

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Una Institución Adventista

Aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) para remover el contenido de nitrógeno total y fósforo total en el agua de la laguna

Ricuricocha – Región San Martín

Por:

Andy Fernando Chota Armas

Gianella Ojanama Rodríguez

Asesor:

Ing. Rolando Quispe Basualdo

Morales - 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Rolando Quispe Basualdo, 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: **“Aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) para remover el contenido de nitrógeno total y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha – Región San Martín”** constituye la memoria que presenta los **Bachilleres Gianella Ojanama Rodríguez y Andy Fernando Chota Armas** para optar el título de Profesional de Ingeniero Ambiental 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, firmo la presente constancia en *Morales*, al 27 de Enero del año 2020



Ing. Rolando Quispe Basualdo

Aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) para remover el contenido de nitrógeno total y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha – Región San Martín

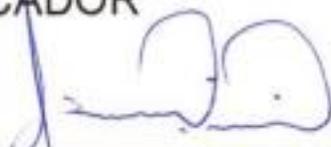
TESIS

Presentada para optar el título profesional de ingeniero ambiental



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Presidente

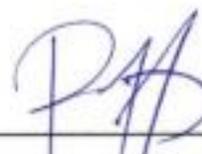
JURADO CALIFICADOR



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra
Secretario



Ing. Henry Carbajal Mogollon
Vocal



Ing. Rolando Quispe Basualdo
Asesor

Morales, 03 de Octubre del 2019

DEDICATORIA

A nuestros padres quienes son los mayores ejemplos e inspiración de superación que tenemos en nuestras vidas, por el apoyo que nos brindaron para cumplir nuestros objetivos y principios como profesionales, quienes también nos dieron los sabios consejos que, con perseverancia, esfuerzo, sacrificio y sobre todo poniendo la fe en Dios nos permitió llegar a cumplir nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, por poner personas necesarias en nuestros caminos, por el apoyo en momentos de percances y dudas; por hacer que logremos una etapa más de nuestras vidas y obtener el título de Ingeniero Ambiental.

A nuestros familiares por permitirnos iniciar una carrera universitaria, poder cumplir nuestras metas, ya que nunca dejaron de confiar en nosotros, a pesar de los obstáculos y los cinco años de carrera universitaria.

Al Biólogo Henry Giovanni Jave Concepción por su ayuda desinteresada en la ejecución de nuestra investigación, a nuestro asesor Rolando Quispe Basualdo por lo que nos sentimos muy agradecidos por su disposición ante nuestras dudas, por su comprensión y paciencia.

A la Universidad Peruana Unión por su acogida, por la amplia enseñanza que nos ha brindado a través de sus docentes durante los diez ciclos de nuestra carrera profesional de Ingeniería Ambiental.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| ÍNDICE..... | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| ÍNDICE DE ANEXO..... | xii |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRAC..... | xv |
| SÍMBOLOS USADOS..... | xvi |
| CAPÍTULO I..... | 17 |
| INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 17 |
| 1.1.1. Descripción de la realidad problemática..... | 17 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 21 |
| 1.3. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA..... | 22 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 24 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 24 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 24 |
| CAPÍTULO II..... | 25 |
| REVISIÓN DE LA LITERATURA..... | 25 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 25 |
| 2.1.1. Contexto Internacional..... | 25 |
| 2.1.2. Contexto Nacional..... | 27 |
| 2.2. Fundamentos de la investigación..... | 29 |
| 2.2.1. El agua..... | 29 |
| 2.2.2. Humedales..... | 30 |
| 2.2.3. Laguna..... | 30 |
| 2.2.4. Contaminación..... | 31 |
| 2.2.5. Eutrofización..... | 31 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| 2.2.6. | Factores que influyen en el proceso de eutrofización | 31 |
| 2.2.7. | Materia Orgánica: | 32 |
| 2.2.8. | Características Biológicas | 32 |
| 2.2.9. | Industria ganadera y agrícola | 32 |
| 2.2.10. | Depuración | 33 |
| 2.2.11. | Conorcios microbianos | 33 |
| 2.2.12. | Clasificación de los microorganismos | 34 |
| 2.2.13. | Función de los microorganismos | 35 |
| 2.2.14. | Valorización de los servicios de los humedales | 37 |
| 2.2.15. | Parámetros en aguas..... | 38 |
| 2.2.16. | Reactores..... | 41 |
| 2.3. | Métodos de evaluación..... | 43 |
| 2.3.1. | Análisis de nitrógeno total | 43 |
| 2.3.2. | Análisis de Fosfatos | 43 |
| 2.3.3. | Recuento microbiano | 43 |
| 2.4. | Marco Legal..... | 46 |
| 2.4.1. | Constitución Política del Perú de 1993 | 46 |
| 2.4.2. | Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente..... | 46 |
| 2.4.3. | Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos..... | 47 |
| 2.4.4. | Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM | 47 |
| 2.4.5. | Decreto Supremo N° 005-2013-PCM..... | 48 |
| 2.4.6. | Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático | 48 |
| 2.4.7. | Protocolo de Kyoto | 48 |
| 2.4.8. | Convenio de Estocolmo..... | 49 |
| 2.4.9. | Convenio de Rotterdam..... | 49 |
| 2.4.10. | Convenio sobre la Diversidad Biológica | 50 |
| CAPITULO III..... | | 51 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | | 51 |
| 3.1. | Descripción de la zona de estudio..... | 51 |
| 3.1.1. | Localización de la zona de estudio..... | 53 |
| 3.2. | Población, muestra y muestreo..... | 56 |
| 3.2.1. | Población | 56 |

| | | |
|-------------------------------------|--|----|
| 3.2.2. | Muestra | 56 |
| 3.2.3. | Muestreo | 56 |
| 3.3. | Diseño de investigación..... | 58 |
| 3.4. | Formulación de la hipótesis | 59 |
| 3.5. | Identificación de variables..... | 59 |
| 3.5.1. | Variables independientes..... | 59 |
| 3.5.2. | Variables dependientes..... | 59 |
| 3.6. | Instrumentos de recolección de datos..... | 59 |
| 3.7. | Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos | 60 |
| 3.7.1. | Técnicas de recolección..... | 60 |
| 3.7.2. | Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos..... | 60 |
| 3.8. | Equipos y Materiales..... | 61 |
| 3.9. | Metodología de la investigación..... | 61 |
| 3.9.1. | Etapa I: Etapa de gabinete..... | 61 |
| 3.9.2. | Etapa II: Etapa de campo..... | 65 |
| 3.9.3. | Etapa III: Etapa de gabinete final..... | 71 |
| CAPITULO IV | | 72 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 72 |
| 4.1. | Resultados..... | 72 |
| 4.1.1 | Concentración de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha..... | 72 |
| 4.1.2 | Concentración de EM- Agua para el tratamiento de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha | 73 |
| 4.1.3 | Concentración de Nitrógeno y fósforo total tras la aplicación del 5% y 10% de EM – Agua evaluado a los 30 y 60 días | 75 |
| 4.1.4 | Remoción de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM – Agua a los 1, 30 y 60 días | 77 |
| 4.2. | Discusión | 78 |
| 4.2.1. | Concentración de fósforo total..... | 78 |
| 4.2.2. | Concentración de nitrógeno total | 80 |
| 4.2.3. | Concentración de nitrógeno total y fósforo total en los sistemas del 5% y 10%..... | 81 |
| CAPÍTULO V..... | | 85 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 85 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 85 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 5.2. Recomendaciones..... | 86 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 87 |
| ANEXOS..... | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Servicios Ecosistémicos de los Humedales (World Resources Institute, 2005). | 38 |
| Tabla 2 Número más probable por g/ml utilizando tres series de tubos. | 45 |
| Tabla 3 Representación esquemática del diseño experimental puro. | 58 |
| Tabla 4 Equipos y materiales para la investigación. | 61 |
| Tabla 5 Ubicación de puntos de monitoreo en la laguna Ricuricocha, Distrito de Morales, Provincia y Región San Martín. | 63 |
| Tabla 6 Concentración microbiana (UFC) de EM en el sistema del 5%. | 74 |
| Tabla 7 Valores correspondientes al porcentaje (%) de remoción de nitrógeno y fósforo total mediante la aplicación de EM-Agua al 5 y 10 %. | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Reactor tipo Batch..... | 41 |
| Figura 2. Reactor tipo mezcla completa. | 42 |
| Figura 3 Reactor de flujo continuo (tubular). | 42 |
| Figura 4. Ruta de accesibilidad del Distrito de Morales a la Laguna Ricuricocha. | 52 |
| Figura 5: <i>Mapa de ubicación geográfica de la laguna Ricuricocha (Distrito: Morales – Provincia y Región San Martín)</i> | 54 |
| Figura 6: <i>Mapa de ubicación del lugar de ejecución – Laguna Ricuricocha - Distrito de Morales – Provincia y Región San Martín.</i> | 55 |
| Figura 7: Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la laguna Ricuricocha - Distrito de Morales, Provincia y Región San Martín. | 64 |
| Figura 8. Gráfica de perfil correspondiente al valor de fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha. | 72 |
| Figura 9. Gráfica de perfil correspondiente al valor de nitrógeno total en el agua de la laguna Ricuricocha. | 73 |
| Figura 10. Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total en agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días..... | 75 |
| Figura 11: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fósforo total en agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días..... | 76 |

ÍNDICE DE ANEXO

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Solicitud para acceder a la toma de muestra y ejecución del proyecto..... | 97 |
| Anexo 2. Certificado de acreditación del laboratorio EQUAS S.A..... | 98 |
| Anexo 3. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 1 de 2). | 99 |
| Anexo 4. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 2 de 2). | 100 |
| Anexo 5: Cadena de Custodia remitidas al laboratorio EQUAS S.A. - Lima (Página 1 de 2). | 101 |
| Anexo 6: Cadena de Custodia remitidas al laboratorio EQUAS S.A. - Lima (Página 2 de 2). | 102 |
| Anexo 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 1 de 7). | 103 |
| Anexo 8. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 2 de 7). | 104 |
| Anexo 9. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 3 de 7). | 105 |
| Anexo 10. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 4 de 7). | 106 |
| Anexo 11. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 5 de 7). | 107 |
| Anexo 12. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 6 de 7). | 108 |
| Anexo 13. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 7 de 7). | 109 |
| Anexo 14. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 1 de 8). | 110 |
| Anexo 15. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 2 de 8). | 111 |
| Anexo 16. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 3 de 8). | 112 |
| Anexo 17. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 4 de 8). | 113 |
| Anexo 18. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 5 de 8). | 114 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 19. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 6 de 8). | 116 |
| Anexo 20. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 7 de 8). | 117 |
| Anexo 21. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 8 de 8). | 118 |
| Anexo 22. Valores de pH en cada uno de los sistemas evaluados al primer, 30 y 60 días. | 119 |
| Anexo 23. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de turbiedad del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días. ... | 120 |
| Anexo 24. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de nitrato del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días. ... | 121 |
| Anexo 25. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de amoniaco del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días. ... | 122 |
| Anexo 26. Panel Fotográfico – Condiciones de la laguna Ricuricocha. | 123 |
| Anexo 27. Panel Fotográfico – Actividades previas al tratamiento. | 126 |
| Anexo 28. Panel Fotográfico – Visita de campo y georreferenciación de los puntos de muestreo..... | 127 |
| Anexo 29. Panel Fotográfico – Toma de muestra. | 128 |
| Anexo 30. Panel Fotográfico – Toma de muestra para remisión al laboratorio e inicio del ensayo..... | 129 |
| Anexo 31. <i>Plan de muestreo para la Toma de Muestra, Preservación, Conservación, Transporte de Agua para los Reactores con Agua de la Laguna Ricuricocha, Según el Protocolo de DIGESA para toma de muestra de agua R. D. N° 160 – 2015.</i> | 130 |

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue de evaluar la aplicación de Microorganismos Eficientes-Agua (ME-Agua) a concentraciones del 5% y 10 % para la remoción de nitrógeno y fósforo total en el agua de la Laguna Ricuricocha. La evaluación se dio a los 1, 30 y 60 días, donde se tomaron muestras siguiendo el Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de agua para Consumo Humano establecido según la R.D. N° 160 – 2015. Los parámetros fisicoquímicos evaluados se determinaron en el laboratorio EQUAS S.A. de la ciudad de Lima, de acuerdo a los métodos analíticos “APHA y NMP/100 mL”. Los resultados se compararon con el D. S. N°004-2017-MINAM. La concentración de fósforo total a inicio de la evaluación superó lo establecido según el ECA, la aplicación de los ME-Agua al 5 % y 10 % durante 30 y 60 días se evidenció la reducción de la concentración en el sistema del 10% alcanzando el valor aceptable por la normativa; en cuanto al nitrógeno total a inicio también superó el ECA, pero al ser sometida al tratamiento con el EM-Agua en concentraciones de 5 % y 10 % evaluados a los 30 y 60 días se evidenció una disminución de la concentración, sin satisfacer los valores establecidos en la normativa. El porcentaje de remoción mediante la aplicación de EM-agua al 5% y 10%, se da en el sistema del 10% con un porcentaje de 99.520 para fósforo total y 59.277 para nitrógeno total. El pH y turbiedad disminuyeron en ambos sistemas y se encuentran dentro de lo establecido de acuerdo a la normativa. En cuanto al amoníaco se comprobó un aumento gradual en ambos sistemas durante el tiempo de evaluación de 60 días sobrepasando los establecido.

Palabras Clave: Microorganismo, EM-agua, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Laguna Ricuricocha, conservación del ambiente acuático.

ABSTRAC

The objective of the present investigation was to evaluate the application of Efficient Microorganisms-Water (ME-Water) at concentrations of 5 and 10% for the removal of nitrogen and total phosphorus in the water of the Ricuricocha Lagoon. The evaluation was given at 1, 30 and 60 days, were taken following the Procedures for Sampling, Preservation, Conservation, Transport, Storage and Reception of water for Human Consumption established according to RD N ° 160 - 2015. The physicochemical parameters evaluated were determined in the EQUAS SA laboratory from the city of Lima, according to the analytical methods "APHA and NMP / 100 mL". The results were compared with D. S. No. 004-2017-MINAM. The concentration of total phosphorus at the beginning of the evaluation exceeded that established by the ECA, the application of the 5% and 10% ME-Water for 30 and 60 days evidenced the reduction of the concentration in the system of 10% reaching the acceptable value by regulation; As for the total nitrogen for the first sample exceeded that established by the ECA too, but when subjected to treatment with EM-Water in concentrations of 5% and 10% evaluated at 30 and 60 days showed a decrease in concentration, without satisfying the values established in the regulations. The removal percentage through the application of 5% and 10% EM-water are given in the 10% system with a percentage of 99,520 for total phosphorus and 59,277 for total nitrogen. The pH and turbidity decreased in both systems and are within those established in accordance with the regulations. As for ammonia, a gradual increase in both systems was observed during the evaluation time of 60 days, exceeding those established.

Keyword: Microorganisms, EM-water, total nitrogen, total phosphorus, Ricuricocha lagoon, conservation of the aquatic enviroment.

SÍMBOLOS USADOS

| | |
|---------------|--|
| ANA | Autoridad Nacional del Agua |
| ARM | Aguas Residuales Municipales |
| DBO | Demanda biológica de oxígeno |
| DQO | Demanda química de oxígeno |
| DRASAM | Dirección Regional de Agricultura San Martín |
| ECA | Estándar de Calidad Ambiental |
| EM | Microorganismos Eficientes |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación |
| ha | Hectárea |
| OEFA | Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental |
| MINAM | Ministerio del Ambiente |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| TRH | Tiempo de Retención Hidráulica |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| US-EPA | Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

Una gran cantidad de actividades domésticas e industriales, requieren la utilización de agua, generándose por consiguiente aguas residuales domésticas, industriales y municipales; las mismas que requieren de la aplicación de métodos complementarios (físicos, químicos o biológicos) como alternativas de tratamiento antes que estas sean vertidas a los cuerpos receptores a ser reutilizadas (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2014).

Así, por ejemplo, se considera que la agricultura por regadío en el mundo representa aproximadamente un veinte por ciento (20%) de la superficie total de tierra cultivada, de la cual se supone un cuarenta por ciento (40%) de alimentos producidos en todo el mundo provienen de esta fuente de abastecimiento. En el año 2012 se estimó en todo el mundo, más de 324 millones hectáreas de cultivo bajo riego. El continente asiático cuenta con 230 millones de hectáreas, siendo China un país con mayor superficie equipada de 69.4 millones de Ha, seguida de India con 66.7 millones de Ha, fuera del continente asiático encontramos a Estados Unidos con 26.4 millones de Ha, Italia con 3.95 millones de Ha, Egipto con 3.65 millones de Ha y Australia con 2.55 Ha (AQUASTAT, 2014).

El sector ganadero, aporta un cuarenta por ciento (40%) de valor de la producción agrícola mundial y sostiene los medios de vida alimentaria de casi 1300 millones de personas. Al pasar el tiempo ha ido incrementando significativamente la producción ganadera, al mismo tiempo, millones de personas aún siguen criando ganado mediante sistemas tradicionales de producción (FAO, 2017), generando problemas irreversibles a corto plazo al medio ambiente, sobre todo a las fuentes hídricas por las descargas de

residuos de purines que producen, deteriorando zonas vulnerables a causa de nitratos (Sindic de Greuges, 2016).

Tanto la actividad agrícola como la producción ganadera, son actividades que han demostrado que pueden afectar los diferentes ecosistemas acuáticos, ya sea por el exceso de fertilizantes en la agricultura que contienen gran contenido de nitratos y fosfatos que por lo general tienden a lixiviarse, infiltrarse llegando a afectar a las aguas subterráneas y superficiales (UNESCO, 2017).

Las principales rutas de ingreso de nitrógeno a las masas de agua son a través de aguas residuales industriales o municipales, por tanques sépticos o descargas de criaderos (incluyendo aves y peces) y también por las descargas de la emisión de gases de vehículos. Un exceso de compuestos nitrogenados como los nitratos (iones) siendo unos de los componentes solubles de esta naturaleza, que no solo conllevan a la eutrofización de los cursos de agua y como consecuencia a la pérdida de estas fuentes; sino que también pueden alcanzar otras fuentes que podrían considerarse como fuente de abastecimiento para la obtención de agua potable, la misma que si no se le da un tratamiento adecuado, su consumo conllevaría a la metahemoglobinemia, enfermedad que se manifiesta en bebés de hasta 6 meses de edad causando la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de los glóbulos rojos, ocasiona una disminución del oxígeno en los órganos y tejidos (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

En la gran mayoría de países latinoamericanos como Colombia y México, el sector agropecuario usa alrededor de un 78 por ciento de agua, y la problemática que esta cuenta, refiere a las descargas, estimando el alto porcentaje de la contaminación de los cuerpos de agua. Esto significa que a mayor superficie agrícola y ganadera, mayor es el riesgo de contaminación difusa (Ibarra & Espejo, 2008). El excesivo e inadecuado uso de agroquímicos en la agricultura ha traído consecuencia como la contaminación de cuerpos de

aguas, cercanas a zonas de producción esto se ha visto en México, Ecuador, Venezuela y Colombia en la mayoría de los casos, las concentraciones sobrepasan los límites a las normativas internacionales como nacionales como la US-EPA, UE y OMS (Díaz & Contreras, 2013).

La expansión de la ganadería y agricultura intensiva se han establecido mayoritariamente en áreas de cuerpos de agua, siendo contaminada directamente por excretas ganaderas a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, como también indirectamente por flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo. El nitrógeno es cuantioso en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de fuentes de aguas subterráneas por lixiviación de nitrato a través del suelo, en cuanto al fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales. Sin embargo, el fósforo tiene un impacto circunstancial importante en los recursos hídricos, ya que el vertido directamente en las corrientes o aplicado en cantidades excesivas en el suelo, estimula el proceso de eutrofización el cual aumenta el crecimiento de plantas acuáticas, varía el pH, disminuye el oxígeno disuelto afectando así la calidad del agua (Pinos et al., 2012).

En el Perú el lago Titicaca es receptor de cargas contaminantes contenida de aguas residuales domésticas, municipales, industriales, además de fuentes difusas como la ganadería y la agricultura, cuyos impactos son incuestionables en zonas como la bahía Mayor de Puno, la parte baja del río Coata en el tramo entre la ciudad de Juliaca y la desembocadura en el lago Titicaca, la bahía de Yunguyo, la bahía Interior de Puno, y en tramos como son el río Ayaviri y Putina. En el espacio de la cuenca del lago Titicaca constan de 840 fuentes de contaminación del agua: 562 pasivos mineros ambientales, que representan un 66,9% respecto al total del departamento de Puno, de los cuales 24 son relaveras, 169 desmonteras, 239 son bocaminas, 14 plantas de procesamiento, siendo estas

de mayor importancia; 22 (2,6 %) vertimientos de pasivos mineros ambientales; 105 (12,5 %) botaderos de residuos sólidos; 119 (14,2 %) vertimientos de aguas residuales municipales; 14 (1,7 %) vertimientos de aguas residuales domésticas; 14 (1,7 %) vertimientos de aguas residuales industriales; y (0,4 %) 4 vertimientos de aguas termales de uso medicinal (ANA, 2017)

El principal motor de la economía de la región San Martín es la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, que representa alrededor del 28,89% del PBI, seguida de lejos por el comercio con un 12,96% y el sector de producción - manufactura con tan solo 10,37%. Donde la problemática local no es ajena a la nacional, ya que se siguen vertiendo aguas residuales de agricultura y ganadería a los cursos de agua como ríos, quebradas y lagunas; conllevando a alterar el equilibrio hídrico de los cuerpos de agua, en la Región San Martín, las lagunas Gemelas ubicadas en el distrito de Sacanche de la provincia de Mariscal Cáceres, Andiviela y Ricuricocha en el distrito de Morales y Lagartococha en el distrito de la Banda de Shilcayo de la provincia de San Martín son las más afectadas por aguas residuales sin tratamiento que al pasar de los años la eutrofización ha sido un problema creciente de preocupación en las autoridades locales que no lograron implementar medidas para su mitigación y control (DRASAM, 2017).

Según lo antes mencionado, se propone la siguiente interrogante ¿Los microorganismos eficientes permitirán remover el contenido de nitrógeno total y fósforo total presentes en el agua de la laguna Ricuricocha?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica teniendo en cuenta la problemática local, nacional y mundial, ya que actualmente diversas fuentes hídricas, entre ellos las lagunas en la región San Martín, están siendo deteriorados por la actividad humana. Teniendo en cuenta que la agricultura en la región San Martín como en la mayoría de las regiones del Perú aun hace uso de métodos que son insuficientes para considerar una agricultura rentable, sostenida y ambientalmente amigable. En la que se hace uso desmedido de productos como los fertilizantes y plaguicidas o los residuos no cuentan con un tratamiento y disposición adecuada.

Uno de los productos más representativos de la agricultura es el monocultivo del arroz, que, por su característica y demanda en la producción, se utilizan indiscriminadamente grandes cantidades de agroquímicos y agua para el riego. Los valores promedio para su producción se hacen uso de 2 litros de fungicidas por Ha, 2 litros de insecticidas por Ha y 2.5 litros de herbicidas por Ha, 100 kg de fertilizantes fosforados por Ha, 200 kg de fertilizantes nitrogenados por Ha y 100 kg de fertilizantes de potasio por Ha, utilizando por año un total de 572.000 litros de fungicidas, herbicidas e insecticidas, así como 53.600.000 kg de fertilizantes (Chappa, Tenorio, & Gallusser, 2007).

Así mismo se debe considerar que las lagunas brindan diversos servicios ambientales, salvaguardando la diversidad de las especies de flora y fauna, mantienen en equilibrio la temperatura y la humedad y como consiguiente se promueve un clima homeostático, en la que también se busca mejorar la calidad de vida, brindando servicios turísticos y recreativos. Motivo por el cual, con la presente investigación se busca una alternativa para la conservación y mitigación de la eutrofización aplicando microorganismos eficientes para minimizar las concentraciones de nitrógeno y fósforo que son los principales inductores de la pérdida de los cuerpos de agua por eutrofización, de tal manera que se pueda recuperar la

calidad del agua y mantener la biodiversidad de flora y fauna brindando una mejor calidad de vida a la población en sus alrededores y a los visitantes.

