se recomienda realizar pruebas con otros tipos de aguas superficiales contaminadas o aguas residuales, para evaluar su eficiencia de remoción del Jacinto de agua y repollo de agua, debido a que es un sistema que favorece la sostenibilidad del medio ambiente, por ser una opción básicamente biológica y adaptable.

Asimismo, se recomienda realizar investigaciones de remoción de sustancias contaminantes de aguas superficiales o residuales, con otras macrófitas que pudieran ser adaptadas a nuestra Región San Martín.

Referencias Bibliográficas

- Castañeda, A. (2013) "Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante plantas macrófitas típicas en los altos de Jalisco, México (Tesis de pregrado) Universidad de Guadalajara. México. Pp-pp
- Castillo, E. (2017) "Eficiencia de Lemna sp y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín" (Tesis de pregrado) Universidad de Cajamarca. Cajamarca. Pp-pp.
- Cupe, F. (2013) "Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (Lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) y Pistia stratooides (Lechuga de agua). Para el tratamiento de aguas residuales domesticas". (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. Lima – Perú. Pp-pp
- Delgadillo, O. (2010) "Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales" Editado por Proyecto GOV-AGUA, Programa ALFA de la Unión Europea. Facultad de Agronomía-Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba Bolivia.
- García, Z. (2012) "Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domesticas" (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. Lima – Perú. Pp-pp.
- Gonzales, H. (2018) "*La educación Universitaria y el medio ambiente*" (1° ed.) México: Palibrio
- Hontoria, G. y Zamorano, T. (2000) Fundamentos del manejo de residuos urbanos. Granada. Colegio de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Colección, Senior.
- Márquez, C. (2014) "*El medio ambiente liquido: En el hombre y el medio ambiente: XIV Jornadas ambientales*" (2° ed.) España: Ediciones Universidad de Salamanca.

Martelo, J y Lara, J. (2012) “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revision del estado del arte”. Artículo Científico. (Vol. 08) Pontificia Universidad Javeriana, Bogota´-Colombia.

MINAM (15 de julio de 2005) “Ley general del ambiente”. Ley N° 28611. Lima, Perú: El Peruano.

MINAM (7 de junio de 2017). Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen dispaciones complementarias. Decreto Supremo N° 004- 2017 – MINAM. Lima, Perú. El peruano.

Muñoz, A. (2017) “*Gestión y conservación de aguas y suelos*” (1° ed.) España: Editorial UNED.

Palomino, J. (2015) “*Metodología de la investigación: Guía para elaborar un proyecto de salud educación*” (1° ed.) Perú: San Marcos

Paredes, J. (2015) “Optimización de la fitorremediacion del mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia Crassioes” Jacinto de agua” (Tesis pregrado) Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/ UNAS/927/T.EPG54.pdfsequence=1>

Pendón, G. (2017) “*La costa de Huelva: Una introducción a los procesos sedimentarios*” (2° ed.) España: Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva.

Pérez, M. (2015) “*Construcción sostenible de espacio público*” (2° ed.) España: Digital Politécnica.

Raffo, E y Ruiz, E. (2014) “Caracterización de las aguas residuales y la Demanda bioquímica de oxígeno”. Universidad Nacional de San Marcos. Lima -Perú

Ramos, P. (2014) “*El hombre y el medio ambiente*” (3° ed.) España: Ediciones Universidad de Salamanca.

Robles, W y Madsen, J. (2011) “Atlas de especies invasoras de Puerto Rico” Universidad de Puerto Rico Mayagüez. <http://www.atlas.eea.uprm.edu/plantas/jacinto-de-agua>

- Rodríguez, L. (2014) *“Delitos contra el medio ambiente (evolución y futuro)”* (1° ed.) España: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Roggio, E. (2019) *“Fondos europeos para el medio ambiente y la fauna”* (2° ed.) España: Babelcube Inc.
- Romero, R. (1965). *“Flora del Centro de Bolívar “*. Editorial de los Talleres Gráficos del Banco de la República de Colombia.
- Sanz, M. (2004) Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Madrid, España. Dirección General para la Biodiversidad.
- Saavedra, B. (2017) *“Aplicación de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP”* (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería-Universidad de Piura. Piura-Perú.
- Segura, P. y Rocha, W. (2019) *“Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo de subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (Phragmites australis)”* (Tesis pregrado) Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.
- Simone, E. (2014) *“Gobernanza de los recursos naturales y medioambiente en América del Norte”* (1° ed.) España: Instituto de investigaciones.
- Vásquez, B. (2017) *“Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño”* (1° ed.) España: IWA Publishing
- Venegas, C. (2015) *“Eliminación biológica de nutrientes en aguas residuales con alto contenido de nitrógeno amoniacal utilizando un reactor biológico secuencial”* (Tesis pregrado) Universidad de Cantabria. España.