Los microorganismos no solo pueden ser útiles para tratar aguas residuales domésticas o aguas residuales industriales, sino que también se podría utilizar para realizar tratamientos in situ depurando cuerpos de agua como lagos y lagunas con alto grado de eutrofización con alto contenido de fosfatos y nitratos.

1.3. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA

Gen. 2:15: “Tomó pues Dios el Señor al hombre y lo puso en el jardín del Edén, para que lo cuidará y lo labrara”; el señor puso al hombre en el huerto que era su hogar y le encomendó una misión bien definida como es la de labrar y guardar. Esta orden nos enseña que la perfección con la cual salió la creación de las manos de Dios no excluida la necesidad de cultivar. El hombre había de usar sus facultades físicas y mentales para conservar el huerto, en el mismo estado perfecto en que lo había recibido.

Por medio de esta investigación se pretende recuperar el agua con alto contenido de agente contaminantes como son los nitratos y los fosfatos que, por el inadecuado uso y vertimiento de aguas residuales de las actividades agrícola y ganadera sin tratamiento previo, contaminan las fuentes como las lagunas; por lo que el principio del presente trabajo se fundamenta en la utilización de metodologías limpias con el fin de recuperar los recursos naturales.

Jeremías 2:7: Yo los traje a una tierra fértil, para que comieran de sus frutos y de su abundancia. Pero ustedes vinieron y contaminaron mi tierra; hicieron de mi heredad algo abominable.

El profeta Jeremías hace un llamado de atención por el tipo de uso que le estamos dando a la tierra que el señor no ha dado, ya que el señor nos ha brindado una tierra fértil para que

comiéramos sus frutos y sus bienes, pero cuando el hombre empezó a aprovechar los recursos profanó las tierras contaminándolas, haciendo lo que queríamos.

La aplicación de microorganismos eficientes va a cumplir su función reductora de los contaminantes agrícolas que está siendo arrastradas por las lluvias del suelo hacia las fuentes hídricas, ya que el hombre no hace una producción natural u orgánica, la cual implica uso de insecticidas, fertilizantes para que tenga una mayor producción y mejorar la calidad sin efectos del contaminante.

Salmos 24:1-2: Salmos de David, del Señor es la tierra y todo lo que hay en ella, el mundo y los que en él habitan pueden aprovecharlo; porque él fundó sobre los mares, y la asentó sobre los ríos.

David reconoce que para llegar a ser un rey no puede ser cualquiera, lo cual hace mención que todo lo que hay aquí no nos pertenece y que su plenitud es de Dios.

Es por esto que, todos los que usamos los recursos, estamos en la obligación por principios de velar por su cuidado, darle un uso sostenible, evitando la pérdida de la fuente como recurso, porque se debe considerar que lo que se tiene disponibles es porque Dios nos ha dado para aprovecharlo y se debe considerar útil y necesario.

San Juan 4:14: Más el que bebiere del agua que yo le daré, no tendrá sed jamás; si no que el agua que yo le daré será en él una fuente de agua que salte para vida eterna.

El agua de vida es ejemplificada con Jesús todo aquel que tenga Fe, tendrá vida eterna, la cual nos muestra también que el agua es vital porque sin este recurso, no se puede vivir; ya que el agua es considerada como el recurso símbolo de vida.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la aplicación del 5 y 10 % microorganismos eficientes para la remoción de nitrógeno y fósforo total en agua de la laguna Ricuricocha.

1.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la concentración de nitrógeno y fósforo total presentes en el agua de la laguna Ricuricocha y comparar con los Estándares de Calidad Ambiental fundado en el D. S. N° 004-2017-MINAM.
- Determinar la concentración de microorganismos eficientes en los sistemas a ensayar para la remoción de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha.
- Evaluar la remoción de nitrógeno total y fósforo total presentes en agua de la laguna Ricuricocha en intervalos de 1, 30 y 60 días.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Contexto Internacional

Salazar & Sánchez, (2011) en su proyecto de investigación denominado **“Evaluación de consorcios microbianos conformados a partir de aislamientos bacterianos con capacidad degradadora de tetranitrato de pentaeritrol (PETN) y trinitrotolueno (TNT)”**; se traza como objetivo evaluar la aplicación de consorcios microbianos conformados a partir de aislamiento bacterianos con capacidad degradadora de tetranitrato de pentaeritrol y trinitrotolueno. El desarrollo de la investigación consistió en la recuperación de las cepas aisladas, lográndose la conservación e identificación morfológica de 23 cepas con capacidad degradadora de PETN y 29 con capacidad degradadora de TNT. Posteriormente, se conformó dos consorcios, denominados: consorcio A (cepas con capacidad degradadora de PETN) y consorcio B (cepas con capacidad degradadora de TNT), los cuales fueron expuestos a una concentración de 100mg/L de ambos explosivos en forma independiente, obteniéndose cuatro cultivos diferentes. Consecutivamente se realizaron pruebas de biodegradabilidad que fueron evaluadas mediante cinco extracciones (12 días). De acuerdo a la comparación entre el porcentaje de degradación de PETN obtenido por el consorcio A y el alcanzado por aislamientos bacterianos con capacidad degradadora de este explosivo (a partir de los cuales se conformó el consorcio A), permitió establecer que la asociación microbiana permite remover en mayor porcentaje la concentración del explosivo, y es más favorable debido a una distribución de funciones metabólicas que ayudan a la optimización de las poblaciones individuales y a un mayor consumo del sustrato. Sin embargo, el valor del porcentaje de remoción no fue significativamente alto (10.46%). El consorcio B y las cepas con capacidad degradadora de TNT (a partir de las cuales se conformó el consorcio B), se

determinó que los aislamientos presentaron una menor remoción del explosivo (10.78%), debido a que el consorcio posee la capacidad de superar con mayor facilidad los periodos en los que los nutrientes se encuentran limitados. En conclusión, la utilización de consorcio microbiano tiene más eficiencia en cuanto a tratamiento de componentes peligrosos.

Según Sánchez, Revelo, Burbano, García, & Guerrero, (2013) en su artículo titulado **“Eficiencia de consorcio microbiano para tratamiento de aguas residuales en un sistema de recirculación acuícola”**; se propone evaluar la eficiencia de los consorcios microbianos en la remoción de DQO, fósforo, amoníaco y nitritos. El desarrollo consistió en el uso de filtros biológicos, utilizaron un filtro con bolsas de lienzo para retención de sólidos, un tanque para cultivo con control de nivel, y seis biofiltros de diámetro 3” con tiempo de retención hidráulica (TRH) de 11 min y arena como medio soporte. Los inóculos utilizados fueron: R1-control: R2-lodos estación piscícola, aguas del SRA, R4-sedimentos de acuarios, R3-agua laguna aireada relleno sanitario Antanas (RSA); R5-lodos laguna aireada RSA; R6-lodos reactor sulfidogénico RSA. No hubo diferencias significativas estadísticamente entre los reactores para remoción de fósforo, DQO, nitritos y amoníaco, cuyas remociones medias fueron de 45,3; 15,1; 4,7 y 27,2% respectivamente. Se dio diferencias estadísticas entre reactores para remoción de nitratos y color, las mejores eficiencias fueron para: color R1: 37,3% y R6: 38,8%; para nitratos R6: 42,8% y R5: 47,3%; demostrándose la influencia de consorcios microbianos en los SRA. En conclusión, el consorcio microbiano de los lodos laguna aireada RSA (R5) es más eficiente en cuanto a remoción de nitratos con valor medio de 47,3%. El inóculo de lodos reactor sulfidogénico RSA (R6) presentó mejor eficiencia de remoción de color (38,8%). La alta superficie específica de la arena propició el desarrollo de biopelícula en los reactores; sin embargo, su incorporación requiere de eficientes mecanismos de tratamiento y pretratamiento primario en

términos de remoción de sólidos, dado que el corto espacio entre partículas hace susceptible al sistema de tratamiento. Los efluentes de los reactores evaluados se ajustan a las directrices de la normatividad ambiental en cuanto a las concentraciones de DQO.

2.1.2. Contexto Nacional

(Beltrán & Campos, 2016) en su tesis de pregrado titulada **“Influencias de Microorganismos Eficaces sobre la Calidad de Agua y lodo residual, Planta de Tratamiento de Jauja”**; Tienen como objetivos la determinación de los efectos de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de agua y lodo residual de la PTAR Jauja. La aplicación de microorganismos eficaces se con realizó EM activado en solución, para ello se ejecutaron evaluaciones a los 0; 30; 60 y 90 días después del tratamiento para determinar el efecto de los microorganismos en cuanto a la calidad del agua residual (DBO, pH, DQO, grasas y aceites, solidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes, color (aspecto), olor y temperatura) y el lodo residual (pH, grasas y aceites, coliformes termotolerantes, color, olor). Los resultados obtenidos demuestran que los microorganismos eficaces (EM) demostraron efectos en el control del agua residual en los siguientes parámetros: grasas y aceites, color (aspecto), DBO, olor y coliformes termotolerantes, de la misma forma en términos de eficiencia, los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos en la reducción de la DQO, DBO, olor, sólidos totales; Consiguiendo con mayor eficiencia a los 90 días después del tratamiento; mejorando las condiciones biológicas, químicas y físicas de las aguas residuales; En tanto a coliformes termotolerantes y solidos totales suspendidos el efecto de los microorganismos eficaces sobre dichos parámetros no se logró la reducción de estos a los límites máximos permisibles establecidos por D.N° 003-2010-MINAM. Los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos como el control del lodo residual, minimizando notablemente la concentración de coliformes termotolerantes, grasas y aceites,

así mismo estabilizó el pH que estaba por debajo de los límites máximos permisibles para lodos según norma oficial mexicana NOM-004- SEMARNAT-2002 y los Estándares de calidad típicas de lodos residuales según Metcalf y Eddy (2011).

Rodríguez & García, (2015) en su tesis de pregrado denominada **“Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba-2011”**; se proponen como objetivo evaluar la eficiencia de las especies *Pistia stratoties* y *Eichhornia crassipes*, en el tratamiento biológico de las aguas servidas en la ciudad de Moyobamba. La meta propuesta se ha diseñado un sistema de tratamiento de aguas residuales con un tiempo de retención hidráulico de 8 días, donde se aplicaron las especies que se mencionó en diferentes tiempos y por separado, además al proyecto se adicionó un tratamiento terciario. Los resultados obtenidos del proyecto de investigación demuestran que *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la depuración de aguas servidas, con una remoción de 85.5% en coliformes totales, 77.7 nitratos, 73.5 coliformes termotolerantes, DBO 66.1, sólidos suspendidos totales 60%. En cambio, la *Pistia stratoties* se mostró muy susceptible a factores ambientales y presencia de plagas, las remociones fueron bajas alcanzando un 67.1% de fosfatos, 65.6% de nitratos, 63.8% de DBO, 62.8% coliformes totales. En conclusión, el tratamiento de aguas residuales domésticas con tratamiento biológico es una buena alternativa de bajo costo y amigable con el medio ambiente.

Avila, (2015) en su tesis de pregrado titulada **“Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales”**; se propone determinar la capacidad de remoción de nitratos ($N - NO_3^-$) y fosfatos (PO_4^{3-}) en aguas residuales municipales por microalgas libres e inmovilizadas. La metodología consta en utilizar cepas provenientes de

los efluentes de la planta de recuperación de las aguas del río Surco (Lima-Perú) se evaluó su capacidad de remoción de $N - NO_3^-$ y PO_4^{3-} durante 10 días, a nivel laboratorio, en aguas residuales municipales ARM con tratamiento primario, tanto de forma libre como inmovilizadas en discos de alginato de sodio al 4%. Según los resultados las cepas obtenidas se identificaron como *Chlamydomonas* sp y *Chlorella* sp. Ambas obtuvieron un buen crecimiento en aguas residuales municipales ARM, especialmente *Chlamydomonas* sp, la cual reportó mayores valores en los parámetros cinéticos de crecimiento. El cultivo de *Chlorella* sp. libre fue el que registró uno de los valores más altos de porcentaje (71.25%) y (0.43 mg/l/día) en tasa de remoción de $N - NO_3^-$ y (83.69%; 0.09 mg/l/día) los máximos valores de dichos parámetros para PO_4^{3-} , así como para el índice de eficacia (EI) de ambos nutrientes, en comparación con los de *Chlamydomonas* sp. Los cultivos inmovilizados de ambas especies alcanzaron valores altos de remoción, entre 78% a 81% para PO_4^{3-} y 6% a 67% para $N - NO_3^-$, este primero fue removido en 24 horas en la mayoría de los cultivos. La inmovilidad fue el principal factor que afectó la capacidad de remoción de nutrientes. En conclusión, ambas cepas manifestaron ser eficientes en la remoción de nutrientes en aguas residuales municipales ARM, especialmente de PO_4^{3-} , con valores cercanos a los máximos reportados para ambas especies en estudios previos.

2.2. Fundamentos de la investigación

2.2.1. El agua

Según la Organización Mundial de la Salud (2015), el agua es uno de los elementos más primordiales para la vida. Muchas de ella y la cantidad de agua dulce que existe en nuestro planeta son limitadas, y su calidad está sometida a una presión constante. Su conservación es muy importante para el abastecimiento que día a día lo utilizamos, como la

producción de alimentos y el uso recreativo, etc. La calidad del agua puede verse afectada por la presencia de contaminantes por nitrógeno, Fósforo que están asociados a la elevada carga orgánica que son resultados inadecuados de prácticas en el manejo de los sistemas de cultivos (Barraa Guardado et al., 2014).

2.2.2. Humedales

De acuerdo a la política de humedales de Colombia los humedales son ecosistemas anfibios caracterizados por un cuerpo de agua permanente o estacional, generalmente de poca profundidad, por lo cual cuenta con una franja a su alrededor cubierta por inundaciones periódicas (interface anfibia) y una franja no inundable o de tierra firme (fase terrestre), además de proporcionar servicios eco sistémico (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006).

2.2.3. Laguna

(Mellado, 2008) Indica que las lagunas son cuerpos de agua, naturales o antrópicas, que desarrollan diversidades de ecosistemas terrestres, acuáticos. Tienen como principal función la depuración sustancias que eutrofizan la calidad del agua, controlan la erosión, almacenan agua. Por lo que estos servicios han generado interés por científicos como investigadores.

(Alvarez, 2016) Hace mención que las lagunas son ecosistemas importantes debido a sus funciones filtradoras, reguladoras, hidrológicas, cadenas alimenticias, mantenimiento de hábitat. Los humedales, así como lagunas están siendo amenazados por la acción humana, sobre todo en las zonas costeras del Perú.

2.2.4. Contaminación

Es cualquier actividad realizada por el ser humano que afecta al medio en el cual se desarrolla, llegando a deteriorarlo o su eliminación completa del medio (Villanueva & Sánchez, 2013).

2.2.5. Eutrofización

La eutrofización es el enriquecimiento natural o artificial de nutrientes de los cuerpos de agua y se afirma que es el principal problema a nivel mundial (L. Rodríguez, 2002). Es el incremento de la tasa de producción de materia orgánica en un cuerpo de agua, asociado al sobre enriquecimiento de nutrientes, de manera natural o provocada por contaminación (Montalvo, García, Almeida, Betanzos, & García, 2014). Generalmente en el proceso de eutrofización se ve, el crecimiento primario, y está relacionado con la presencia de proliferaciones algas nocivas (Escobedo, 2010).

2.2.6. Factores que influyen en el proceso de eutrofización

Los vertimientos de materia orgánica al agua, genera la proliferación de ciertos microorganismos que ayudan al proceso de eutrofización, en ella por ejemplo se encuentran los protozoarios quienes viven en dichos ecosistemas y que están relaciones a los ciclos de nutrientes y flujo de energía, a parte que los protozoarios son utilizados como indicadores de la contaminación orgánica de los cuerpos de agua o la condición de los suelos (Guillén, Morales, & Ruperto, 2003). Por ejemplo en la ciudad de Puno uno de los mayores problemas que enfrenta es el crecimiento de lentejas de agua, debido a la eutrofización, que es causado por el inadecuado tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Puno (Canales, 2010).

2.2.7. Materia Orgánica:

Son compuestos de estructura y composición química diferente, pero que presentan características comunes como es la capacidad para reaccionar con el oxígeno en un proceso de oxidación y son procedentes de la descomposición de desechos, de industrias, aguas negras, domésticas (Fernández, 2012).

2.2.8. Características Biológicas

Las aguas residuales contienen un gran número de microorganismos vivos cuya función es la de descomponer, transformar, y fermentar la materia orgánica utilizando o no el oxígeno disuelto por medio de procesos aerobios o anaerobios. Estos microorganismos pueden ser de origen vegetal: plantas, semillas, helechos; de origen animal: microorganismos vertebrados e invertebrados; o de origen protista: bacterias, hongos, protozoos y algas. También están presentes varios microorganismos patógenos como los coliformes los cuales mueren rápidamente al encontrarse en un hábitat extraño. Cada uno de estos grupos de microorganismos, constituyen un papel primordial como indicadores de la calidad del agua residual (Valencia, 2013).

2.2.9. Industria ganadera y agrícola

El crecimiento continuo de la población humana mundialmente influye en el aumento de la producción de alimentos (ganadería y agricultura), que el 40 % es de origen animal, el estiércol generado en las ganaderías puede provocar impactos ambientales negativos si es que no tiene un control, ya que las heces emiten gases contaminantes hacia la atmosfera, y la acumulación de macro y micro nutrientes en los cuerpos hídricos superficiales y el suelo (Pinos et al., 2012).

Estudios aclaran que la contaminación, producto del uso de plaguicidas, no sólo se limitan a países grandes sino también a países pequeños, los estudios citados actualmente, revelan el grave daño en el plano ambiental; pero lo más grave del asunto, es que los niveles de contaminación han ocasionado graves daños a la salud e irreversibles en zonas expuestas al impacto de estos productos, daños suelos y cuerpos de agua generalmente por el componente nutrido de los plaguicidas usados en la agricultura (Torres & Capote, 2004).

2.2.10. Depuración

Remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales, para reducir su impacto ambiental (Bermeo & Salazar, 2013)

2.2.11. Consorcios microbianos

El vertimiento de sustancias al agua ya sea en ríos, lagos, lagunas, etc. están degenerando la vida acuática. Existen ciertos métodos de tratamiento para minimizar la contaminación siendo uno de los más efectivos la utilización de consorcios microbianos que son quien ofrece considerables ventajas sobre el tratamiento de aguas contaminadas (Guerrero et al., 2014). El consorcio microbiano es un grupo de diferentes especies de microorganismos que actúan conjuntamente como una comunidad, en un sistema complejo donde todos se benefician de las actividades de los demás, además cuentan con habilidades metabólicas incluyendo actividad proteolíticas (degradación de proteínas y aminoácidos), sacarolítica (degradación de diversos tipos de azúcares), lipolítica (digestión de lípidos o grasas) y celulolítica (degradación de celulosa o material vegetal) (Ochoa & Montoya, 2010).

2.2.12. Clasificación de los microorganismos

Gracias al descubrimiento de los microorganismos, se integraron a los protistas en esta clasificación, los microbiólogos han relacionado a los microorganismos en dos grandes grupos:

Eucariontes: Microorganismos multicelulares o unicelulares, que contienen un núcleo, donde tienen codificado todo su sistema de reproducción. En este grupo se encuentran a los protistas y los hongos. Los eucariontes sujetan uno o más núcleos, pueden llegar a contener organelos (similares a los órganos en los humanos) separados por membranas intracelulares.

Procariontes: Microorganismos multicelulares en su gran mayoría son unicelulares. Pero son más simples que los eucariontes ya que su estructura celular no contiene un núcleo, solo una membrana. Dentro de esta división taxonómica también se encuentran los virus y las bacterias son parte de los procariontes.

Los microorganismos también pueden clasificarse según la propiedad que estos tienen o no para producir su propio alimento, estos pueden ser autótrofos y heterótrofos:

Los organismos autotróficos son aquellos que utilizan el dióxido de carbono (CO_2) o como fuente de carbono. Para generar la fijación del CO_2 en la estructura celular. Si la energía requerida la proporciona la luz sintética o el sol, se indica que el organismo es fotosintético. El organismo es autotrófico quimio sintética, si la fijación se efectúa empleando la energía desprendida en una reacción química. Los organismos autotróficos son los productores de la cadena alimenticia ya que 57 proporcionan los carbohidratos, las proteínas y demás nutrientes que requieren los heterotróficos para coexistir.

Los microorganismos heterotróficos Tienen como fuente de carbono moléculas de estructuras orgánicas más complejas, como son los carbohidratos, las proteínas y moléculas

los azúcares. Los organismos heterotróficos no son idóneos de obtener su propia fuente de carbono y requiere de los autotróficos para alimentarse.

2.2.13. Función de los microorganismos

(Beltrán & Campos, 2016) indica que los microorganismos hacen uso de la materia carbonácea disuelta y en suspensión en forma coloidal, para mantenerse en el ambiente en que se encuentran. Al consumir esta materia cuyo principal elemento es el carbono, parte de ella la convierte en tejido celular y la otra parte es emitida al medio ambiente en forma de gas. En su mayor parte los gases producidos, pueden separarse en forma directa del agua, en cuanto al tejido celular formado, se separa de la masa de agua por sedimentación, de esta manera la materia orgánica es removida del agua tratada.

De los cientos de miles de variedades de microorganismos que existen, algunos de ellos son elementales en el proceso de depuración de aguas residuales ya que aprovechan el material orgánico que contamina los cuerpos de agua. Los más elementales son los siguientes:

Bacterias de peculiaridad protista unicelulares. Hacen uso de materia orgánica disuelta como alimento, por lo general son encontradas en cualquier medio en el que exista alimento disponible. La reproducción se da por fisión binaria, aunque ciertas especies se reproducen por germinación o sexualmente. La temperatura juega un rol importante en el medio ambiente en el que se encuentran las bacterias, lo cual es sumamente importante para otras especies microscópicas. De acuerdo al rango de temperatura la bacteria tiene su máximo desarrollo, las bacterias pueden ser clasificada como: termofílicas, mesofílicas y criofílicas. El pH de la solución también es determinante en el crecimiento de las bacterias y su desarrollo. La mayoría de las bacterias pueden resistir ambientes de pH menor a 4.0 y mayor a 9.5,

pero el rango óptimo de pH para que las bacterias comunes cumplan sus funciones es de 6,5 a 7,5. (METCALF & EDDY, Beltrán & Campos, 2016).

Hongos Protistas multicelulares, heterotróficos, no fotosintéticos. Tienen la capacidad de desarrollarse en condiciones de poca humedad y pueden resistir un medio ambiente con bajos valores de pH, aunque su rango óptimo de pH es 5.6. Los requerimientos de nitrógeno son mínimos y son de aproximadamente la mitad de los que necesitan las bacterias comunes. La habilidad para sobrevivir a bajos valores de pH 60 y con cantidades de nitrógeno relativamente limitadas, los hacen sumamente importantes en el tratamiento biológico de aguas de procedencia industrial. (METCALF & EDDY, Beltrán & Campos, 2016).

Algas. Protistas multicelulares o unicelulares, fotosintéticos y autotróficos. En lagunas de oxidación, las algas son importantes debido a que producen oxígeno a través del proceso de fotosíntesis. Cuando no hay disponibilidad de luz para la fotosíntesis, aprovechan el oxígeno disponible para la respiración. Las reacciones bioquímicas simplificadas en los procesos bioquímicos que se dan en la respiración y en la fotosíntesis son las siguientes: Fotosíntesis $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Luz solar}} (\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Nuevas células Respiración $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ En el ambiente acuático y como resultado de las reacciones anteriores, este proceso metabólico origina variación diurna y nocturna del oxígeno disuelto. Debido a que las algas hacen uso del dióxido de carbono en la actividad fotosintética, lo cual es posible que el agua alcance valores altos de pH. Si alcanzan valores altos de pH, la alcalinidad tiende a ser alcalinidad de carbonatos e hidróxidos. Las algas requieren de compuestos inorgánicos para su reproducción. Los principales elementos requeridos son fósforo y nitrógeno. Otros micronutrientes también son esenciales; entre estos se encuentran: molibdeno, cobre y hierro. En lagunas y lagos naturales, el desarrollo excesivo de las algas es indeseable, por lo que uno de los procesos desarrollados de tratamiento de aguas

residuales, es la eliminación del fósforo o nitrógeno, o ambos en forma conjunta, para evitar la propagación de este material. (METCALF & EDDY, Beltrán & Campos, 2016).

Protozoarios Protistas microscópicos que por lo normal son unicelulares y además poseen movilidad propia, lo cual efectúan generalmente por medio de una cola o flagelo. La mayoría de los protozoarios son de característica aeróbicos heterotróficos, aunque algunos de ellos son anaeróbicos. Los protozoarios son de mayor tamaño que las bacterias y asimilan estas como fuente de energía. De hecho, los protozoarios consumen en los efluentes finales de las aguas tratadas, las bacterias que se puedan encontrar en dicho efluente y la materia orgánica residual.

Rotíferos Los rotíferos son animales heterotróficos, multicelulares, aeróbicos. Su nombre es originado del hecho que tienen dos juegos de antenas rotatorias, las cuales comunican movimiento para capturar su alimento y giran. Los rotíferos son muy eficientes consumiendo bacterias floculadas y dispersas, así como partículas de material orgánico pequeñas. La presencia de rotíferos en el agua depurada indica la falta de eficiencia en el proceso aeróbico de purificación.

2.2.14. Valorización de los servicios de los humedales

En todo el mundo existen ecosistemas con distintas condiciones, especies con funciones diferentes, como la evolución, conversión de la energía, ciclo biogeoquímico, este valor ecológico es expresado de acuerdo a ciertos indicadores como la resiliencia, la rareza, integridad del ecosistema, capacidad de renovación, diversidad (De Groot, Stuij, Finlayson, & Davidson, 2007).

Tabla 1*Servicios Ecosistémicos de los Humedales (World Resources Institute, 2005).*

| SERVICIO | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| De aprovechamiento | |
| <i>Alimento</i> | Producción de pescado, caza, frutas y granos |
| <i>Agua Dulce</i> | Almacenamiento y retención de agua para uso doméstico, agrícola e industrial |
| <i>Fibra y combustible</i> | Producción de troncos, leña, turba, forraje |
| <i>Materiales genéticos</i> | Genes para la asistencia a patógenos de plantas, especies ornamentales, etc. |
| De regulación | |
| <i>Clima</i> | Fuente y sumidero de gases de efecto de invernadero; en los niveles local y regional influye sobre la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos |
| <i>Agua</i> | Recarga y descarga de agua subterránea |
| <i>Purificación del agua y tratamiento de residuos</i> | Recuperación, retención y eliminación del exceso de nutrientes y otros contaminantes |
| <i>Erosión</i> | Retención de suelos y sedimentos |
| <i>Desastres naturales</i> | Protección contra las tormentas, control de inundaciones, |
| <i>Polinización</i> | Hábitat para polinizadores |
| Culturales | |
| <i>Recreativos</i> | Oportunidades para actividades recreativas |
| <i>Estéticos</i> | Belleza y valores estéticos en los aspectos ecológicos |
| <i>Educativos</i> | Oportunidades para la educación formal, no formal y para capacitación |
| De apoyo | |
| <i>Formación de suelos</i> | Acumulación de materia orgánica y Retención de sedimentos |
| <i>Ciclo de nutrientes</i> | Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes. |

Fuente: Mooney et al., 2005

2.2.15. Parámetros en aguas

Los parámetros a evaluar en el presente estudio, se pueden clasificar en físicos, químicos y microbiológicos:

Parámetros físico-químicos

Son medidas que dan información extensa de la naturaleza de las especies en cuanto a sus propiedades físicas químicas del agua, sin contribuir información de su influencia en la

vida acuática. La ventaja de los métodos fisicoquímicos se basa en que sus análisis suelen ser rápidos y pueden ser monitoreados frecuentemente. Los métodos biológicos contribuyen esta información pero no señalan nada sobre los contaminantes responsables o el contaminante, por lo que diferentes investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Tamani Aguirre, 2014).

Parámetros físicos

Dan una información amplia de la naturaleza y las especies en cuanto a sus propiedades físicas

Color: La coloración del agua alcanza estar condicionada por la presencia de iones metálicos naturales (magnesio y hierro), de turbas y humus, plancton, residuos industriales (color aparente) y restos vegetales. Este parámetro se divide en color aparente y color verdadero; el color verdadero es el color del agua cuando ya se ha eliminado la turbidez por medio de un pretratamiento como filtración, centrifugado o dilución (Delgado, 2016).

pH: Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina (Loayza & Cano, 2015).

Temperatura: La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, el déficit de oxígeno como, el pH , la conductividad eléctrica y otros indicadores fisicoquímicos (Delgado, 2016).

Turbiedad: La turbiedad del agua es una expresión de la difracción óptica causada por partículas que forma una dispersión de la luz causadas por materias en suspensión (solidos). Uno de los métodos para determinar la turbiedad es el método nefelométrico (Delgado, 2016).

Parámetros químicos

Fósforo Total: El fósforo total en el agua sirve como indicador de la calidad del agua y generalmente sirve para ver el estado trófico en lagos o lagunas. El fósforo es el factor que determina el desarrollo de la eutrofización (Diaz, Sotomayor, Palomino, & Tuya, 2013). Los fósforos se añaden a algunos suministros para ser utilizados, es el caso del ortofosfato que es aplicado a los fertilizantes que son arrastrados por la lluvia (Franson, 1992b). el fósforo sirve como nutriente para el exceso crecimiento de las algas que es el principal efecto dañino, ya que, cuando mueren se vuelve material orgánico que demanda oxígeno, este mata a la masa biótica es caso de los peces (Saavedra, 2016).

Nitrógeno Total: El nitrógeno es un nutriente que juega numerosos roles en la bioquímica de las plantas ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se los clasifica como macronutrientes. El nitrógeno es uno de los nutrientes más limitantes en la producción de cultivos en la mayoría de los agroecosistemas. En consecuencia; una deficiencia de nitrógeno en las plantas influye profundamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas en los diferentes cultivos (Yánac, 2018).

El nitrógeno de mayor interés en aguas naturales y residuales, por orden decreciente de su estado de oxidación son el nitrato, nitrito, amoníaco y nitrógeno orgánico. El nitrógeno orgánico funcionalmente como nitrógeno ligado orgánicamente; analíticamente el amoníaco y el nitrógeno orgánico, se pueden determinar juntos (nitrógeno kjeldahl). El nitrógeno orgánico incluye productos naturales, como ácidos nucleicos péptidos y las proteínas.

La exposición a cantidades excesivas contribuye a una enfermedad infantil denominada metahemoglobinemia (Franson, 1992b).

2.2.16. Reactores

(Muñoz, 2010) señala que son medios u dispositivos en el que ocurren cambios en la composición, debido a la reacción química. Lo ideal para la ingeniería de reactores es ejecutar el diseño más adecuado, con metodologías independientes de acuerdo a la capacidad; los reactores pueden clasificarse en:

Reactor Tipo Batch: De características simples con un agitador que homogeniza la mezcla, no cuenta con flujo de entrada ni salida. Posee ventajas como recipiente individual que desarrolla secuencias de diversas operaciones sin la necesidad de romper la contención. Son poco prácticos para tratar volúmenes de aguas residuales considerables.

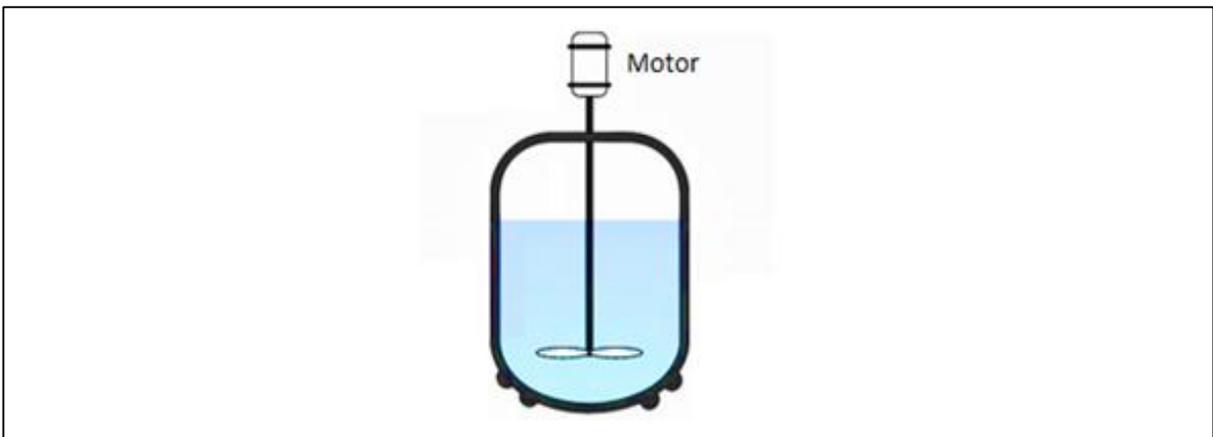


Figura 1. Reactor tipo Batch.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Reactor de mezcla completa: Tanque proporcionado de un mecanismo de agitación que garantiza un mezclado uniforme; de acuerdo a los flujos de entrada y salida desarrolla una mezcla continua y permanente, produciéndose una concentración "masa/volumen" en el interior del reactor que es igual a la concentración de salida. Para un reactor de mezcla completa, la ecuación de balance de masa se plantea de manera diferente pues existe un flujo completo estable (por tanto, se supone que la tasa de materia acumulada es cero) y una velocidad de reacción de la materia orgánica. Generalmente se operan en condiciones

estables (cuando no hay variación con respecto al tiempo), así que el término de acumulación se puede hacer cero.

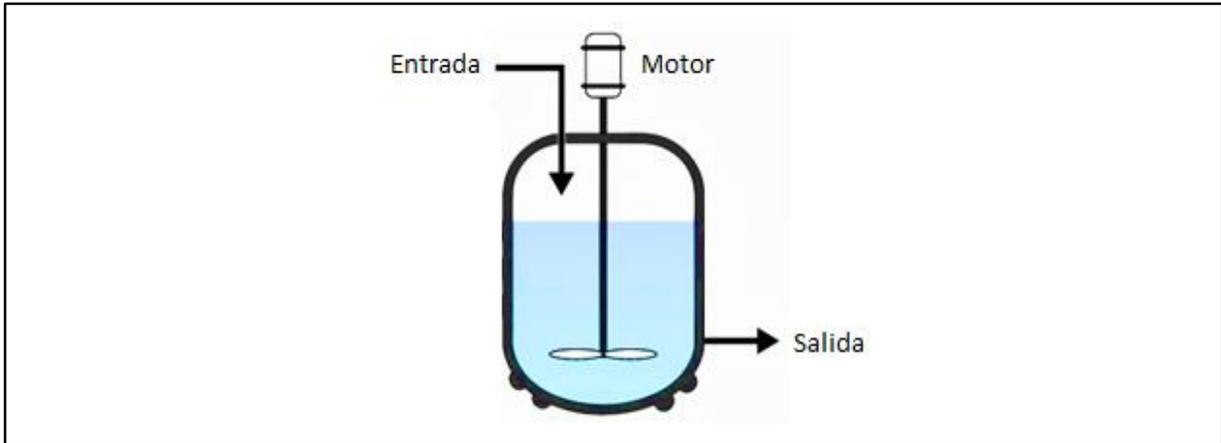


Figura 2. Reactor tipo mezcla completa.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Reactores de Flujo Continuo: De característica tubular, son usados para flujos continuos, con reactivos fluyendo y eliminando los productos. Este reactor puede ser de flujo ascendente o descendente. Los reactores tubulares se les puede enchaquetar para calentarlos o pueden tener sola una pared o enfriarlos con un fluido circulante de transferencia de calor. Los hornos externos pueden ser rígidos, calefactores de tubos o mantillas flexibles.

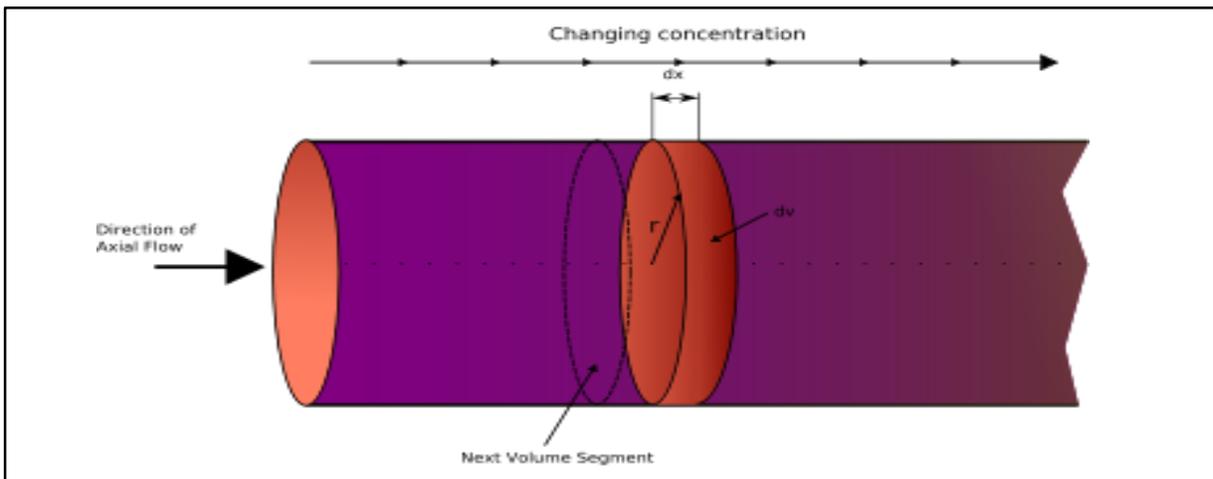


Figura 3 Reactor de flujo continuo (tubular).

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.3. Métodos de evaluación

2.3.1. Análisis de nitrógeno total

Método macro-Kjeldahl: En presencia de H_2SO_4 , sulfato potásico (K_2SO_4) y sulfato mercúrico ($HgSO_4$) catalizador, el nitrógeno amino de muchos materiales orgánicos se transforma en sulfato de amonio " $(NH_4)_2SO_4$ ". El amoníaco libre y nitrógeno-amonio también se convierte en $(NH_4)_2SO_4$. Durante la digestión de la muestra se forma un complejo de mercurio amonio que luego se descompone por el tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$). Tras la descomposición el amoníaco se destila desde un medio alcalino y se absorbe en ácido bórico o sulfúrico. El amoníaco se determina colorimétricamente o por titulación con ácido mineral patrón (Franson, 1992b).

2.3.2. Análisis de Fosfatos

Método de digestión: El método de digestión para determinar fósforo total debe ser capaz de oxidar la materia orgánica efectivamente para liberar el fósforo como ortofosfato, por lo que encontramos tres métodos de digestión entre ellos el método del ácido perclórico, el más lento y drástico, se recomienda solo para muestras especialmente difíciles como los sedimentos; método de ácido nítrico-ácido sulfúrico se recomienda para la mayoría de las muestras; técnica de oxidación con persulfato (Franson, 1992b).

Método calorimétrico: Se tienen en cuenta tres métodos para determinación de ortofosfato entre ellas el método de ácido vanadomolibdofosfórico para análisis de rango de 1 a 20 mg P/l; método de ácido ascórbico o cloruro estannoso, para rangos de 0,001 a 6 mg P/l (Franson, 1992b).

2.3.3. Recuento microbiano

(Tomás, 2015a), menciona que los recuentos microbianos son técnicas de siembra en un medio de cultivo, las mismas que se llevan a cabo a partir de una muestra; con propósitos

cualitativos o cuantitativos. El recuento en microbiología refiere a la enumeración del número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC), o células microbianas viables presentes en una unidad de volumen o peso de la muestra. Los métodos más empleados son:

Recuento en placa:

Determina el número de células o agregados celulares que puedan formar colonias en las placas de agar. La población final de los microorganismos enumerados por este método se expresa en términos de unidades formadoras de colonias por unidad de volumen o peso (UFC/ml o UFC/g).

Siembra en superficie: Se caracterizan porque durante la incubación las colonias crecen en la superficie del agar; se aplica para realizar el método horizontal para microorganismos capaces de crecer y formar colonias en un medio sólido en un proceso de incubación de 30 ° C. La siembra en superficie es diluir sobre la superficie del agar para lograr realizar recuento de UFC (unidades formadoras de colonias)

Siembra en masa o en profundidad: Se caracterizan por que durante la incubación las colonias crecen en el interior de la masa del agar; también es aplicable en el método horizontal para productos alimentarios, muestras ambientales, como en la siembra en superficie. La siembra es mezclada del inóculo con el agar para lograr realizar el recuento de UFC.

Recuento en tubos:

Todos los tubos considerados positivos en cada serie se utilizan para el cálculo del NMP. Los resultados de los tubos positivos para cada serie se llevan a la tabla de NMP para conocer la interpretación de los resultados, en base a una distribución de tipo Poisson representado como NMP de microorganismos por g o ml.

Tabla 2

Número más probable por g/ml utilizando tres series de tubos.

| Tubos confirmados en cada dilución | | | NMP de gérmenes por g o ml |
|------------------------------------|----|----|----------------------------|
| 10 | 10 | 10 | |
| 0 | 1 | 0 | 3 |
| 1 | 0 | 0 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 7 |
| 1 | 1 | 0 | 7 |
| 1 | 2 | 0 | 11 |
| 2 | 0 | 0 | 9 |
| 0 | 0 | 1 | 14 |
| 2 | 1 | 0 | 15 |
| 2 | 1 | 1 | 20 |
| 2 | 2 | 0 | 21 |
| 3 | 0 | 0 | 23 |
| 3 | 0 | 1 | 40 |
| 3 | 1 | 0 | 40 |
| 3 | 1 | 1 | 70 |
| 3 | 2 | 0 | 90 |
| 3 | 2 | 1 | 150 |
| 3 | 2 | 2 | 210 |
| 3 | 3 | 0 | 200 |
| 3 | 3 | 1 | 500 |
| 3 | 3 | 2 | 1100 |
| 3 | 3 | 3 | >2400 |

Fuente: (Tomás, 2015b)

Recuento en lámina

(Nore & Poveda, 2008) indica que son pruebas con medios listos para usar, diseñadas para la detección cuantitativa de microorganismos en alimentos y ambientes, en la que consiste de una película deshidratada de medio selectivos o generales en las cuales se depositan 1 ml de muestra, la cual rehidrata el medio, posee una cubierta transparente que evita la contaminación indeseada. Por lo general está diseñado para el recuento de Hongos, levadoras, *Staphylococcus aureus*, Enterobacterias, Coliformes totales, Mesófilos Aerobios, *E. coli*.

2.4. Marco Legal

2.4.1. Constitución Política del Perú de 1993

Artículo 66

En la Constitución Política del Perú (1993), la Carta Magna en el artículo 66 establece que: “Los Recursos Naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, el Estado es soberano en su aprovechamiento”. Es por esto que no pueden ser de propiedad privada y exclusiva de los particulares. Pero su uso y aprovechamiento pueden ser utilizados según lo establecido por legislación vigente, mediante la concesión, permiso o licencia.

Artículo 2 inciso 22

El inciso 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Estado señala que es deber primordial del mismo garantizar el derecho a toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; siendo esto un derecho de todos.

2.4.2. Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente

Según la Ley N° 28611, (2005) establece en sus artículos 66, 90 y 120 indican que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del estado a través de la Autoridad de Salud y de las personas jurídicas y naturales contribuir a una gestión del ambiente. Por otra parte, en el artículo 90 el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de gestión integradas. En el artículo 120 de la protección de la calidad de las aguas el estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización considerando la obtención de la calidad necesaria para reúso.

2.4.3. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos

Según la Ley 29338 aprobado por Decreto Supremo N° 001 – 2010 - AG. (Autoridad Nacional del Agua, 2010): En el artículo 76 la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en cauces naturales o artificiales, controla, supervisa. Fiscaliza el cumplimiento de calidad ambiental sobre la base de los ECAs para el agua. Ley que modifica la Ley N° 29338, ley de Recursos Hídricos.

2.4.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Según el Ministerio del Ambiente (2017), modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, se estableció la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, la cual se divide en dos sub categorías clasificadas del siguiente modo: Subcategoría D1: Riego de vegetales: Son aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, que dependen de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos: Agua para riego no restringido: Son aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios; de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

Agua para riego restringido en este caso son aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos; de tallo alto; cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados; cultivos industriales no comestibles y cultivos forestales, forrajes, pastos o similares. Subcategoría D2: Bebida de animales: Aquellas aguas que son utilizadas para bebida de animales mayores y para animales menores.

2.4.5. Decreto Supremo N° 005-2013-PCM

Comisión Multisectorial de Naturaleza Permanente denominada “Comité Nacional de Humedales”, tiene como objeto promover la gestión adecuada de los humedales a nivel nacional, así como el seguimiento a la implementación de los compromisos derivados de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – Convención RAMSAR (PCM, 2013).

2.4.6. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático

Establece un objetivo último: lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas (causadas por el ser humano) peligrosas en el sistema climático. Además, indica que ese nivel debe lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (Naciones Unidas, 1992).

2.4.7. Protocolo de Kyoto

De la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Es un acuerdo internacional, donde países industrializados se comprometieron a ejecutar medidas para reducir las emisiones de 6 gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) (Naciones Unidas, 1998).

2.4.8. Convenio de Estocolmo

Es un tratado mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Los COP son productos químicos que permanecen intactos en el medio ambiente por largos períodos de tiempo, son ampliamente distribuidos geográficamente, se acumulan en los tejidos grasos de los organismos vivos y son tóxicos para los seres humanos y la vida silvestre.

Tiene como objetivo reducir o eliminar las emisiones de 12 contaminantes orgánicos persistentes, llamada "Docena Sucia". Establece un sistema para hacer frente a otros productos químicos inaceptablemente identificados como peligrosos. Asimismo, canaliza los recursos para la limpieza de los vertederos y las existencias de contaminantes orgánicos persistentes que dañan el paisaje mundial. En última instancia, el Convenio señala el camino a un futuro libre de contaminantes orgánicos persistentes peligrosos y promete reconfigurar nuestra dependencia económica de las sustancias químicas tóxicas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2009)

2.4.9. Convenio de Rotterdam

El Convenio de Rotterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos industriales peligrosos, su objetivo es promover la responsabilidad compartida entre países exportadores e importadores en la protección de la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de ciertas sustancias químicas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2004)

2.4.10. Convenio sobre la Diversidad Biológica

Es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La conservación de la diversidad biológica es interés común de toda la humanidad. El Convenio sobre la Diversidad Biológica cubre la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2011).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

A nivel nacional el Perú cuenta con 27758 lagunas identificadas, la región San Martín se encuentran identificadas 280 lagunas de las cuales tanto en Morales como Tarapoto se encuentra identificado la Laguna Ricuricocha

La laguna Ricuricocha está ubicada en el centro poblado Santa Rosa de Cumbaza sector Mayopampa, en los límites de los distritos de Morales, Departamento y Provincia de San Martín, muy cerca de la ciudad de Tarapoto, forma una extensa laguna de 90 hectáreas, de hasta 4 metros de profundidad. En el 2003 sale la primera lista de aves que habitan en la laguna cuando Henry Gonzales realiza un monitoreo, ya en 2015 aumenta el interés por encontrar nuevas especies. Para llegar a la Laguna Ricuricocha desde el Km 6.9 de la Vía de evitamiento de la ciudad de Tarapoto, se toma el desvío y se continúa 2.5 Km más. Desde Tarapoto puede tomar una moto taxi o moto lineal.