Anexo 1. Recolección de Macrofitas

Anexos 1.1. Repollo de Agua (*Pistia stratiotes*)



Anexos 1.2. Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)



Anexo 2. Toma de muestras del Pre-Tratamiento y Acondicionamiento de las macrófitas
Anexo 2.1. Toma de Muestras de agua del lago Ricuricocha



Anexo 2.2. Colocación respetiva de las muestras



Anexo 3. Acondicionamiento de las peceras de macrófitas por especie en los ambientes del Laboratorio Referencial Regional de San Martín



Anexo 4. Instalación de las Macrófitas

Anexo 4.1. Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)



Anexo 4.2. Repollo de agua (*Pistia stratiotes*)



Anexo 5. Prueba de Tukey

Anexo 5.1. Parámetro de Coliformes fecales

Coliformes Fecales

HSD Tukey^a

Tratamiento	n	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Jacinto de agua (T1)	3	1.800		
Repollo de agua (T2)	3		99.667	
Control (T0)	3			33000.000
p-valor		1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.2. Parámetro DBO

DBO

HSD Tukey^a

Tratamiento	n	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Jacinto de agua	3	4.0000	
Control	3	4.5000	
Repollo de agua	3		18.1667
Sig.		.332	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.3. Parámetro DQO

DQO

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Jacinto de agua	3	7.5000	
Control	3	9.1000	
Repollo de agua	3		20.2000
Sig.		.064	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.4. Parâmetro Color

Color

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Jacinto de agua	3	10.6667	
Repollo de agua	3		17.3333
Control	3		18.0000
Sig.		1.000	.679

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.5. Parâmetro Fosforo

FOSFORO

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Jacinto de agua	3	1.0000	
Repollo de agua	3	1.0667	1.0667
Control	3		1.1000
Sig.		.109	.483

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.6. Parâmetro pH

pH

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Repollo de agua	3	6.0000	
Jacinto de agua	3	6.0233	
Control	3		8.1900
Sig.		.967	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 5.7. Parâmetro Turbidez

Turbidez

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Jacinto de agua	3	3.9667		
Repollo de agua	3		4.3667	
Control	3			5.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 6. Resultados de Laboratorio

Anexo 6.1. Análisis Pre-tratamiento

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 200102.01 DA
 N° de Protocolo : 02011.05
 Cliente : GLORIA SOL ARANDA SABOYA
 Dirección legal del cliente : Psj. Los Rosales 157 - Morales - Tapo
 Muestra(s) declarada(s) : Agua natural
 Procedencia de la Muestra : Proportionado por el cliente
Nombre del proyecto: "Eficiencia de las macrófitas Jacinta de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas de la laguna Ricuricocha, contaminadas por los efluentes de la ganadería del Águila - Morales - San Martín, 2019"
Punto de muestreo: Laguna Ricuricocha

Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
 Forma de Presentación : 01 frascos de plásticos estériles y 04 frascos de plásticos de primer uso por muestra
 Identificación de la Muestra : 01-11005
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2020-01-11
 Fecha de Inicio del Análisis : 2020-01-11
 Fecha de Emisión de Informe : 2020-01-17

Código de Laboratorio		01-11005	
Código de Punto de Muestreo		001	
Descripción del Punto de Muestreo		A 3m de la orilla del lago Ricuricocha	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		10-01-2020 10:00 Hrs	
Fecha Final / Hora de Muestreo		10-01-2020 10:30 Hrs	
Tipo de Muestra		Agua superficial	
Coordenadas del Punto de Muestreo		-	
Parametros microbiológicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	
Coliformes Fecales**	NMP/100mL	33000	
Parametros fisicoquímicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	4.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	6.0	9.1
Color Verdadero*	Color verdadero Escala PCCo	1	18
Fosforo total *	mg/L	0.10	1.1
Nitrogeno total *	mg/L	0.10	0.36
pH*	Valor de pH	-	8.19
Turbidez *	NTU	0.5	5

Observaciones:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Equivale a Coliformes termotolerantes.

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 23 rd Ed.

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Rev.02
 Fecha de revisión: 2019-05-15

Anexo 6.2. Análisis Pos-tratamiento

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 200102.01 DA
N° de Protocolo : 02011.05
Cliente : **GLORIA SOL ARANDA SABOYA**
Dirección legal del cliente : Psj. Los Rosales 157 - Morales - Tapo
Muestra(s) declarada(s) : Agua natural
Procedencia de la Muestra : Proporcionado por el cliente
Nombre del proyecto: "Eficiencia de las macrófitas Jacinta de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas de la laguna Ricuricocha, contaminadas por los efluentes de la ganadería del Águila - Morales - San Martín, 2019"
Punto de muestreo: Laguna Ricuricocha
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 01 frascos de plásticos estériles y 04 frascos de plásticos de primer uso por muestra
Identificación de la Muestra : 01-11005
Fecha de recepción de muestra(s) : 2020-01-11
Fecha de Inicio del Análisis : 2020-01-11
Fecha de Emisión de Informe : 2020-01-17

Código de Laboratorio	01-11005		
Código de Punto de Muestreo	001		
Descripción del Punto de Muestreo	A 3m de la orilla del lago Ricuricocha		
Fecha Inicial / Hora de Muestreo	10-01-2020 10:00 Hrs		
Fecha Final / Hora de Muestreo	10-01-2020 10:30 Hrs		
Tipo de Muestra	Agua superficial		
Coordenadas del Punto de Muestreo	-		
Parametros microbiológicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	
Coliformes Fecales**	NMP/100mL	33000	
Parametros fisicoquímicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	4.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	6.0	9.1
Color Verdadero*	Color verdadero Escala PCCo	1	18
Fosforo total *	mg/L	0.10	1.1
Nitrogeno total *	mg/L	0.10	0.36
pH*	Valor de pH	-	8.19
Turbidez *	NTU	0.5	5

Observaciones:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Equivale a Coliformes termotolerantes.

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23 rd Ed.

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Rev 02

Fecha de revisión: 2019-05-15