La laguna cuenta con un perímetro de 7,000.16 metros, con un espejo de agua de 727,172.00 m², sus coordenadas geográficas Longitud Este 344766 m, Latitud Norte 9277238 m.

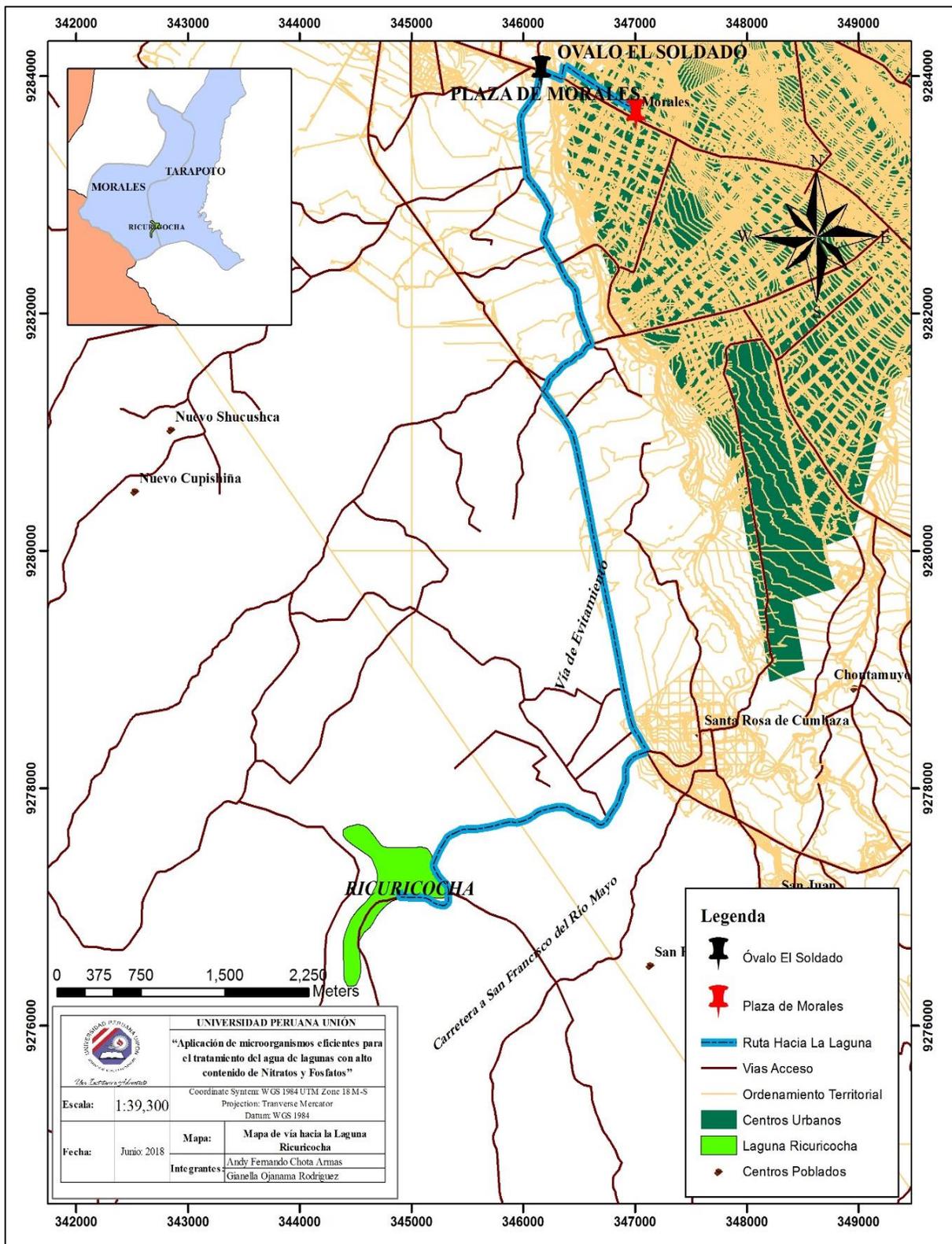


Figura 4. Ruta de accesibilidad del Distrito de Morales a la Laguna Ricuricocha.
 Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.1. Localización de la zona de estudio

El distrito de Morales es uno de los catorce distritos que conforman la provincia de San Martín en el departamento de San Martín, bajo la administración del Gobierno Regional de San Martín. Su capital es la localidad de Morales ubicado a 283 msnm. El clima del distrito es cálido durante todo el año, con una temperatura que oscila entre los 22 a 34 grados centígrados, condición mayormente despejada con viento de 5 Km/h. Se encuentra en la Latitud -6.51944 y Longitud -76.4014. Presenta una superficie de 43,91 km² y el distrito cuenta con 34 centros poblados.

El distrito limita con:

- **Norte:** con el distrito de Cacatachi.
- **Sur:** con el distrito de Juan Guerra
- **Este:** con el distrito de Tarapoto.
- **Oeste:** con el distrito de Cacatachi y la provincia de Lamas.
- **Suroeste:** con el distrito de Cuñumbuqui.

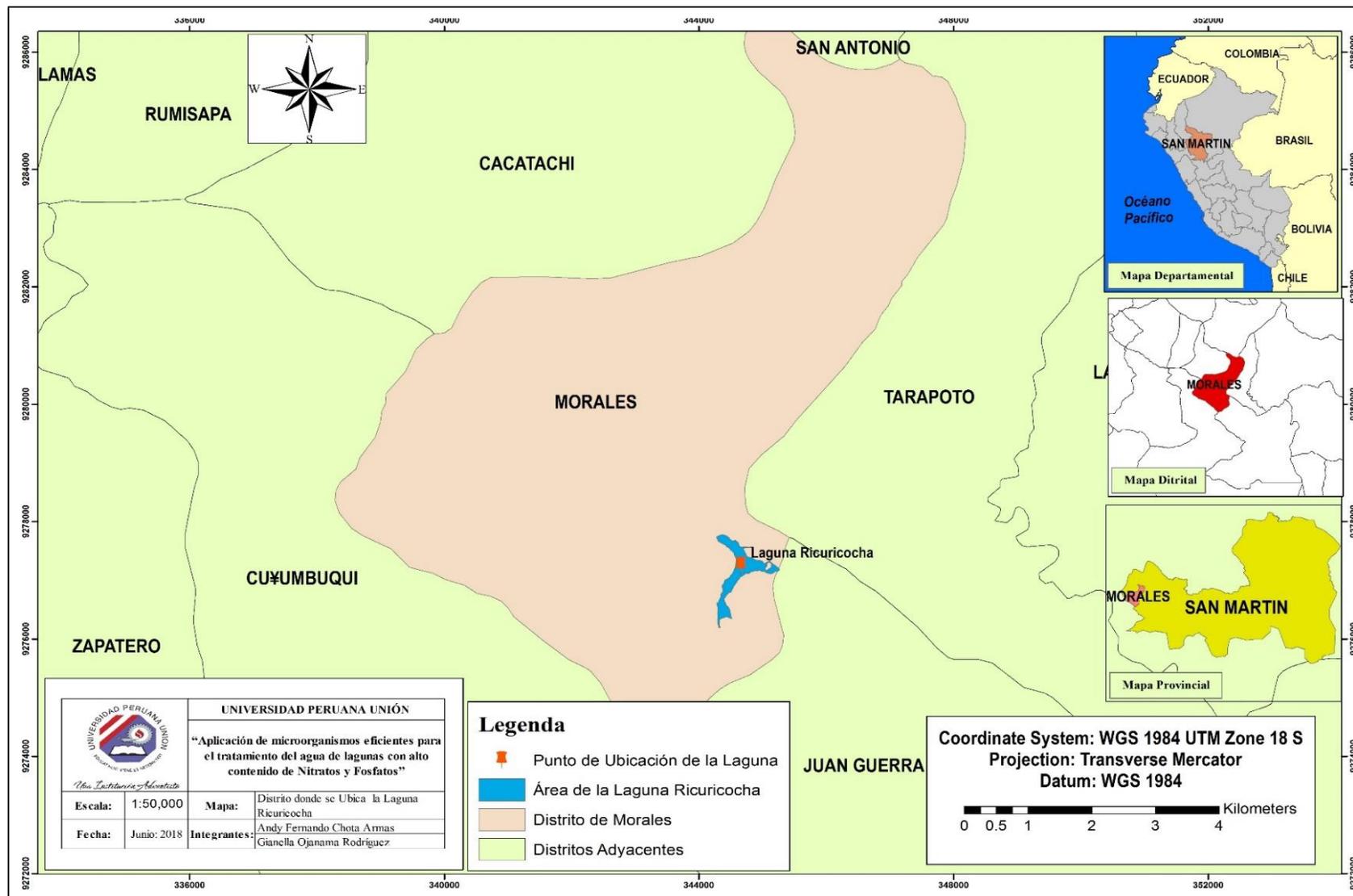


Figura 5: Mapa de ubicación geográfica de la laguna Ricuricocha (Distrito: Morales – Provincia y Región San Martín).
 Fuente: Elaboración propia, 2018.

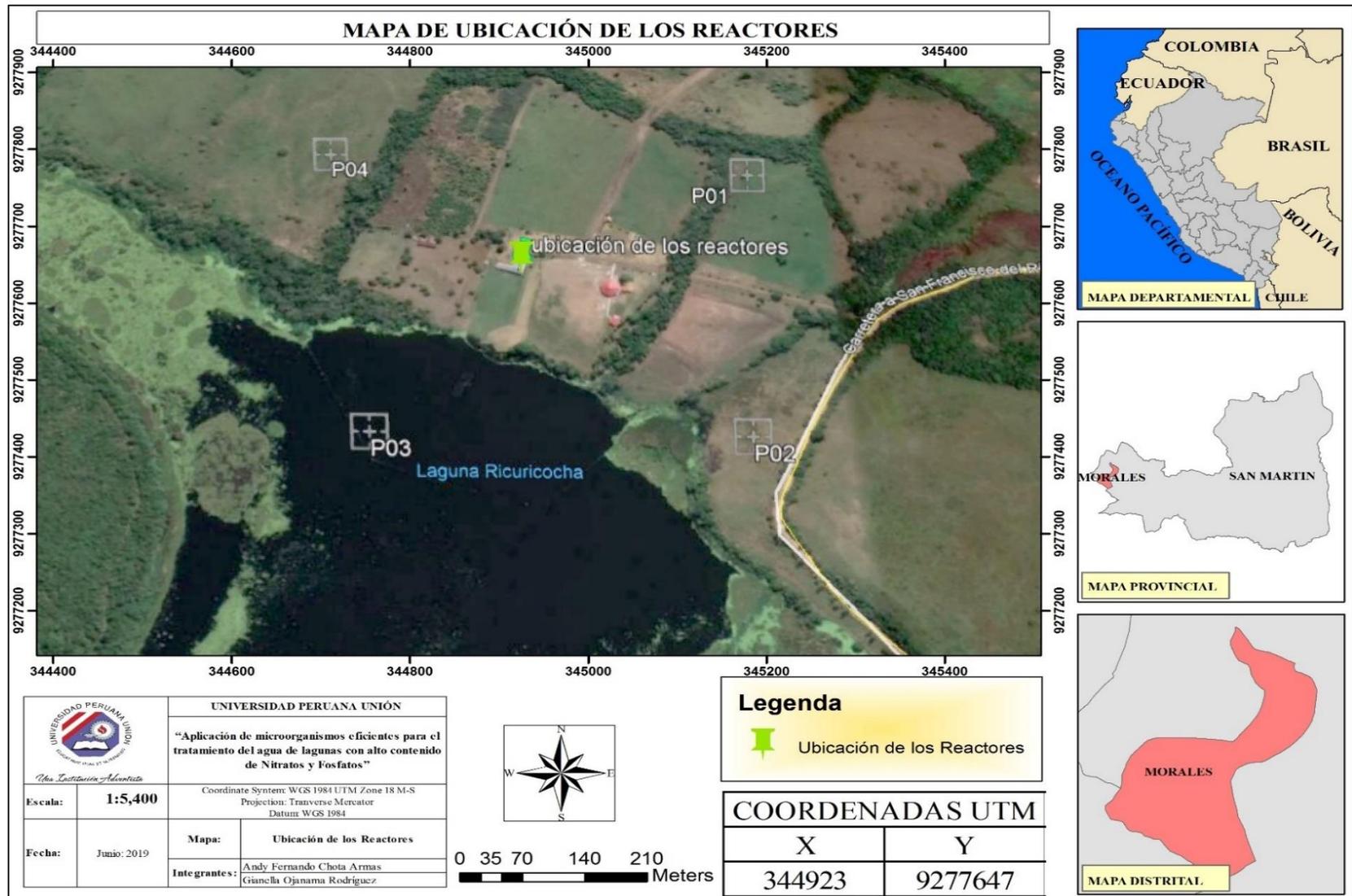


Figura 6: Mapa de ubicación del lugar de ejecución – Laguna Ricuricocha - Distrito de Morales – Provincia y Región San Martín. Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2. Población, muestra y muestreo

3.2.1. Población

La población del presente proyecto de investigación estará representada por la cantidad de agua en la laguna Ricuricocha ubicadas en el Distrito de Morales en la Provincia y Región San Martín.

3.2.2. Muestra

Se tomarán muestras en puntos estratégicos donde hay actividad antropogénica y puntos de abastecimiento según lo establecido en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016) para aguas lentas como lagos y lagunas. Además, se indica que el investigador tiene la facultad de elegir cuantos puntos de monitoreo se deberá realizar (según el inventario de las fuentes antropogénicas indica que la mencionada laguna presenta quince efluentes y cinco puntos de abastecimiento, lo que correspondería a un número de diez puntos de muestreo de los cuales se procederá a muestrear dos litros por punto y obtener una muestra integrada con un volumen total de 20 litros).

3.2.3. Muestreo

El muestreo en la presente investigación corresponde a una muestra integrada, la misma que será seleccionada en función de la accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador según la identificación de los puntos de contaminación que pueda existir en la laguna.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2016), indica que para ensayos o evaluaciones, el muestreo, selección y recojo de las muestras se realizará de manera similar a la que se colecta para estudiar y determinar las características del agua, es un procedimiento definido

por medio del cual se toma una parte a fin de proporcionar un ensayo de una muestra representativa del conjunto.

Tipos de muestreo

La toma de las muestras de agua para el respectivo ensayo y evaluación se deberá realizar en puntos estratégicos y a profundidad ya establecida de acuerdo al instrumento de gestión ambiental y de acuerdo a lo que se estable en las disposiciones que se mencionan en el protocolo de la (ANA, 2016). El **muestreo integrado** estará constituido por **muestras simples y compuesta** de cada punto de monitoreo, tal como se indica a continuación.

- **Muestra simple o puntual:** Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado (puntos de desembocadura de los afluentes de los puntos de abastecimiento) para el ensayo y análisis. Las muestras simples representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizará su recolección. El volumen de cada muestra simple se realizará en un recipiente de 2 L de capacidad (5 puntos de efluentes y 5 de abastecimiento) que suman un total de 10 puntos de monitoreo.
- **Muestra integrada:** Consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos (10 puntos de monitoreo), con la finalidad de conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua, en cada punto establecido según las fuentes de contaminación antropogénica y los puntos de abastecimiento, se realizará muestreos integrados de profundidad, que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua para cada punto de monitoreo que conformaran una muestra homogénea de 20 L.

3.3. Diseño de investigación

El presente trabajo corresponde a una **investigación experimental o diseño experimental puro**; teniendo en cuenta que las investigaciones experimentales se refieren a un proceso que consiste en someter a un grupo u objeto de individuos, a determinados estímulos, condiciones o tratamiento (variable independiente), para observar las reacciones o efectos que se producen (variable dependiente).

A diferencia de los diseños experimentales convencionales, los cuasi-experimentales, el diseño experimental puro se caracteriza porque en él se controlan los factores que lograrán alterar el proceso. Este modelo cumple con dos requisitos fundamentales como el empleo de grupos de equivalencia y comparación de los grupos mediante la asignación aleatoria. Además, debe estar sujeto a los criterios:

Validez interna: consiste en garantizar que los efectos o resultados son producto de la variable independiente o tratamiento y no de otros factores o variables intervinientes que deben ser controladas.

Validez externa: se refiere a la posibilidad de extender o generalizar los resultados a otros casos y en otras condiciones.

Un modelo clásico experimental es el diseño pretest-postest con dos grupos equivalentes, asignados de forma al azar o aleatoria, el cual se presenta en la tabla 3.

Tabla 3
Representación esquemática del diseño experimental puro.

| Grupo experimental (Asignado al azar) | Pretest | Tratamiento | Postest |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Ge A | O ₁ | X | O ₂ |
| Gc A | O ₁ | --- | O ₂ |

Fuente: Modificado a partir de (Arias, 2006).

Ge: grupo experimental.
Gc: grupo control intacto.

3.4. Formulación de la hipótesis

H₀: La aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) permitirá una remoción significativa de la concentración de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha.

H₁: La aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) no permitirá una remoción significativa de la concentración de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha.

3.5. Identificación de variables

Las variables identificadas en la presente investigación son:

3.5.1. Variables independientes

Eficiencia de los Microorganismos Eficientes (EM).

3.5.2. Variables dependientes

Concentración de nitrógeno total.

Concentración de fósforo total.

3.6. Instrumentos de recolección de datos

- pH – metro.
- Multiparámetros.
- Formato de campo.
- Cadenas de custodia.
- Formatos virtuales para procesar los resultados de laboratorio.

3.7. Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos

3.7.1. Técnicas de recolección

La técnica utilizada para la recolección de datos en la presente investigación es básicamente la observación; así, se considera los siguientes instrumentos:

- Revisión bibliográfica a partir de fuentes confiables.
- Cadena de custodia.
- Formatos de recolección de datos de laboratorio.
- Uso del software ArcGIS para georreferenciar los puntos de la toma de muestras.
- Observación directa de la zona de estudio.

3.7.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

En la presente investigación se tomarán varios criterios de validez de los instrumentos a utilizar, entre ellos se incluye la ficha técnica del GPS, el duplicado de las muestras a ser analizados en la evaluación de los parámetros químicos, el uso de blancos en el sistema de evaluación al aplicar EM.

3.8. Equipos y Materiales

Tabla 4

Equipos y materiales para la investigación.

| Logística | Muestreo | Limpieza | EPPs | Equipos |
|--|--|----------------|-----------------------------------|--------------------|
| Mapa de localización de las estaciones | Cooler portátil | Agua destilada | Guantes de descartables | GPS |
| Mapa hidrográfico | Envase para toma de muestra de (3 Unid.) de 1000 y (9 Unid.) de 500 mL | Alcohol 96° | Zapatos de seguridad | Reactor de 20 L |
| Cuadernillo de apuntes | Envase para transporte de la muestra de 20 L | Algodón | Vestimenta de seguridad y chaleco | Laptop |
| Laptop | Guantes descartables | | Mascarilla | Multiparamétrico |
| Marcadores de tinta indeleble, lapicero, lápiz | Mascarillas | | Capa impermeable | Cámara fotográfica |
| Cinta adhesiva | Agua destilada | | Guardapolvo | Autoclave |
| Formato de campos | Refrigerantes | | | |
| Cadenas de Custodia | Marcador indeleble | | | |
| Tablero de apuntes | Tablero de apuntes | | | |
| Marcador indeleble | | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.9. Metodología de la investigación

La presente investigación se realizará en tres etapas, las mismas que se describen a continuación:

3.9.1. Etapa I: Etapa de gabinete

Recopilación de la información bibliográfica

- En esta etapa se recopilará información bibliográfica confiable a partir de libros, revistas, artículos, normativas, protocolos y otros.

- La información recopilada será sistematizada para facilitar su revisión en el momento que sea requerida.

Establecimiento de los puntos de muestreo

El establecimiento de los puntos de muestreo se establece según el mapa hidrográfico de la cuenca hidrográfica donde se ubique la fuente de la cual se muestreará. La recopilación e integración de información se realizará a través de la herramienta informáticas como es el ArcGIS.

Cuenca e intercuena: Para el caso de una cuenca hidrográfica e intercuena, el mapa debe contar con la delimitación de las unidades hidrográficas, ríos, lagos y lagunas, ubicación de infraestructura hidráulica (bocatomas, túneles, embalses), centros poblados y zonas urbanas, red vial, áreas naturales protegidas, pasivos mineros y/o hidrocarburíferos, vertimientos autorizados, captaciones de agua para uso poblacional, fuentes contaminantes puntuales y difusas provenientes de las actividades mineras, industriales, acuícola, agrícola, ganadera, etc. y toda información concerniente al área de evaluación. La ubicación de los puntos de monitoreo incluyó los siguientes aspectos:

- Los puntos de muestreo deberían estar por debajo de las fuentes contaminante puntuales y/o difusas en la desembocadura.
- En el caso de lagunas densamente contaminadas con varios tributarios de impacto es necesario la priorización de los de mayor caudal para establecer puntos representativos.

Se debe precisar que el muestreo debe iniciarse desde los puntos donde se sospecha una menor carga de contaminación de los tributarios.

Ubicación de puntos de muestreo: El muestreo se realizará en 10 puntos donde desembocan los tributarios de la laguna Ricuricocha o presenta impacto significativo por actividad antrópica. La ubicación geográfica de cada uno de los puntos de muestreo según sus coordenadas WGS 84 UTM Zona 18 S se indican a continuación:

Tabla 5

Ubicación de puntos de monitoreo en la laguna Ricuricocha, Distrito de Morales, Provincia y Región San Martín.

| N° | Altitud | Coordenadas – Puntos de monitoreo | |
|----|---------|-----------------------------------|----------------|
| | | Este | Norte |
| 01 | 274 | 344875.29 m E | 9277519.99 m S |
| 02 | 274 | 345246.13 m E | 9277170.55 m S |
| 03 | 274 | 344881.47 m E | 9277177.52 m S |
| 04 | 274 | 344478.59 m E | 9276461.32 m S |
| 05 | 274 | 344485.55 m E | 9276365.17 m S |
| 06 | 274 | 344391.58 m E | 9276378.37 m S |
| 07 | 274 | 344308.61 m E | 9276335.24 m S |
| 08 | 274 | 344382.67 m E | 9276817.67 m S |
| 09 | 274 | 344172.44 m E | 9277734.57 m S |
| 10 | 274 | 344114.95 m E | 9277862.19 m S |

Fuente: Elaboración propia 2018.

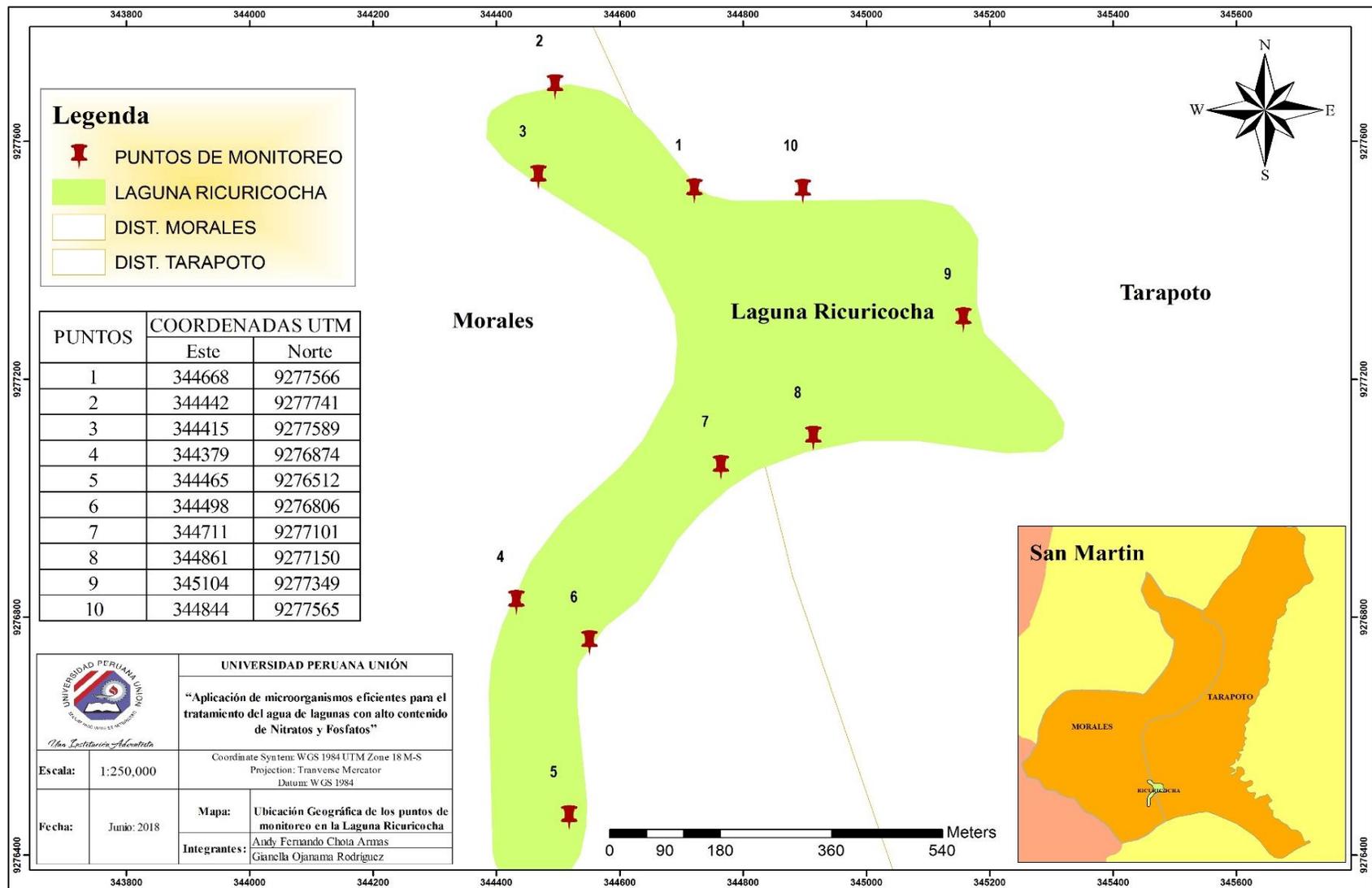


Figura 7: Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la laguna Ricuricocha - Distrito de Morales, Provincia y Región San Martín.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. Planificación del monitoreo

La planificación se realizará en gabinete con el objetivo de diseñar el trabajo de monitoreo que incluye el ámbito de evaluación, según los puntos de muestreo y que permita determinar las vías de acceso mediante el empleo de herramientas informáticas. Debe indicarse que además de la muestra para el ensayo de laboratorio, se tomara muestra para la evaluación de los parámetros de interés (nitrógeno total y fósforo total) además de la medición de parámetros básicos de campo (in-situ), donde es importante tener el cuidado de los equipos, reactivos, materiales, formatos de campo, logística a utilizar para el traslado del equipo de trabajo y análisis.

b. Preparación de materiales y equipos

Para ejecutar el muestreo de manera efectiva, se deberán preparar con anticipación los materiales, equipos, reactivos, formatos y otros.

3.9.2. Etapa II: Etapa de campo

Monitoreo

- Reconocimiento del entorno.
- Georreferenciación del punto de monitoreo.
- Medición de los parámetros de campo.
- Rotulado y etiquetado.
- Toma de muestra:

Muestra 1 (M1): Análisis de nitrógeno total y fósforo total en laboratorio acreditado.

Muestra 2 (M2): Ensayo de laboratorio (Aplicación del consorcio EM).

- Preservación (M1).
- Llenado de la cadena de custodia.

- Transporte de las muestras.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados.

El muestreo se realizará teniendo en cuenta el muestreo simple, el mismo que consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado (puntos de desembocadura de los afluentes de los puntos de abastecimiento) para el ensayo y análisis. Las muestras simples representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizará su recolección. El volumen de cada muestra simple se realizará en un recipiente de 2 L de capacidad (5 puntos de efluentes y 5 de abastecimiento) que suman un total de 10 puntos de monitoreo.

Así mismo se procederá a obtener una muestra integrada, la misma que consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos (10 puntos de monitoreo), con la finalidad de conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua, en cada punto establecido según las fuentes de contaminación antropogénica y los puntos de abastecimiento, se realizará muestreos integrados de profundidad, que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua para cada punto de monitoreo que conformaran una muestra homogénea de 20 L.

Post-monitoreo

- Procesamiento y revisión de datos de los análisis
- El tiempo máximo de almacenamiento se recomienda no sea mayor a las 4 horas antes de ser procesadas para el ensayo en el laboratorio. Los análisis de las muestras iniciales y post el ensayo como nitrógeno y fósforo total se deberán realizar por un laboratorio acreditado, según lo indica el (ANA, 2016)
- Los análisis de las muestras deben ser realizados por un laboratorio acreditado por el INACAL.

Rotulado y etiquetado

Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los siguientes datos:

- Nombre del solicitante.
- Código del punto de muestreo.
- Fecha y hora de muestreo.
- Nombre del responsable de la toma de muestra.
- Tipo de análisis requerido.
- Preservación y tipo de reactivo (si lo requiere).

Se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad. El etiquetado deberá ser realizado antes de la toma de muestras.

Toma de Muestras

Este procedimiento se realiza para lagos o lagunas poco profundas, utilizando un brazo muestreador.

Procedimiento:

- El personal responsable deberá colocarse botas de jete y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras del agua.
- Ubicarse en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.
- Antes del inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo y registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo.

- Para la toma de muestra colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- Extender el brazo muestreador y sumergir la botella en sentido contrario a la corriente, hasta que esté parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces), a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- Considerar un espacio de alrededor de 1% aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
- Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.
- Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie de dirección opuesta al flujo del río.

Preservación de la Muestra, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento y conservación

Preservación de la muestra

Una vez tomada la muestra de agua se procede inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos de acuerdo con lo indicado en el anexo VII (Conservación y preservación de agua en función del parámetro evaluado). Una vez preservada la muestra, homogeneizar y cerrar herméticamente el recipiente. Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados (por ejemplo, ácidos, álcalis, formaldehído) teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipulados en las hojas de seguridad Material Safety Data Sheets (MSDS). Ver anexo VII

Llenado de la cadena de custodia

Para el llenado de la cadena de custodia, como mínimo se deben considerar los siguientes datos:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo.
- Nombre de la persona, correo electrónico, número telefónico del responsable de la toma de muestras.
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo.
- Código del punto de monitoreo o muestra.
- Clasificación de la matriz de agua (agua de quebrada).
- Fecha y hora del muestreo.
- Número y tipo de envases por punto de muestreo.
- Preservación de la muestra.
- Lista de parámetros a analizar por cada muestra.
- Firma de la persona responsable del monitoreo.
- Observaciones en campo, como indicaciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo.

Para su registro de ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán estar acompañadas de la cadena de custodia debidamente protegida y llenada en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore y enviarla dentro del cooler que contiene las muestras.

- **Almacenamiento y conservación**

Los frascos deben almacenarse dentro de cajas térmicas (Coolers) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Los recipientes de vidrio

deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte (bolsas poliburbujas o similares).

Para su conservación, las muestras recolectadas deberán acondicionarse en cajas térmicas (Coolers) bajo un adecuado sistema de enfriamiento ($5^{\circ}\text{C} + 3^{\circ}\text{C}$), refrigerarse (ice pack, hielo o similar) o un refrigerador móvil. En el caso de utilizar hielo, colocarlo en bolsas herméticas. Las cajas térmicas (Coolers) deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.

- **Transporte y Entrega de la Muestra al Laboratorio Acreditado**

Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento máximo de cada parámetro de acuerdo con el cuadro anexo VII (conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado), para el transporte se debe sellar la caja térmica (Coolers) de forma que asegure la integridad de las muestras. Para el envío y traslado de las muestras al laboratorio existen diversos medios (aéreo, terrestre y fluvial) en este caso las muestras serán enviadas por medio terrestre y entregadas a Laboratorio acreditado por el INACAL de la ciudad de Lima, correctamente identificadas en el transcurso de 24 horas como máximo durante los 4 meses de monitoreo.

- **Recepción de las Muestras en el Laboratorio**

La recepción de la muestra el laboratorio acreditado INACAL Lima verificará que se cumplió con los requisitos mínimos, de los que depende la calidad de los resultados que se espera. Se confirma si el recipiente es adecuado para contener la muestra de acuerdo al tipo de ensayo a realizar, si el volumen de muestra es el suficiente para la realización de las pruebas, se verifica si a la muestra se le han realizado procedimientos de preservación; de igual forma se verifica que el transporte de la muestra sea realizado en el tiempo requerido y

en condiciones óptimas, además de ello, el cliente responsable del muestreo deberá llenar la Cadena de Custodia.

3.9.3. Etapa III: Etapa de gabinete final

Procesamiento de resultados

- Se recolecta toda la información de los resultados de los 3 meses de duración del monitoreo en el programa de Excel de todos los parámetros analizados.
- Se procesa la información de manera detallada y ordenada.

Presentación de resultados

- Presentación de los resultados con las respectivas comparaciones con la normativa ambiental vigente.
- Uso de figuras y tablas con valores medios, número de casos y algún indicador de la variabilidad de los datos.

Interpretación de resultados

- Interpretación de los resultados obtenidos, en función a la hipótesis inicial y en función de los antecedentes de otros investigadores.
- Explicación de los resultados considerando las explicaciones alternativas a los fenómenos descritos. Coherencia con el resto de trabajos realizados en el mismo campo.
- Sugerencia de nuevas posibilidades de investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados que se han obtenido en la evaluación correspondiente al presente proyecto de investigación serán presentados en figuras o tablas y que posteriormente serán discutidos teniendo en cuenta nuestros antecedentes; para finalmente llegar a una conclusión coherente.

4.1.1 Concentración de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha

Fósforo total

La evaluación de la concentración de fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha fue realizado en el laboratorio EQUAS S. A. de la ciudad de lima, el mismo que presenta acreditación vigente de dicho parámetro y que la muestra analizada ha sido obtenida y transportada en cumplimiento con los requisitos según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R. J. N° 010-2016 ANA).

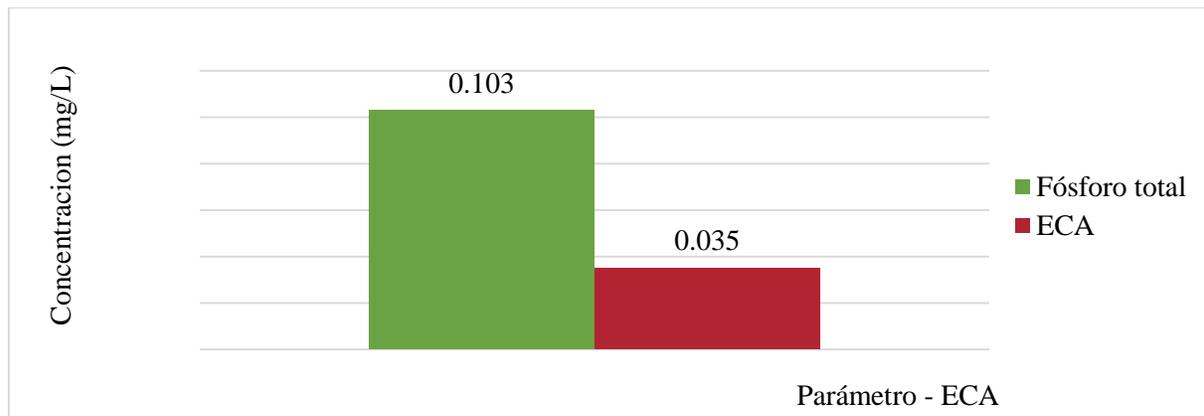


Figura 8. Gráfica de perfil correspondiente al valor de fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha.

Fuente: Elaboración propia. 2019.

De la Figura 8, se interpreta que el valor correspondiente a la concentración de fósforo total presente en la muestra de agua de la laguna ricuricocha es mayor a lo establecido

según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM.

Nitrógeno total

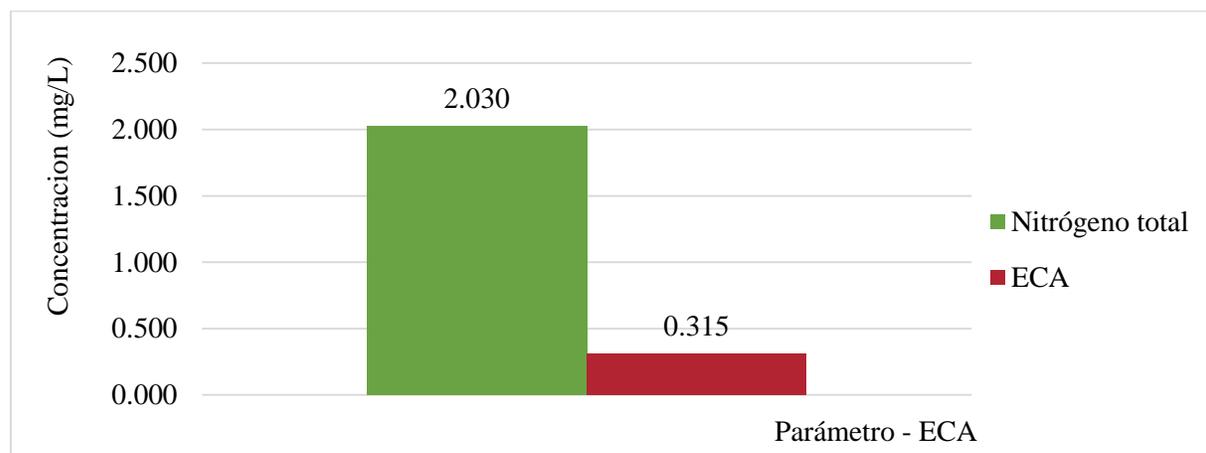


Figura 9. Gráfica de perfil correspondiente al valor de nitrógeno total en el agua de la laguna Ricuricocha.
Fuente: Elaboración propia 2019.

De la Figura 9, se interpreta que el valor correspondiente a la concentración de nitrógeno total presente en la muestra de agua de la laguna ricuricocha da un valor de 2.030 mg/L lo cual indica que es mayor a lo establecido según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM.

4.1.2 Concentración de EM- Agua para el tratamiento de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha

La evaluación de la concentración de microorganismos eficientes para agua fue realizada en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín. Esta evaluación, fue necesario realizarlo ya que la concentración de microorganismos presentes en el inóculo de

los consorcios para los tratamientos de biorremediación debe encontrarse entre 10^6 y 10^8 UFC/1 ml (Hipólito-Romero et al., 2017). (Lara Mantilla & Negrete Peñata, 2015) también recomiendan que una concentración de 10^8 UFC/1ml presentes en un inóculo serán capaces de competir con los microorganismos presentes en el medio a tratar: caso contrario una concentración menor podría ocasionar un desastre en el tratamiento, ya que los microorganismos que estén presentes en la muestra podrían competir y exterminarlos debido a su interacción por competencia.

Tabla 6

Concentración microbiana (UFC) de EM en el sistema del 5%.

| Días | UFC (0.5 ml) | UFC (1 ml) | Dil (10^{-7}) |
|------|--------------|------------|--------------------|
| 1 | 33 | 66 | 66×10^7 |
| 2 | 299 | 598 | 59.8×10^8 |

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En el proceso para la determinación de la concentración de las unidades formadoras de colonia (UFC) se realizaron diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-7} ; con la finalidad de alcanzar lecturas de los recuentos en placa que oscilen entre las 30 u 300 UFC, así lo establece (Leboffe & Pierce, 2011). Por lo que de la tabla 6, se interpreta, a las 24 horas (1 día) de incubación a temperatura ambiental para la producción del EM, los valores no alcanzan la concentración recomendada (10^8 - 10^9 UFC/ml); optándose por extender dicha incubación hasta las 48 horas (2 días), y que, una vez transcurrido dicho periodo se logra una concentración de 299 UFC/0.5 ml, equivalente 598 UFC/ml que al considerar la dilución 10^{-7} , corresponde a un recuento total de $59,8 \times 10^8$ UFC/1ml, que satisface la concentración recomendada y que finalmente a partir de ella se realizaron las inoculaciones del 5 y el 10 % cumpliendo los criterios microbiológicos para recuento y la concentración esperada para inóculos en remediación.

4.1.3 Concentración de Nitrógeno y fósforo total tras la aplicación del 5% y 10% de EM

– Agua evaluado a los 30 y 60 días

Nitrógeno total

La evaluación de la concentración de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM-Agua se realizó en el fundo de propiedad del Sr. Wilfredo del Águila Salas identificado con DNI N° 07534297, natural de la ciudad de Tarapoto. Teniendo en cuenta que, dicho fundo se ubica a orillas de la mencionada laguna (cuya ubicación geográfica corresponde a la coordenadas WGS 84 UTM y Zona 18 S: Este: 344923, Norte: 9277647 y altitud: 286 m.s.n.m.); y que, los monitoreos realizados para la determinación de nitrógeno y fósforo total se realizaron siguiendo el procedimiento del “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” establecido según la R. D. N° 160 – 2015 (DIGESA), 2015).

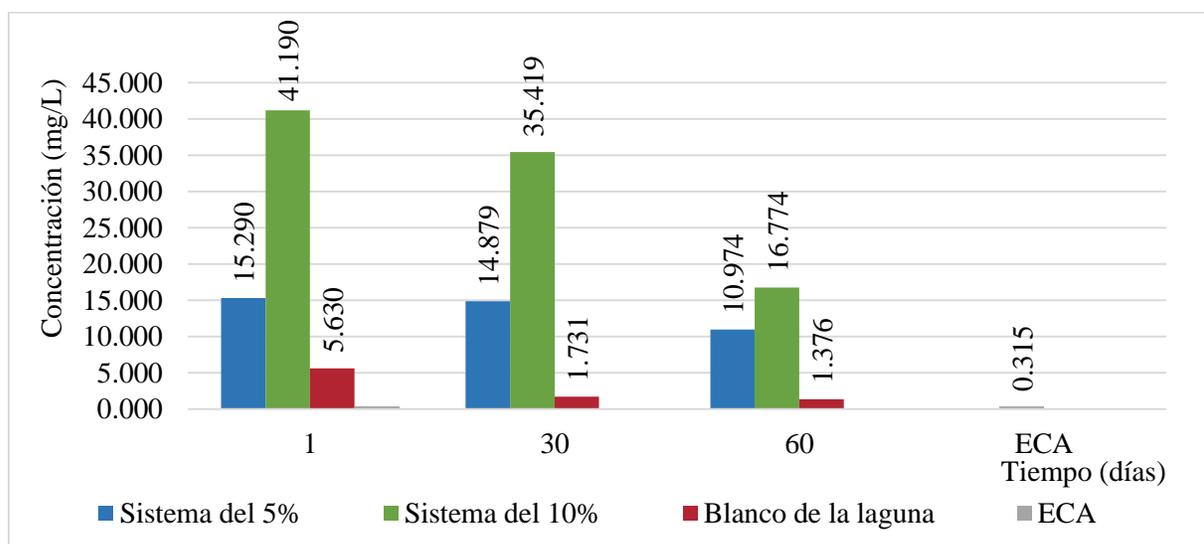


Figura 10. Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de nitrógeno total en agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la Figura 10, se interpreta que el valor correspondiente a la concentración de nitrógeno total presente en la muestra de agua de la laguna ricuricocha que fue sometida al tratamiento de EM-agua a una concentración del 5 % y 10 % evaluados a los 30 y 60 días; en dicha evaluación se evidenció una disminución en la concentración de nitrógeno total para ambos tratamientos, sin embargo no se alcanzó los valores establecidos según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM (MINAM, 2017).

Fósforo total

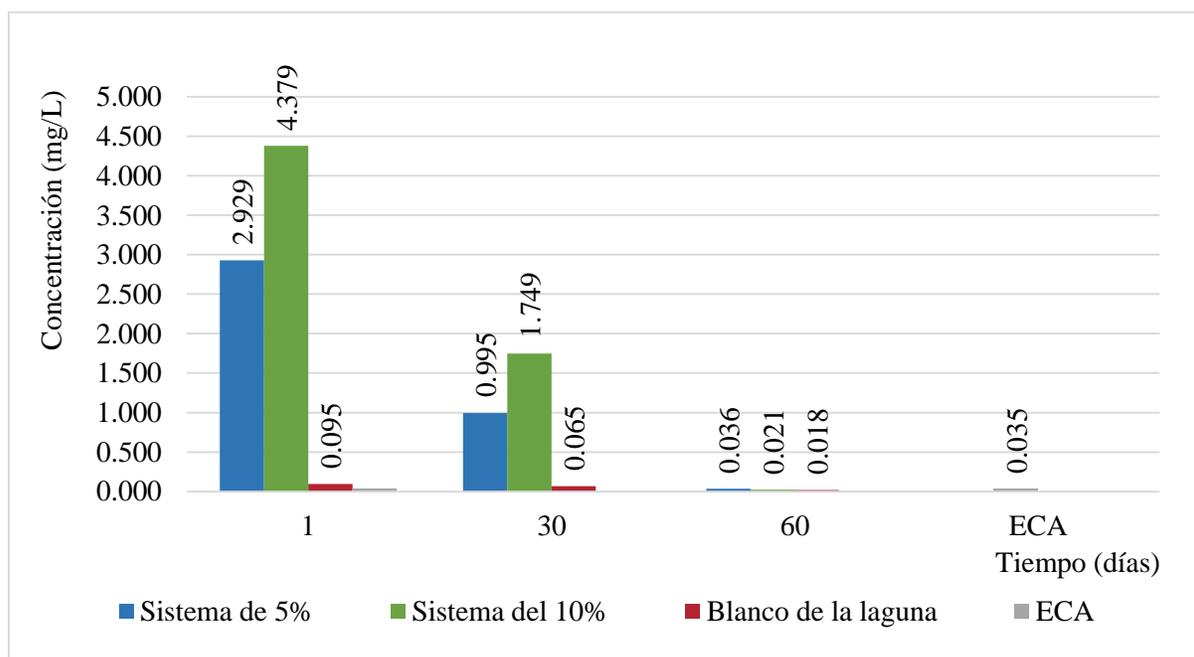


Figura 11: Gráfica de perfil correspondiente a la concentración de fósforo total en agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la Figura 11, se interpreta que el valor correspondiente a la concentración de fósforo total presente en la muestra de agua de la laguna ricuricocha que fue sometida al

tratamiento de EM-agua a una concentración del 5 % y 10 % evaluados a los 30 y 60 días; en dicha evaluación se evidenció una disminución en la concentración de fósforo total para ambos tratamientos, sin embargo para el sistema de 10% a los 60 días se alcanzó los valores establecidos según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM (MINAM, 2017).

4.1.4 Remoción de nitrógeno y fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM – Agua a los 1, 30 y 60 días

El porcentaje de remoción para nitrógeno y fósforo total se presenta a continuación:

$$\% = \frac{CCi - CCf}{CCi * 100}$$

Tabla 7

Valores correspondientes al porcentaje (%) de remoción de nitrógeno y fósforo total mediante la aplicación de EM-Agua al 5 y 10 %.

| Parámetro | Sistemas | Valores iniciales | Valores finales | % Remoción |
|------------------------|----------|-------------------|-----------------|---------------|
| Fósforo total | 5 % EM | 2.929 | 0.036 | 98.771 |
| | 10% EM | 4.379 | 0.021 | 99.520 |
| Nitrógeno total | 5 % EM | 15.29 | 10.974 | 28.228 |
| | 10% EM | 41.19 | 16.774 | 59.277 |

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla 7 se muestra los valores correspondientes al porcentaje de remoción de nitrógeno total y fósforo total mediante la aplicación de EM-Agua al 5 y 10 %, se observa que el mayor porcentaje de remoción tanto para nitrógeno total y fósforo total seda en el sistema de 10% con un porcentaje de remoción del 99.520 para fósforo total y 59.277 para nitrógeno total.

4.2. Discusión

4.2.1. Concentración de fósforo total

La concentración de fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha alcanza un valor de 0.103 mg/L, lo que indica que supera al valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y sub categoría E1: Lagos y lagunas establecido según el D. S. N° 004 – 2017 - MINAM.

Según (Franson, 1992b), el fósforo total se encuentra en las aguas naturales exclusivamente en forma de fosfatos, clasificados en fosfatos condensados piro, ortofosfatos, meta y otros polifosfatos, y los ligados orgánicamente. Estos, se presentan en partículas, detritus o solución en los cuerpos de organismos acuáticos. Estas formas nacen de una diversidad de fuentes. Cantidades pequeñas de ciertos compuestos condensados que se añaden a algunos suministros de agua durante el proceso de tratamiento, y se pueden añadir cantidades mayores de los mismos compuestos cuando el agua sea utilizada para lavar ropa u otras limpiezas, ya que son componentes principales de muchos productos comerciales para la limpieza.

Según (Avila, 2015b), los ortofosfatos empleados como fertilizantes a la tierra cultivada residencial o agrícola son arrastrados a las aguas superficiales con las lluvias y, en menor proporción. Los fosfatos orgánicos se constituyen principalmente en procesos biológicos. Son contribuidos al alcantarillado por los residuos corporales, de alimentos y también se pueden establecer a partir de los ortofosfatos durante el proceso de tratamiento biológico o por recibir la carga biológica.

(Canales, 2010), menciona que el fósforo puede ser el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo en el agua, como también ser es esencial para el crecimiento de los organismos. En el caso que constituye el nutriente limitador del crecimiento, la descarga de aguas residuales tratadas o brutas, agrícolas o ciertos residuos

industriales a esa agua puede estimular el desarrollo de macro y microorganismos acuáticos fotosintéticos en cantidades cargadas. Los fosfatos pueden surgir también en cienos biológicos y en los sedimentos de fondos, tanto en formas inorgánicas precipitadas como incorporados a compuestos orgánicos.

Por lo que, se podría interpretar que, según las actividades evidenciadas que se desarrollan en los alrededores de la laguna, como la agricultura y la ganadería; los mismos que estarían estrechamente relacionadas, ya que por ejemplo en la producción de la papaya según (Muñozcano & Martínez, 2009) indican que es importante la utilización de ciertos agroquímicos como fosfato de amoníaco, nitrato de amonio y otros fertilizantes orgánicos como roca fosfórica, estiércol de ganado, etc. mejoran la producción al aplicarse cuando el producto se encuentra en floración; ya que estos impiden los abortos.

Muchos de los de los productos agroquímicos presentan ciertas propiedades de resistencia a la degradación y por consiguiente son persistentes en el agua de riego y suelo agrícola; que por procesos físicos como la escorrentía, la erosión o la deflación son arrastrados a los cuerpos de agua o a estratos más profundos (Torres & Capote, 2004).

Por otro lado (Pinos et al., 2012), menciona que las excretas de los animales como las de ganado vacuno, porcino, aves menores y otros también son fuente rica en compuestos fosforados. Que por los mismos fenómenos físicos del caso agrícola podían alcanzar los cuerpos de agua.

4.2.2. Concentración de nitrógeno total

La concentración de nitrógeno total en el agua de la laguna ricuricocha de acuerdo al resultado de la evaluación, se ha obtenido un valor de 2.030 mg/L, siendo este un resultado que sobrepasa el valor establecido en la normativa de los Estándares de Calidad Ambiental fundado en el D.S. N° 004-2017-MINAM, específicamente para agua en la categoría 4: conservación del ambiente acuático, sub categoría E1: lagos y lagunas.

El nitrato y el amonio son las formas que más se encuentran como nitrógeno en los sistemas acuáticos, el nitrógeno es un factor importante para controlar el crecimiento de algas cuando otros nutrientes son abundantes por ejemplo el fósforo (Yánac, 2018). El nitrógeno se presenta generalmente como trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas, los nutrientes en el agua son esenciales para el metabolismo de todo organismo y esto generalmente sirve para el crecimiento y alimentación de ellos, sin embargo, si este nutriente se encuentra en exceso genera problemas de contaminación al agua, este se da como resultado de las distintas actividades humanas como por ejemplo la utilización de combustible fósil, fabricación de fertilizantes nitrogenados, entre otros que han alimentado o fijado este nutriente en la biósfera (Cárdenas & Sánchez, 2013), también aclara que el nitrato se encuentra solo en pequeñas concentraciones en las aguas residuales domésticas, pero con el diluyente de las plantas de tratamiento biológico nitrificante, se pueden encontrar con valores elevados a lo permitido, además de ser un nutriente fundamental para muchos autótrofos fotosintéticos y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento.

De tal manera se interpreta, que las actividades desarrolladas al margen de la laguna como la crianza de aves de corral, ganado vacuno y porcino, que reciben como alimentos productos balanceados con fórmulas que incluyen la harina de maíz, soya o pescado; estos no son aprovechados en su totalidad y de acuerdo a (Yánac, 2018) en sus excretas

presentan valores considerable de compuestos nitrogenados que alcanzan porcentajes del 60% y 80% en relación a su consumo. Para todos los casos de los criaderos de animales, tanto aves como mamíferos en el que incluye ganado vacuno y porcino, se observó que no se cuenta con sistemas que impidan o reduzcan el volumen de los desechos al cuerpo de la laguna. Y que debido a la esorrentía, deflación e infiltración serían considerados como una de las fuentes principales que alteran la calidad del agua de la laguna.

4.2.3. Concentración de nitrógeno total y fósforo total en los sistemas del 5% y 10%

Nitrógeno total

Las variaciones de concentración de nitrógeno total mediante la aplicación de EM-agua al 5% y 10% al agua de la laguna ricuricocha, que fueron evaluados a los 30 y 60 días post la aplicación en condiciones in-vitro, se observó que a medida que transcurre el tiempo, el valor inicial (15.290 y 41.190 mg/L para ambos sistemas) disminuye hasta 14.879 y 35.419 mg/L a los 30 días; a los 60 días se obtiene una disminución mayor en el que se alcanza los 10.974 y 16.774 mg/L y que al ser comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas sobrepasan los valores normados (0.315 mg/L); indicando que para este parámetro no aplica un procesos de tratabilidad en los tiempos evaluados.

Según los criterios teóricos del EM-Agua, este permitiría reducir concentraciones de compuestos nitrogenados presentes en el agua (Microorganismos Eficaces - Agua®, 2015); debido a sus procesos metabólicos de cada uno de los organismos que conforman dicho consorcio como son *Rhodopseudomonas* spp, *Saccharomicetes* spp y *Lactobacillus* spp, por presentar metabolismos diversos en el que incluyen el aprovechamientos de los compuestos nitrogenados.

Según la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas en Japón (EEAITAJ, 2013) Los *Lactobacillus cassei* y *Lactobacillus plantarum* son organismos anaeróbicos que sintetizan sustancias bioactivas a partir de gluco-proteínas y glúcidos en general; y que a partir de compuestos nitrogenados producto de la descomposición (NH_2^- , NH_3 , NH_4 , NO_2 , NO_3 y N_2) lo aprovechan para la traducción de proteínas.

Las *Saccharomyces cerevisiae*, es un hongo capaz de descomponer diversos compuestos orgánicos como azúcares simples y complejos, en el que incluye los conjugados (con proteínas y lípidos) y producen sustancias inductoras, antimicrobiales, vitaminas, enzimas y hormonas que promueven la división celular y el aumento de la biomasa donde se requiere de compuestos nitrogenados (EEAITAJ, 2013).

Rhodopseudomonas palustris, es una bacteria que crecen en aguas estancadas, excrementos o sedimentos; es facultativa y puede obtener carbono de compuesto por diversos metabolismos como la lisis de vegetales y metabolismo del CO_2 , fijar el nitrógeno para sintetizar sustancias bioactivas como aminoácidos (metionina, leucina y lisina), hormonas (AIA, AG) y ácidos nucleicos o en su defecto enzimas (amilasas, hidrolasas, proteasas); además de degradar compuestos como H_2S , NH_3 , SO_4 e hidrocarburos. También son efectivos para degradar y remover compuestos tóxicos como putrescinas, cadaverinas, mercaptanos y fenoles (Microorganismos Eficaces - Agua ®, 2015).

Fósforo total

La aplicación de EM-agua al 5% y 10% al agua de la laguna ricuricocha, para el tratamiento de fósforo total que fue evaluado a los 30 y 60 días post la aplicación en condiciones in-vitro, se observó que a medida que transcurre el tiempo, el valor inicial (2.292 y 4.379 mg/L para ambos sistemas) disminuye hasta 0.995 y 1.749 mg/L a los 30 días; a los 60 días se obtiene una disminución mucho mayor en el que se alcanza los 0.039 y 0.021 mg/L y que al ser comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas no sobrepasan los valores normados (0.035 mg/L); indicando que los valores de fósforo total si aplica tratabilidad en un lapso de tiempo correspondiente a los 60 días.

Según los criterios técnicos del EM-Agua, reduciría la concentración de compuestos fosforados presentes en el agua (Microorganismos Eficaces - Agua ®, 2015); gracias al metabolismo de cada uno de los organismos que lo conforman (*Rhodopseudomonas* spp, *Saccharomicetes* spp y *Lactobacillus* spp); teniendo en cuenta que al metabolizar productos complejos gracias a su enzimas oxidasas, reductasas e hidrolasas en general solubilizan al fósforo y lo aprovechan por el criterio básico de ser considerado un bioelemento primario indispensable para la sobrevivencia de los seres vivos.

Según la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas en Japón (EEAITAJ, 2013) Los *Lactobacillus cassei* y *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Rhodopseudomonas palustris*, conforman un grupo capaz de transformar el Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) y el fosfato de calcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) debido a sus propiedades solubilizadoras y PGPR en el que se incluye sus propiedades para la producción de sideróforos que facilitan la solubilización del hierro y el aluminio; y que finalmente permiten el acomplejamiento de fósforo con el hierro (P-Fe) y el fósforo con el aluminio (P-Al).

Según (Patiño-torres & Sanclemente-Reyes, 2014) el uso de los organismos como *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Rhodopseudomonas palustris*, estos son capaces de solubilizar con gran rapidez los compuestos de fósforo dependiendo de ciertas condiciones como la temperatura que estimula a la producción de exoenzimas que transforman a los fosfatos y que posteriormente los transforman a quelatos de hierro y aluminio, y que, bajo estas formas son capaces de aprovecharlo o incluso bioacumularlos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al concluir la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Mediante la aplicación de Microorganismos Eficientes a concentraciones del 5% y 10 %, evaluado en un periodo de 60 días se logra una remoción de nitrógeno total del 28.228% y 59.227% respectivamente; lo que permitiría rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna ya que no se logra un porcentaje de remoción igual o superior al 90 %.
- Mediante la aplicación de Microorganismos Eficientes a concentraciones del 5% y 10 %, evaluado en un periodo de 60 días se logra una remoción de fósforo total del 98.771% y 99.520% respectivamente; lo que permitiría aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna ya que se logra un porcentaje de remoción igual o superior al 90 %.
- La concentración inicial de nitrógeno total en el agua de la laguna ricuricocha fue de 2.030 mg/L, que al contrastarse con los valores propuestos por los ECA para aguas establecidos según el D. S. 004-2017 MINAM categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas en el cual se indica que el valor sugerido es de 0.315 mg/L; y que, mediante la aplicación de EM al 5% evaluado en un tiempo de 30 y 60 días se alcanzó valores de 14.879 y 10.974 mg/L respectivamente; mientras que, mediante la aplicación de EM al 10% evaluado en los mismos tiempos se logró reducir a valores de 35.419 y 16.774 mg/L respectivamente.

- La concentración inicial de fósforo total en el agua de la laguna ricuricocha fue de 0.103 mg/L, que al contrastarse con los valores propuestos por los ECA para aguas establecidos según el D. S. 004-2017 MINAM categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas en el cual se indica que el valor sugerido es de 0.035 mg/L; y que, mediante la aplicación de EM al 5% evaluado en un tiempo de 30 y 60 días se alcanzó valores de 0.995 y 0.036 mg/L respectivamente; mientras que, mediante la aplicación de EM al 10% evaluado en los mismos tiempos se logró reducir a valores de 1.749 y 0.021 mg/L respectivamente.
- Las concentraciones de microorganismos presentes en el sistema del 5 % fue de 59.8×10^8 UFC/mL producidos en un periodo de incubación de 48 horas (2 días); lo cual permite cumplir con los valores sugeridos que en los procesos de remediación donde se sugieren utilizar concentraciones con valores que oscilen 10^6 y 10^8 UFC/mL.

5.2. Recomendaciones

- Realizar ensayos teniendo en cuenta las variaciones de temperatura, pH, OD real in-situ, con la finalidad de facilitar posibles escalamientos.
- Realizar evaluaciones en diversas estaciones del año con el sistema del 10% a fin de tener resultados más precisos y que ayuden a determinar el tiempo en el que debería someterse a un proceso de remediación in-situ.
- Evaluar otros parámetros considerados indicadores de contaminación orgánica como DBO, DBO5 o DQO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. *Política de humedales del distrito capital.* , (2006).
- Alvarez, C. (2016). *Determinación analítica de detergentes en las aguas de los pantanos de villa.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ANA. Reglamento de la ley de Recursos Hídricos: Ley N°29338. , Autoridad Nacional del Agua § (2010).
- ANA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.* , (2016).
- ANA. (2017). *Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca* (W. F. Ocola Salazar, Juan José; Laqui Vilca & Fuentes, Eds.). Lima: Marzo, 2017.
- AQUASTAT. (2014). Riego, cultivo regados, medio ambiente.
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación* (6th ed.; E. Episteme, Ed.). Caracas.
- Avila, J. G. (2015a). *Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales* (Universidad Ricardo Palma). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5184.4249>
- Avila, J. G. (2015b). *Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales* (Universidad Ricardo Palma). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5184.4249>
- Barraa Guardado, R. H., Martínez Córdova, L. R., Enríquez Ocaña, L. F., Martínez Porchas, M., Miranda Baeza, A., & Porchas Cornejo, M. A. (2014). Efecto de efluentes de granjas camaronícolas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México. *Ciencias Marinas*, 40(4), 221–235.
<https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2424>

- Beltrán, T., & Campos, C. (2016). *Universidad Nacional Del Centro Del Perú Facultad De Ciencias Forestales Y Del Ambiente Tesis Presentada Por Los Bachilleres*.
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- Bermeo, D., & Salazar, F. (2013). *Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales Industriales de una empresa Textil*.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica) Determination of nitrites, nitrates, sulfates and phosphates in drinking water as*. 30, 15–27.
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Canales, Á. (2010). Evaluación de la Biomasa y Manejo de la Lemna gibba (lenteja de agua) en la Bahía Interior del Lago Titicaca, Puno. *Ecología Aplicada*, 9(2), 91–99. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v9n2/a04v9n2.pdf>
- Cárdenas, G. L., & Sánchez, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72–88. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>
- Chappa, C., Tenorio, A., & Gallusser, S. (2007). Sistema Productivo en la Región San Martín. In *Producción animal*. [https://doi.org/PE 100.210 EGUREN 2004](https://doi.org/PE%20100.210%20EGUREN%202004)
- Claros, J. (2012). Estudio del Proceso de Nitrificación y Desnitrificación Vía Nitrito para el Tratamiento Biológico de Corrientes de agua Residual con alta carga de Nitrogeno Amomiacal. (Universidad Politécnica de Valencia; Vol. 1). Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17653/tesisUPV3951.pdf?sequence=1>
- Constitución Política del Perú 1993*. , (1993).
- De Groot, Stuij, Finlayson, & Davidson. (2007). Valoración de humedales: Lineamientos para

- valorar los beneficios derivados de los ecosistemas de humedales,. In *Informe técnico Ramsar 3-27*. Gland, Suiza.
- Delgado, C. (2016). *Evaluación de Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de Floculantes Naturales y Químicos en 3 Tipos de Agua Residual Pre y Post Tratamiento* (Pontificia Universidad Javeriana). Retrieved from <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17908/DelgadoCarrenoClaudiaViviana2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, A. C., Sotomayor, L. F., Palomino, E. J., & Tuya, E. G. (2013). *EVALUACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN DE LA LAGUNA CONOCOCHA-ANCASH; A AGOSTO DE 2012* (Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo). Retrieved from https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf
- Díaz, P., & Contreras, L. (2013). Contaminación de Aguas Superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros Países de Latinomerica. *Vol. 29, Septiembre. 2013*, 29, 1–18.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*. , Pub. L. No. R. D. N° 160, 23 (2015).
- DRASAM. (2017). *Región San Martín Retos y Posibilidades*.
- Escobedo, D. (2010). *Diagnóstico y descripción del proceso de Eutrofización en Lagunas Costeras del Norte de Sinaloa* (Instituto Plitécnico Nacional). Retrieved from <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18907>
- Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas en Japón - EEAITAJ. (2013). *Microorganismos eficaces TM (METM)*. Montevideo - Uruguay.
- FAO. (2017). Producción animal. Retrieved from <http://www.fao.org/animal-production/es/>

- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 14.
- Franson, M. A. (1992a). Determinación de Constituyente Inorgánicos no Metálicos. In J. B. Díaz de Santos (Ed.), *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17th ed., p. 1816). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Franson, M. A. (1992b). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (Díaz de Sa). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Guerrero, L., Serna, E., Cardona, S., Cadavid, G., Suárez, C., & Quintero, L. (2014). Consorcio microbiano nativo con actividad catalítica para remoción de índigo y surfactantes en agua residual industrial textil a través de una matriz de inmovilización. *Microbial Consortium Native Catalytically Active for Removal of Indigo and Surfactants in Textile Industry Wastewater through an Immobilization Matrix. (English)*, 16, 177–187. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=96867424&lang=es&site=ehost-live>
- Guillén, G., Morales, E., & Ruperto, S. (2003). Adiciones a la Fauna de Protozoarios de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(2), 175–182. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v10n2/v10n2a08.pdf>
- Hipólito-Romero, E., Carcaño-Montiel, M. G., Ramos-Prado, J. M., Vázquez-Cabañas, E. A., López-Reyes, L., & Ricaño-Rodríguez, J. (2017). Effect of mixed edaphic bacterial inoculants in the early development of improved cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) in a traditional agroforestry system of Oaxaca, Mexico. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 358. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.003>
- Ibarra, A. A., & Espejo, R. H. P. (2008). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas. *Revista Latinoamericana de Economía* 2008.
- Lara Mantilla, C., & Negrete Peñata, J. L. (2015). Efecto de un bioinoculante a partir de

- consorcios microbianos nativos fosfato solubilizadores, en el desarrollo de pastos Angleton (*Dichanthium aristatum*) Titulo en ingles: Effect of bio-inoculant from microbial consortia phosphate solu. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 126.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50741>
- Leboffe, M., & Pierce, B. (2011). *A Photographic Microbiology Atlas for the Microbiology Laboratory* (4th ed.; MORTON, Ed.). Colorado - Estados Unidos.
- Ley N° 28611. *Ley General del Ambiente*. , (2005).
- Loayza, J. L., & Cano, P. A. (2015). *Impacto de las Actividades Antrópicas Sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & Garcia, M. del C. (2004). Turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Higiene Y*, 82, 72–82.
Retrieved from [http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Mellado, C. A. (2008). Caracterización Hídrica Y Gestión Ambiental Del Humedal De Batuco. *Tesis.Uchile.Cl*, 280.
- Microorganismos Eficaces - Agua ®. (2015). EM•AGUA®.
- MINAM. *Decreto Supremo N°004 - 2017 - Ministerio del Ambiente*. , Pub. L. No. 004, 2 (2017).
- Ministerio del Ambiente. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. , Pub. L. No. D. S. N° 004, 10 (2017).
- Montalvo, J., García, I., Almeida, M., Betanzos, A., & García, N. (2014). Modelación de la

- eutroficación e índice de calidad del agua en algunas bahías del archipiélago Sabana Camagüey. *Tecnología Química*, XXXIV, 2.
- Mooney, H., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S., Chopra, K., & Dasgupta, P. (2005). Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. In *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Washington - EE UU.
- Muñoz, R. (2010). *Uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales municipales en el entorno de la Laguna de Tamiahua, Veracruz: Diseño del Humedal*. Universidad de las Américas Puebla.
- Muñozcano, M., & Martínez, C. (2009). *Paquete tecnológico para la producción de papaya en Sinaloa*. Sinaloa - México.
- Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. , 62301 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el ... § (1992).
- Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. , 61702 Protocolo de Kyoto § (1998).
- Nore, A., & Poveda, J. (2008). *Estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas petrifilm 3M para el análisis de alimentos*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Ochoa, D., & Montoya, A. (2010). Consorcios Microbianos: Una Metáfora Biológica Aplicada a La Asociatividad Empresarial En Cadenas Productivas Agropecuarias*. *Rev.Fac.Cienc.Econ*, XVIII(2), 55–74. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v18n2/v18n2a04.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. In OEFA (Ed.), *Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-05991* (1st ed., Vol. 1). Lima - Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Programa

- de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). *Convenio de Rotterdam. Responsabilidad compartida Panorama general del Convenio de Rotterdam. Texto y Anexos.* , (2004).
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *Agua.*
- Patiño-torres, C. O., & Sanclemente-Reyes, O. E. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para la agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), 288–297.
- PCM. *Crean Comisión Multisectorial de Naturaleza Permanente denominada “Comité Nacional de Humedales.”* , Pub. L. No. 005, 2 (2013).
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., & Tristán, F. (2012). Impactos y Regulaciones Ambientales del Estiércol Generado por los Sistemas Ganaderos de Algunos Países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359–370.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP) Texto y anexos. , Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) § (2009).
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). *Convenio Sobre La Diversidad Biológica.* , *Convenio sobre la Diversidad Biológica* § (2011).
- Rodríguez, I., & García, K. (2015). *Depuración de Aguas Servidas, Utilizando Especies Acuáticas, en la Ciudad de Moyobamba-2011.* Universidad Nacional de San Martín.
- Rodríguez, L. (2002). *Estrategias Para el Control de la Carga de Nutrientes del Lago Rodó.*
Retrieved from
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/8164/1/uy24-14890.pdf>
- Saavedra, L. (2016). *Remoción De Fósforo En Aguas Residuales por el Método de Floculación y Sedimentación Utilizando Cal Artesanal Y Alumbre - Kollpa* (Universidad

- Privada San Carlos - Puno). Retrieved from
http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4336/Lizet_Marlene_SAAVEDRA_SÁNCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salazar, Y., & Sánchez, E. (2011). *Evaluación de consorcios microbianos conformados a partir de aislamientos bacterianos con capacidad degradadora de tetranitrato de pentaeritrol (PETN) y trinitrotolueno (TNT)*. 108.
- Sánchez, I. A., Revelo, D. M., Burbano, A. E., García, R., & Guerrero, C. (2013). Eficiencia de consorcios microbianos para tratamiento de aguas residuales en un sistema de recirculación acuícola. *Biotecnología En El Sector Agropecuario*, 11(1), 245–255.
- Síndic de Greuges. (2016). Contaminación provocada por purines en Catalunya. In *Investigación y Ciencia*. Catalunya.
- Sotil, L., & Flores, H. (2016). Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán - Loreto, 2016. Retrieved from
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4156>
- Tamani Aguirre, Y. H. (2014). *Evaluación de la Calidad de Agua del Rio Negro en la Provincia de Padre Abad, Aguaytía*. Tingo Maria.
- Tomás, L. (2015a). *Comparación de Métodos de siembra en análisis microbiológico de pescado* (Universidad Pública de Navarra). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2536.7284>
- Tomás, L. (2015b). *Comparación de Métodos de siembra en análisis microbiológico de pescado* (Universidad Pública de Navarra). Retrieved from https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19847/LETICIA_TOMAS_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, D., & Capote, T. (2004). Agroquímicos un Problema Ambiental Global: Uso del Análisis Químico como Herramienta para el Monitoreo ambiental. *Ecosistemas*, 13(3), 2–6. <https://doi.org/10.7818/re.2014.13-3.00>

UNESCO. (2017). *AGUAS RESIDUALES: El recurso desaprovechado*.

Valencia, A. E. (2013). "*Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Cebecera Parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo.*" ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Villanueva, R., & Sánchez, F. (2013). *Diseño de tratamiento pasivo después del plan de cierre de mina*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Yánac, L. A. (2018). *Análisis del Crecimiento y Rendimiento de Tres Variedades de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) con Diferentes dosis Nitrogenadas, en la Molina* (Universidad Nacional Agraria La Molina). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3304/yanac-mendez-luis-andre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zegarra, D. (2016). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial Huañambra en José Gálvez-Celendín* (Universidad Nacional de Cajamarca). Retrieved from http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1761/TESIS-DIANA_ZEGARRA_CHÁVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud para acceder a la toma de muestra y ejecución del proyecto.

"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

Morales 01 de Marzo del 2019.

Sr. Wilfredo Del Águila Salas

Propietario colindante de la Laguna Ricuricocha.

Asunto: solicito permiso para estudio de evaluación de agua en la Laguna Ricuricocha.

Nos dirigimos a Usted expresándole nuestro cálido saludo y manifestarle que somos estudiantes egresados de la Universidad Peruana Unión de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela de Ingeniería Ambiental, nos encontramos en etapa de ejecución de nuestro trabajo de investigación para obtener el título requerido, por lo que solicitamos que nos brinde la facilidad del ingreso y ambientes de la Laguna Ricuricocha-Santa Rosa, para realizar los trabajos de monitoreo en dicha Laguna.

Agradeciendo la buena voluntad de su representada y tus buenos oficios para bien de los futuros profesionales de nuestra región nos suscribimos ante usted.

Atentamente,

Andy Fernando Chota Armas
Tesista

Gianella Ojanama Rodríguez
Tesista

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 2. Certificado de acreditación del laboratorio EQUAS S.A.

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco
de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación a:

**Environmental Quality Analytical Services S.A. –
EQUAS S.A.**

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Panamericana Norte Km. 28.5, Mz. I, Lte 74, Urb. Naranjito, distrito de Puente Piedra,
provincia de Lima, departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el
DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 28 de octubre de 2018
Fecha de Vencimiento: 27 de octubre de 2022



MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0935-2018-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación
N° 043-2014/INDECOPI-SNA
Registro N° : LE-030

Fecha de emisión: 24 de enero de 2019

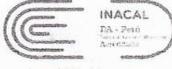
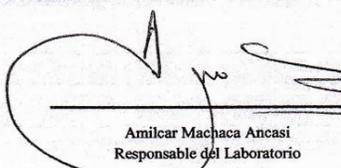
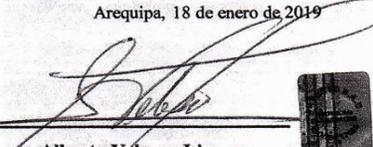
El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver 02

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 3. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 1 de 2).

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|-------------------------------|--------------------|
|  | | LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LC - 002 | |  | | | |
| LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C. DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN | | | | | | | |
| Laboratorio de Masa | | | <table border="1"> <tr> <td>Código del certificado</td> </tr> <tr> <td>IB-049-2019</td> </tr> </table> | | | Código del certificado | IB-049-2019 |
| Código del certificado | | | | | | | |
| IB-049-2019 | | | | | | | |
| 1 de 5 | | | | | | | |
| Fecha de calibración: 2019-01-15 Instrumento de medida: Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático Marca: Ohaus Modelo: PA214 Número de Serie: 8329380615 Identificación: RE0901 Procedencia: China Capacidad máxima: 210 g División de escala: 0,1 mg Div. Escala de verificación: 1 mg Tipo: Electrónica Clase de exactitud: I Solicitante: EMP. MUNIC. DE A.P. Y A. SAN MARTIN S.A Dirección: Jr. Federico Sanchez N° 900 Punta del Este-San Martin-Tarapoto Número de páginas: 05 Páginas Expediente: E2644-3838A-2018 Lugar de calibración: Area de Balanzas | <p>Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son validos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.</p> <p>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL.</p> <p>Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.</p> <p>LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe publica y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.</p> <p>El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General o Gerente Técnico de LO JUSTO S.A.C y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.</p> | | | | | | |
| Revisado: | Arequipa, 18 de enero de 2019 | | | | | | |
|  Amilcar Machaca Ancasi Responsable del Laboratorio |  Alberto Velazco Linares Ing. Mecánico CIP 23 716 Gerente General LO JUSTO S.A.C. Etiqueta de calibración N° 52529 | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>FT02-INRE/CB-02-C</td> <td>Ed. 03</td> </tr> </table> | | | | | | FT02-INRE/CB-02-C | Ed. 03 |
| FT02-INRE/CB-02-C | Ed. 03 | | | | | | |
| Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com | | | | | | | |

ISO / IEC 17025

099870

A

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 4. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 2 de 2).

| | | |
|---|--|---|
|  | LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LC - 002 |  |
|---|--|---|

| | | | |
|----------------------------|--|------------------------|-------------|
| Laboratorio de Masa | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Código del certificado</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">IB-049-2019</td> </tr> </table> | Código del certificado | IB-049-2019 |
| Código del certificado | | | |
| IB-049-2019 | | | |

2 de 5

Procedimiento de medida:

PC-011. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II. Método de Comparación Directa Contra Cargas Aplicadas de Valor Conocido (Pesas Patrón). Ed. 4. 2010. INDECOPI-SNM. Lima -Perú.

Instrumentos empleados:

Termohigrómetro con certificado TE-1000-2018**; TE-1509-2018**.

Juego de pesas patrón desde 1 mg hasta 200 g, de clase de exactitud E2 según OIML R111-1 Edición (2004).

Pesas patrones, certificadas:

| Patrón utilizado | Identificación | Valor nominal | Certificado de calibración |
|------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Juego de pesas | LM-I-360 | 1 mg a 200 g | LM-164-2018*** |

Certificados de LO JUSTO S.A.C. *Dirección de Metrología - INACAL

Incertidumbre de calibración

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Condiciones durante la calibración

Las condiciones ambientales durante el proceso de calibración han sido:

| | |
|-----------------------|---------|
| Temperatura ambiente: | 22 °C |
| Humedad relativa: | 52 % HR |

Notas y aclaraciones:

Si por el tipo de uso del instrumento de medición no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto: $\pm U = \pm U_i \text{ máx} + IC \text{ máx}$

Se asumió un valor de 0,00001/°C como coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura para la calibración.

Se colocó al instrumento de pesaje una etiqueta rectangular color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. identificada con el N° 52529, en señal de haber realizado la calibración.

Antes de la calibración se realizó ajustes respectivos al instrumento de pesaje hechos por el personal encargado.

El intervalo de variación de temperatura en el lugar de ubicación de la balanza, fue considerado de acuerdo a la variación de temperatura registrada durante la calibración.

LO JUSTO S.A.C.
2019-01-18

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú
lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com

099871
A

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 1 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0307/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ / ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS
Dirección : No Indica
Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA " PROYECTO TESIS"
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : Agua Superficial
Fecha de Muestreo : 26 - Marzo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 27 - Marzo - 2 019 / 18:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 - Marzo al 04 - Abril - 2019

Código Interno: L0307/19

| PARÁMETROS | 0307 - 1 ^(a) | 0307 - 3 ^(a) | 0307 - 5 ^(a) | Expresado en: | MÉTODOS DE ENSAYO |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|
| | M01 ^(b) (10:51 h) | M02 ^(b) (12:45 h) | M03 ^(b) (13:15 h) | | |
| Nitratos | 1,643 | 7,633 | 14,490 | mg N-NO ₃ /L | APHA 4500-NO ₃ B |
| Nitrógeno Total | 5,63 | 28,98 | 54,88 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*) |

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 04 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

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

Código: F79-P LAB 02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 1 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 8. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 2 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0307/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ / ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS
Dirección : No Indica
Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA “ PROYECTO TESIS”
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : Agua Superficial
Fecha de Muestreo : 26 - Marzo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 27 - Marzo - 2 019 / 18:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 - Marzo al 04 - Abril - 2019

Código Interno: L0307/19

| PARÁMETROS | 0307 - 2 ^(A) | 0307 - 4 ^(A) | 0307 - 6 ^(A) | Expresado en: | MÉTODOS DE ENSAYO |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|
| | M01 ^(B) (10:51 h) | M02 ^(B) (12:45 h) | M03 ^(B) (13:15 h) | | |
| Fósforo Total | 0.095 | 3.056 | 4.506 | mg P/L | APHA 4500- P B (Item 5), E |
| Amoniaco | < 0.50 | < 0.50 | < 0.50 | mg NH3-N/L | APHA 4500 NH3 B,C (*) |

(^A) Código de Laboratorio

(^B) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 04 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

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

Código: F79-P-LAB 02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 2 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 9. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 3 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0307/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ /
ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS
Dirección : No Indica
Procedencia : AGUA DESTILADA CON EM
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : Blanco del Inóculo
Fecha de Muestreo : 26 - Marzo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 27 - Marzo - 2 019 / 18:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 - Marzo al 04 - Abril - 2019

Código Interno: L0307/19

| PARÁMETROS | 0272 - 9 ^(a) | Expresado en: | MÉTODOS DE ENSAYO |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--|
| | P01 ^(b) (13:30 h) | | |
| Fósforo Total | 0,032 | mg P/L | APHA 4500- P B (Item 5), E |
| Nitrógeno Total | 8,060 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1(Validado) (*) |

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 04 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

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

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 3 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 10. Resultados de los parámetros físicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 4 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0386/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ /
ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS
Dirección : No Indica
Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA CON EM
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín
Matriz de la Muestra : Agua Superficial
Fecha de Muestreo : 26 - Abril - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 27 - Abril - 2 019 / 07:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 - Abril al 03 - Mayo - 2019

Código Interno: L0386/19

| PARÁMETROS | 0386 - 1 ^(a) | 0386 - 2 ^(a) | 0386 - 3 ^(a) | Expresado en: | MÉTODOS DE ENSAYO |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| | M 1 ^(b) (10:00 h) | M 2 ^(b) (10:30 h) | M 3 ^(b) (11:00 h) | | |
| Amoniaco | < 0,50 | 1,030 | 3,350 | mg NH ₃ -N/L | APHA 4500 NH ₃ B,C (*) |
| Fósforo Total | 0,065 | 1,092 | 1,846 | mg P/L | APHA 4500- P B (item 5), E |
| Nitratos | 1,371 | 3,364 | 5,208 | mg N-NO ₃ /L | APHA 4500-NO ₃ B |
| Nitrógeno Total | 1,731 | 24,65 | 45,19 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*) |

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 03 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

[Firma]
Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

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

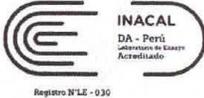
Código: F79-P-LAB 02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 1 de 2

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 11. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 5 de 7).

| | | |
|--|---|---|
|  <p>Environmental Quality Analytical Services S.A. Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental</p> | <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 030</p> |  <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 030</p> |
|--|---|---|

INFORME DE ENSAYO N° A0386/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ / ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS

Dirección : No Indica

Procedencia : AGUA DESTILADA CON EM
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Blanco del Inóculo

Fecha de Muestreo : 26 - Abril - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 27 - Abril - 2 019 / 07:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 - Abril al 03 - Mayo - 2019

Código Interno: L0386/19

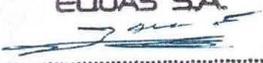
| PARÁMETROS | 0272 - 9 ^(a) | Expresado en: | METODOS DE ENSAYO |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--|
| | P01 ^(b) (11:30 h) | | |
| Fósforo Total | 0,032 | mg P/L | APHA 4500- P B (Item 5), E |
| Nitrógeno Total | 8,04 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1(Validado) (*) |

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

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-
 Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 03 de Mayo de 2 019.


Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



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

| | | |
|----------------------|---|---------------------------|
| Código: F79-P-LAB 02 | Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte | |
| Revisión: 01 | Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 | e_mail: info@equas.com.pe |
| Fecha.: 30-04-2 018 | | Página 2 de 2 |

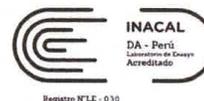
Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 12. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 6 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0555/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ /
ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS

Dirección : No Indica

Procedencia : AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA CON EM
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 27 - Mayo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 29 - Mayo - 2019 / 07:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 29 - Mayo al 06 - Junio - 2019

Código Interno: L0555/19

| PARÁMETROS | 0555 - 1 ^(a) | 0555 - 2 ^(a) | 0555 - 3 ^(a) | Expresado en: | MÉTODOS DE ENSAYO |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| | MO 1 ^(b) (12:20 h) | MO 2 ^(b) (12:40 h) | MO 3 ^(b) (12:52 h) | | |
| Amoniaco | < 0,50 | 19,64 | 38,60 | mg NH ₃ -N/L | APHA 4500 NH ₃ B,C (*) |
| Fósforo Total | 0,018 | 0,086 | 0,071 | mg P/L | APHA 4500- P B (Item 5), E |
| Nitratos | 1,223 | 1,284 | 1,715 | mg N-NO ₃ /L | APHA 4500-NO ₃ B |
| Nitrógeno Total | 1,376 | 20,35 | 26,15 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*) |

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 06 de Junio de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

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

Código: F79-P-LAB 02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 1 de 2

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 13. Resultados de los parámetros fisicoquímicos – Lab. EQUAS S.A. (Página 7 de 7).



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

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



INFORME DE ENSAYO N° A0555/19

Solicitante : GIANELLA OJANAMA RODRÍGUEZ /
ANDY FERNANDO CHOTA ARMAS

Dirección : No Indica

Procedencia : AGUA DESTILADA CON EM
Distrito: Morales - Provincia: San Martín
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Blanco del Inóculo

Fecha de Muestreo : 27 - Mayo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 29 - Mayo - 2 019 / 07:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 29 al 06 - Junio - 2019

Código Interno: L0555/19

| PARÁMETROS | 0272 - 9 ^(a) | Expresado en: | METODOS DE ENSAYO |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--|
| | P01 ^(b) (13:00 h) | | |
| Fósforo Total | 0,032 | mg P/L | APHA 4500- P B (Item 5), E |
| Nitrógeno Total | 8,00 | mg/L | APHA 4500-N C / EPA 352.1(Validado) (*) |

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

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

Lima, 06 de Junio de 2 019

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



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

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

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

Código: F79-P LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

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

Página 2 de 2

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 14. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 1 de 8).



INFORME DE ENSAYO 120519

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Solicitante | Fernando Chota Armas | |
| Código de laboratorio | T01270519 | T02270519 |
| Matriz de agua | Agua Superficial | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 5% | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 10 % |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa – Morales | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 27-05-19 | 27-05-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 27-05-19 | 27-05-19 |
| Fecha de término de análisis | 27-05-19 | 27-05-19 |
| Orden de servicio | 27052019 | 27052019 |
| Hora de Muestreo | 12:45 h | 13:45 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | |
|------------|--------|------------|-----------|
| | | T01270519 | T02270519 |
| Turbiedad | UNT | 153 | 289 |
| pH | Unid | 7.03 | 6.8 |

fecha de emisión 06/06/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Peru
Central Telf. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 15. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 2 de 8).



INFORME DE ENSAYO 120519

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Solicitante : | Fernando Chota Armas |
| Código de laboratorio | T03270519 |
| Matriz de agua | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Laguna Ricuricocha |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 27-05-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 27-05-19 |
| Fecha de término de análisis | 27-05-19 |
| Orden de servicio | 27052019 |
| Hora de Muestreo | 13:10 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
|------------|--------|------------|
| Turbiedad | Unt | 8.85 |
| Ph | Unid | 8.62 |

fecha de emisión 06/06/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Perú
Central Telf. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 16. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 3 de 8).



INFORME DE ENSAYO 110419

**LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.**

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Solicitante | Fernando Chota Armas | |
| Código de laboratorio | T01260419 | T02260419 |
| Matriz de agua | Agua Superficial | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 5% | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 10 % |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa – Morales | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 26-04-19 | 26-04-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 26-04-19 | 26-04-19 |
| Fecha de término de análisis | 26-04-19 | 26-04-19 |
| Orden de servicio | 26042019 | 26042019 |
| Hora de Muestreo | 11:40 h | 12:40 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | |
|------------|--------|------------|-----------|
| | | T01260419 | T02260419 |
| Turbiedad | UNT | 175 | 315 |
| pH | Unid | 7.5 | 7.23 |

fecha de emisión 02/05/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Peru
Central Telf.. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 17. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 4 de 8).



INFORME DE ENSAYO 110419

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Solicitante : | Fernando Chota Armas |
| Código de laboratorio | T03260319 |
| Matriz de agua | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Laguna Ricuricocha |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 26-04-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 26-04-19 |
| Fecha de término de análisis | 26-04-19 |
| Orden de servicio | 26042019 |
| Hora de Muestreo | 13:00 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
|------------|--------|------------|
| Turbiedad | Unt | 8.9 |
| Ph | Unid | 8.73 |

fecha de emisión 02/05/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Peru
Central Telf. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 18. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 5 de 8).

INFORME DE ENSAYO 100319

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Solicitante | Fernando Chota Armas | |
| Código de laboratorio | T01260319 | T02260319 |
| Matriz de agua | Agua Superficial | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 5% | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 10 % |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa – Morales | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 26-03-19 | 26-03-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 26-03-19 | 26-03-19 |
| Fecha de término de análisis | 26-03-19 | 26-03-19 |
| Orden de servicio | 26032019 | 26032019 |
| Hora de Muestreo | 12:45 h | 13:45 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | |
|------------|--------|------------|-----------|
| | | T01260319 | T02260319 |
| Turbiedad | UNT | 195 | 351 |
| pH | Unid | 8.01 | 7.8 |

fecha de emisión 03/04/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Perú
Central Telf. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 19. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 6 de 8).



INFORME DE ENSAYO 100319

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Solicitante : | Fernando Chota Armas |
| Código de laboratorio | T03260319 |
| Matriz de agua | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Laguna Ricuricocha |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 26-03-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 26-03-19 |
| Fecha de término de análisis | 26-03-19 |
| Orden de servicio | 26032019 |
| Hora de Muestreo | 14:00 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
|------------|--------|------------|
| Turbiedad | Unt | 8.98 |
| Ph | Unid | 8.82 |

fecha de emisión 03/04/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martín - Perú
Central Telf.. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 20. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 7 de 8).



INFORME DE ENSAYO 090319

LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Solicitante : | Fernando Chota Armas |
| Código de laboratorio | T03140319 |
| Matriz de agua | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Laguna Ricuricocha |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 14-03-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 14-03-19 |
| Fecha de término de análisis | 14-03-19 |
| Orden de servicio | 14032019 |
| Hora de Muestreo | 14:00 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS |
|------------|--------|------------|
| Turbiedad | Unt | 8.98 |
| Ph | Unid | 8.09 |

fecha de emisión 19/03/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martin - Peru
Central Telf.. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 21. Resultados de parámetros físicos - Lab. EMAPA SAN MARTÍN S.A. (Página 8 de 8).



INFORME DE ENSAYO 100319

**LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DEL AGUA
EMAPA SAN MARTIN S.A.**

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Solicitante | Fernando Chota Armas | |
| Código de laboratorio | T01250319 | T02250319 |
| Matriz de agua | Agua Superficial | Agua Superficial |
| Identificación de la muestra | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 5% | Agua de Laguna Ricuricocha con Microorganismos Eficientes al 10 % |
| Localización de la muestra | Sector Mayopampa – Morales | Sector Mayopampa - Morales |
| Fecha de ingreso de la Muestra | 25-03-19 | 25-03-19 |
| Fecha de inicio de análisis | 25-03-19 | 25-03-19 |
| Fecha de término de análisis | 25-03-19 | 25-03-19 |
| Orden de servicio | 25032019 | 25032019 |
| Hora de Muestreo | 12:45 h | 13:45 h |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Cliente |

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

| PARAMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | |
|------------|--------|------------|-----------|
| | | T01250319 | T02250319 |
| Turbiedad | UNT | 252 | 1004 |
| pH | Unid | 6.1 | 5.23 |

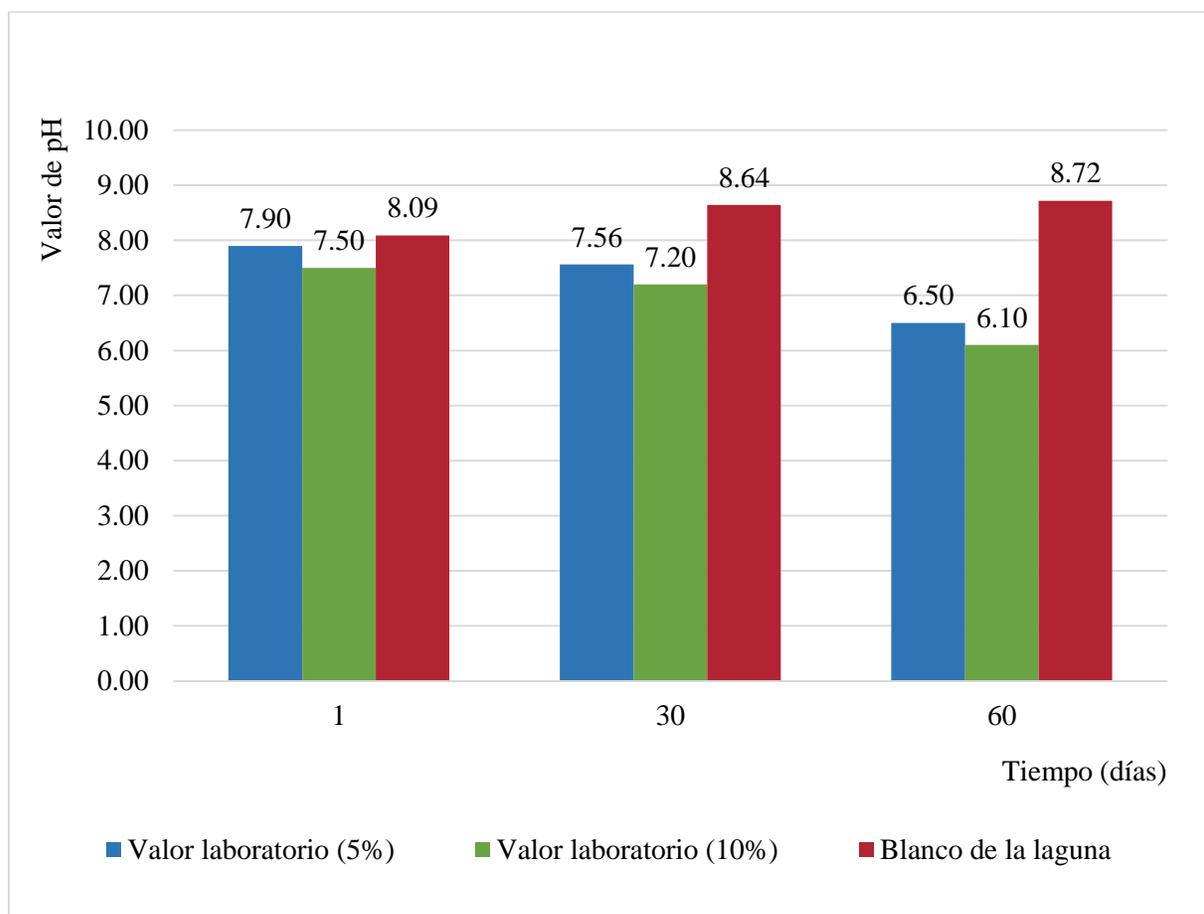
fecha de emisión 26/03/19



Jr. Federico Sánchez N° 900 - Tarapoto - San Martin - Peru
 Central Telf.. (042) 526666 / 523484 / 526472
www.emapasanmartin.com

Fuente: Copia del documento original, 2019.

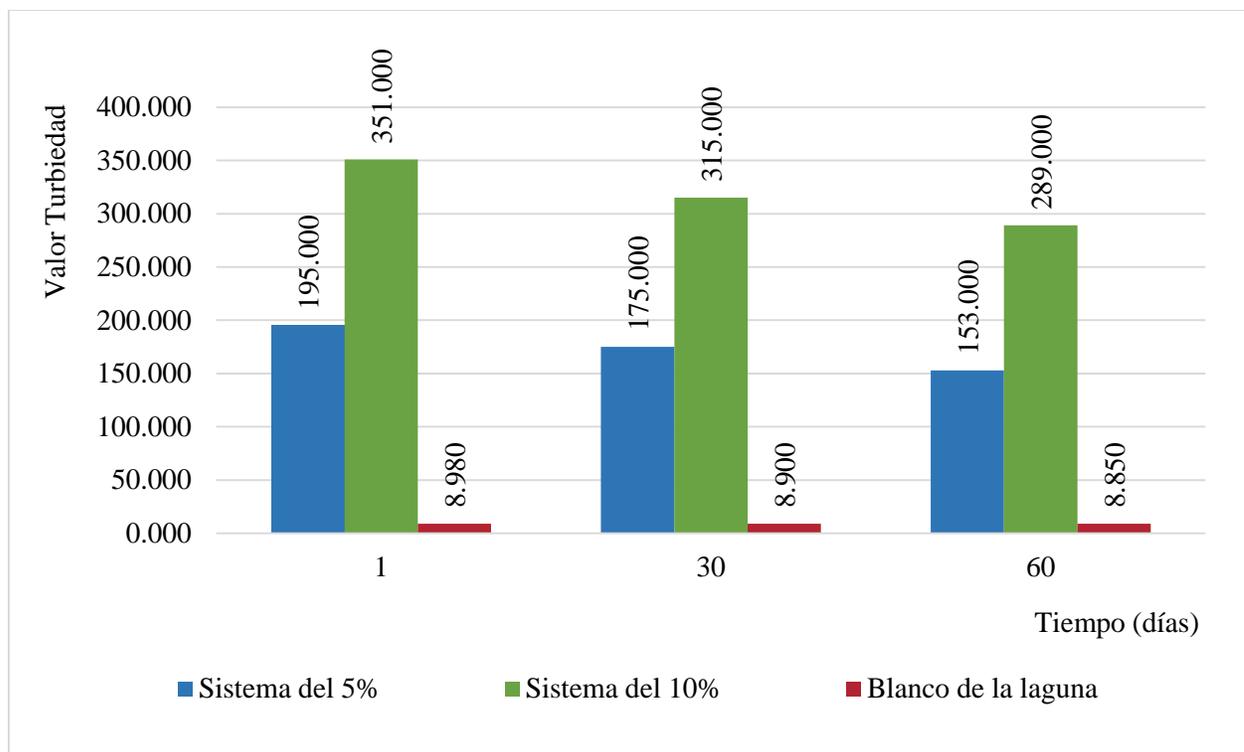
Anexo 22. Valores de pH en cada uno de los sistemas evaluados al primer, 30 y 60 días.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del anexo 22, la interpretación correspondiente a los valores de pH en el agua de la laguna Ricuricocha con aplicación del 5% y 10% de EM-agua evaluados a los 30 y 60 días; se evidenció una disminución progresiva en ambos sistemas. Para ambos casos los valores de pH se encuentran dentro de los establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM (MINAM, 2017).

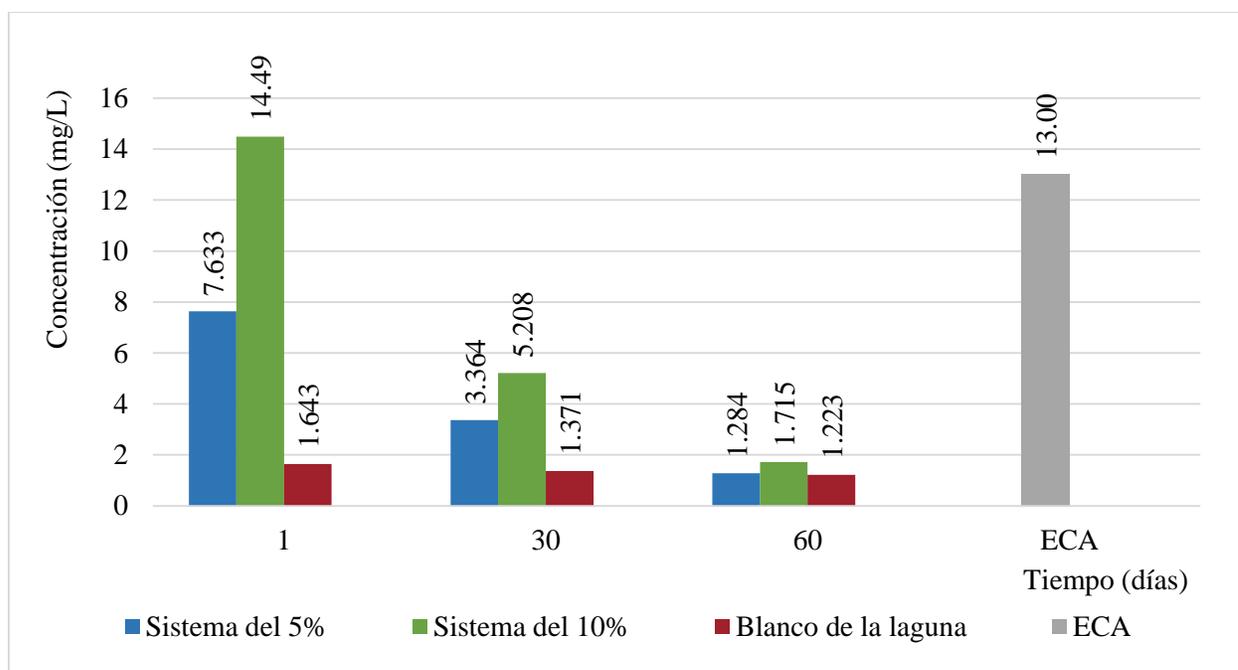
Anexo 23. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de turbiedad del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del anexo 23, se interpreta que el valor correspondiente a la turbiedad en el agua de la laguna Ricuricocha con aplicación del 5% y 10% de EM-agua evaluados a los 30 y 60 días; se evidenció una disminución progresiva en ambos sistemas. Para ambos sistemas los valores determinados sobrepasan a los establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM (MINAM, 2017).

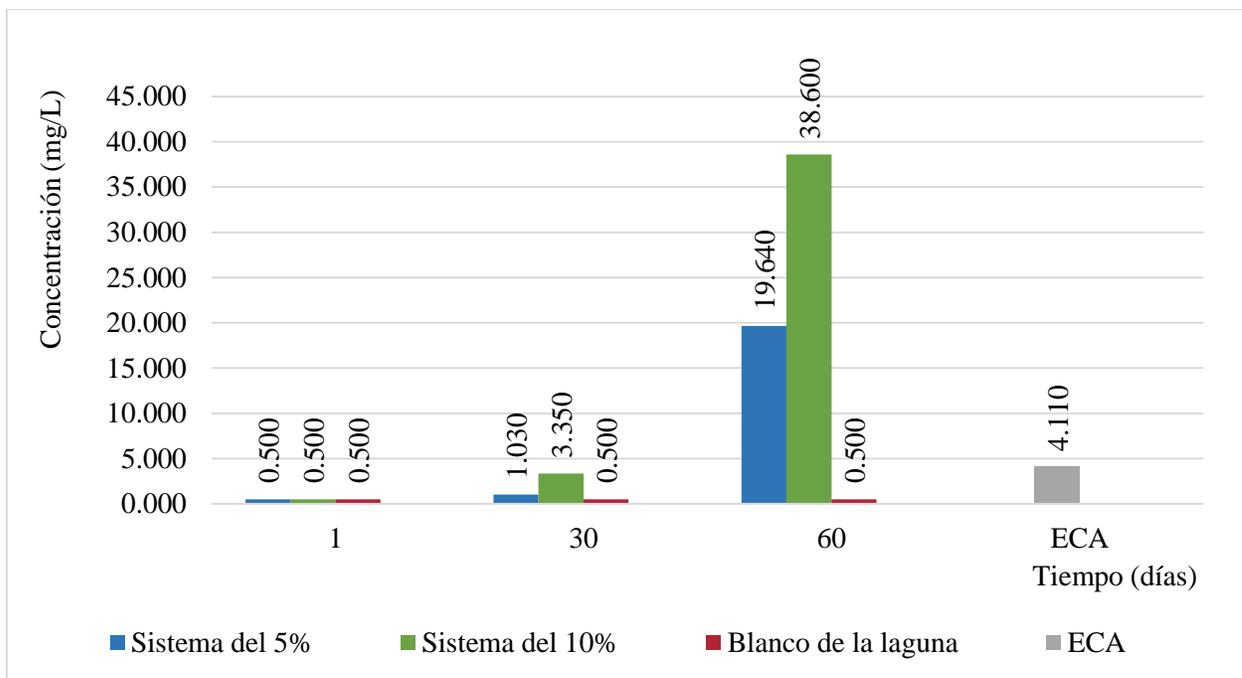
Anexo 24. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de nitrato del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días.



Fuente: Elaboración propia, 2019

Del anexo 24, se interpreta que el valor correspondiente a la concentración de nitrato presente en la muestra de agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM-agua evaluados a los 30 y 60 días; se evidencio que a medida que transcurren los días los valores de nitrato fueron disminuyendo y para todos los casos se encuentran dentro de los establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM.

Anexo 25. Gráfica de perfil correspondiente a los valores de amoniaco del agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del 5% y 10% EM -agua evaluados a los 30 y 60 días.



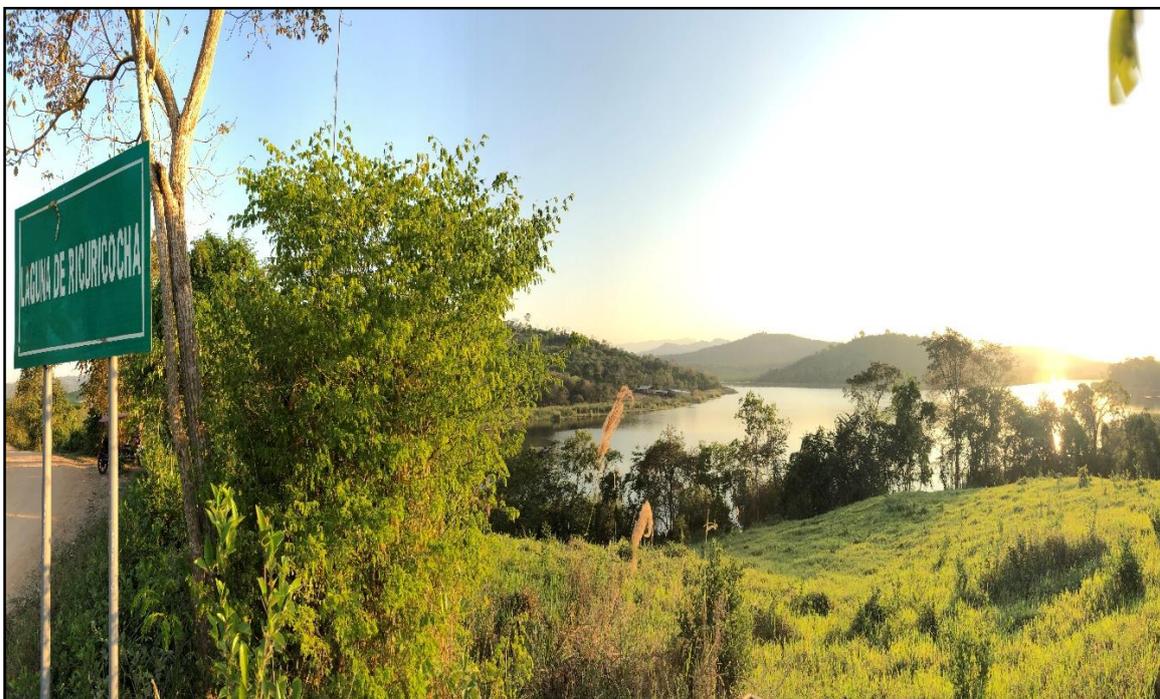
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del anexo 25, se interpreta que los valores correspondientes a la concentración de amoniaco presentes en el agua de la laguna Ricuricocha con aplicación del 5% y 10% de EM-agua evaluados a los 30 y 60 días; se evidenció un aumento progresivo en ambos sistemas. Al transcurrir los 60 días, los valores del parámetro en cuestión sobrepasan los establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: Lagunas y lagos; establecido según el D. S. 004 -2017 MINAM (MINAM, 2017).

Anexo 26. Panel Fotográfico – Condiciones de la laguna Ricuricocha.



Vista panorámica del espejo de agua de la laguna Ricuricocha 1.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Vista panorámica del espejo de agua de la laguna Ricuricocha 2.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Área agrícola en la periferia de la laguna Ricuricocha (cultivo de papaya) 1.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Área agrícola en la periferia de la laguna Ricuricocha (cultivo de papaya) 2.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Área ganadera – dedicado a la crianza de ganado porcino en la periferia de la laguna Ricuricocha.

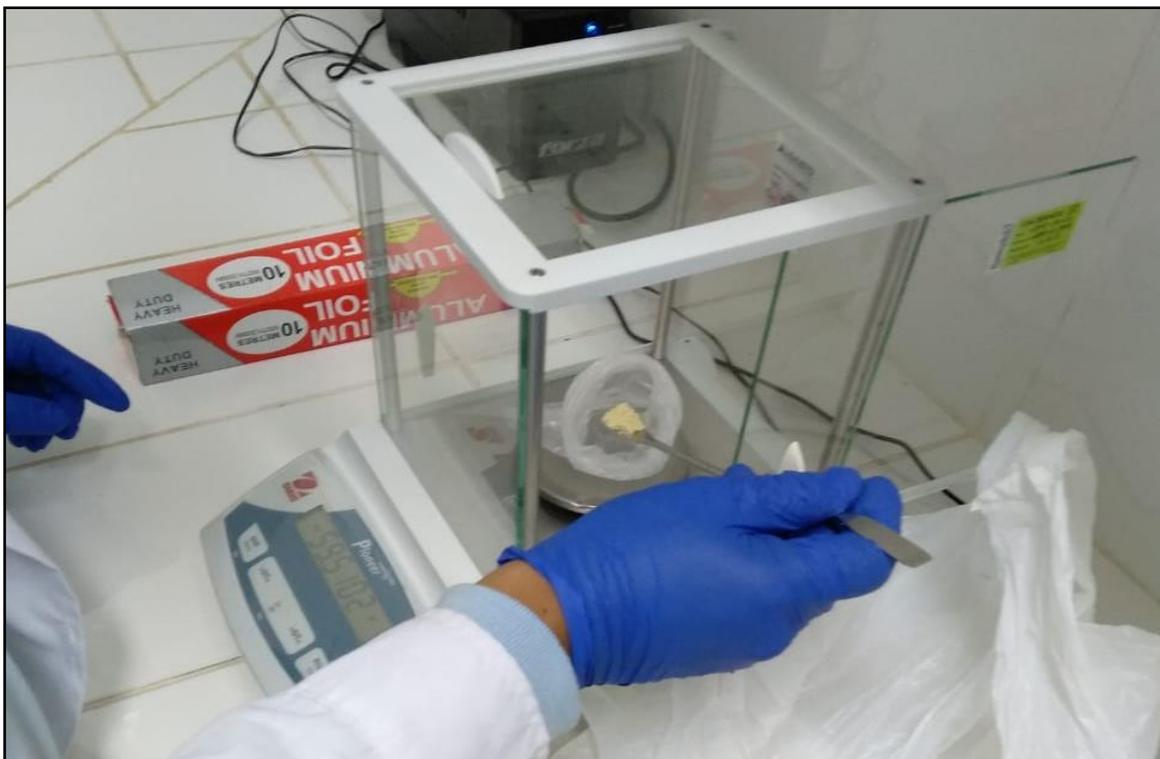
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Área ganadera – dedicado a la crianza de vacuno en la periferia de la laguna Ricuricocha.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 27. Panel Fotográfico – Actividades previas al tratamiento.



Uso de la balanza analítica para pesar los insumos para la reactivación del EM – Agua.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 28. *Panel Fotográfico – Visita de campo y georreferenciación de los puntos de muestreo.*



Recorrido de la laguna Ricuricocha a de reconocer las condiciones del espejo.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Georreferenciación de los puntos de muestreo (Uso del GPS).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 29. Panel Fotográfico – Toma de muestra.



Toma de muestra de la Laguna Ricuricocha

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*



Conservación de las muestras para ser remitidas al laboratorio

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 30. Panel Fotográfico – Toma de muestra para remisión al laboratorio e inicio del ensayo.



Reactores donde se realizó el ensayo (Blanco: A, 5% de EM: B, 10% de EM: C y Agua destilada con EM: D)

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 31. Plan de muestreo para la Toma de Muestra, Preservación, Conservación, Transporte de Agua para los Reactores con Agua de la Laguna Ricuricocha, Según el Protocolo de DIGESA para toma de muestra de agua R. D. N° 160 – 2015.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Una Institución Adventista

PLAN DE MUESTREO PARA LA TOMA DE MUESTRA, PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, TRASPORTE DE AGUA PARA LOS REACTORES CON AGUA DE LA LAGUNA RICURICOCHA Y EM-AGUA- DISTRITO DE MORALES – PROVINCIA SAN MARTÍN- REGIÓN SAN MARTÍN.

Bach. En ing. ambiental Ojanama Rodríguez, **GIANELLA**

Bach. En ing. ambiental Chota Armas, **ANDY FERNANDO**

investigadores del proyecto

MORALES

2 019

ÍNDICE

| | |
|---|---------------------------------|
| INTRODUCCION | 1;Error! Marcador no definido.3 |
| MARCO NORMATIVO | 134 |
| I. DATOS GENERALES | 137 |
| 1.1. Objetivo del muestreo: | 137 |
| 1.2. Resumen de estudios previos: | 137 |
| 1.3. Localización geográfica del sitio (UTM WGS 84): | 137 |
| 1.4. Principales fuentes de contaminación | 139 |
| II. PLANEACIÓN Y PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO | 140 |
| 2.1. Tipo de muestreo | 140 |
| 2.2. Localización, distribución y número de puntos de muestreo | 140 |
| 2.3. Estimación del número total de muestras | 140 |
| 2.4. Parámetros de campo | 140 |
| 2.5. Toma de muestra | 140 |
| 2.6. Preservación de las muestras | 139 |
| 2.7. Conservación y transporte de las muestras | 142 |
| 2.8. Medidas para asegurar la calidad del muestreo | 142 |
| 2.9. Plan de salud y seguridad del operario | 144 |
| III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 145 |
| IV. ANEXOS | ;Error! Marcador no definido. |

INTRODUCCIÓN

El Agua es un recurso indispensable para la humanidad, tanto para consumo directo como indirecto. Pero que el crecimiento poblacional ha llevado a alcanzar un impacto significativo de las principales fuentes de abastecimiento; es por ello, lo que se hace necesario la realización de estudios que permitan determinar la calidad del agua; requiriéndose de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos que permitan diagnosticar la calidad del agua y proponer alternativas de tratamiento y planes que permitan de alguna manera conservar el tan preciado recurso hídrico. Es entonces, que el presente plan de muestreo se pretende especificar para realizar la toma de muestra, preservación, conservación, transporte de muestras de agua procedentes de reactores con agua de la Laguna Ricuricocha mediante la mezcla de EM-agua. Dicho documento tiene la finalidad de contar con un procedimiento confiable y seguro, que contribuya a obtener una correcta toma de muestra.

Es parte de nuestra responsabilidad velar por la protección del agua, independientemente de cualquiera que sea la fuente (superficiales o subterráneas), evitando en todo momento degradarla.

MARCO NORMATIVO

Constitución Política del Perú

En el **artículo 66°** establece que: los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.

Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal; y en el artículo 67° que el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Ley de Recursos Hídricos (LEY Nº 29338)

El **artículo 121°**, menciona que las infracciones en materia de agua son calificadas como leves, graves y muy graves, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Afectación o riesgo a la salud de la población;
2. Beneficios económicos obtenidos por el infractor;
3. Gravedad de los daños generados;
4. Circunstancias de la comisión de la infracción;
5. Impactos ambientales negativos, de acuerdo con la legislación vigente;
6. Reincidencia; y
7. Costos en que incurra el Estado para atender los daños generados.

La calificación e imposición de sanciones en primera instancia corresponde a la autoridad administrativa del agua; y el artículo 122° que las sanciones, concluido el procedimiento sancionador, la autoridad de aguas competente puede imponer, según la gravedad de la infracción cometida y las correspondientes escalas que se fijen en el Reglamento, las siguientes sanciones administrativas:

- a) Trabajo comunitario en la cuenca en materia de agua o
- b) Multa no menor de cero coma cinco (0,5) Unidades Impositivas Tributarias (UIT) ni mayor de diez mil (10 000) UIT. La normativa vigente aplicable al presente informe de análisis de calidad de agua es el siguiente.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley Nº 29338)

En el **artículo 2°** inc. 2) indica que el agua es patrimonio de la Nación y su dominio es inalienable e Imprescriptible. No hay propiedad privada sobre el agua, sólo se otorga en uso a personas naturales o jurídicas. Siendo según el Artículo 55° el acceso al agua para

la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana prioritario sobre cualquier otra clase o tipo de uso.

El **Artículo 56°** determina que el uso primario a que se refiere la Ley es libre y gratuito; no requiere de licencia, permiso o autorización de uso de agua. Se limita a la utilización manual de las aguas superficiales y subterráneas que afloran naturalmente, mientras se encuentren en sus fuentes naturales o artificiales, con el fin exclusivo de satisfacer las necesidades humanas primarias siguientes: preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, así como usos en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

En su **artículo 127°** define que las zonas de protección del agua son áreas específicas de las cuencas hidrográficas o acuíferos cuyas características naturales requieren ser preservadas, para proteger o restaurar el ecosistema, y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como sus bienes asociados. La Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con la autoridad ambiental y las autoridades sectoriales correspondientes, podrá declarar zonas de protección de los recursos hídricos en las que se prohíba, limite o restrinja cualquier actividad que afecte la calidad del agua o sus bienes asociados. Dicha medida podrá adoptarse en aplicación del principio precautorio. Cuando exista grave riesgo de afectación a la salud de la población, podrá declararse zona de protección, para lo que deberá contarse con la opinión sustentada y favorable de la autoridad de salud.

En el **artículo 133°** manifiesta que la Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- a) Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles – LMP.
- b) No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- c) Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- d) No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.
- e) No se afecte la conservación del ambiente acuático.

El **Artículo 277°** tipifica que son infracciones en materia de recursos hídricos las siguientes:

- a) Usar, represar o desviar las aguas sin el correspondiente derecho de uso de agua o autorización de la Autoridad Nacional del Agua.
- b) Construir o modificar, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua, obras de cualquier tipo, permanentes o transitorias, en las fuentes naturales de agua, los bienes naturales asociados a esta o en la infraestructura hidráulica mayor pública.
- c) Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas, cualquiera fuese la situación o circunstancia que lo genere.
- d) Efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar rehúso de aguas, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.
- e) Arrojar residuos sólidos en cauces o cuerpos de agua natural o artificial

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

En el **artículo 114°** establece que el acceso al agua para el consumo humano es un derecho de la población, Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1030; En uso de las facultades conferidas por el artículo 1180 de la Constitución Política del Perú:

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Artículo 1.- Objeto de la norma La presente norma tiene por objeto 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.

I. DATOS GENERALES

1.1. Objetivo del muestreo

Desarrollar el plan de monitoreo de calidad de agua, procedimientos técnicos y criterios para la toma de muestra, preservación, conservación y transporte de la muestra.

1.2. Resumen de estudios previos

Para la toma de muestra se tiene que identificar el punto de control exacto utilizando un GPS, con las coordenadas en el sistema UTM y su estándar geodésico WGS84. Se registra un punto de monitoreo (Punto N°1), Para este caso se consideró a la vivienda que se encuentra al margen de la laguna Ricuricocha

1.3. Localización geográfica del sitio (UTM WGS 84):

Coordenadas UTM

Punto N° 1

E = 344923

N = 9277647

Altitud: 286 msnm

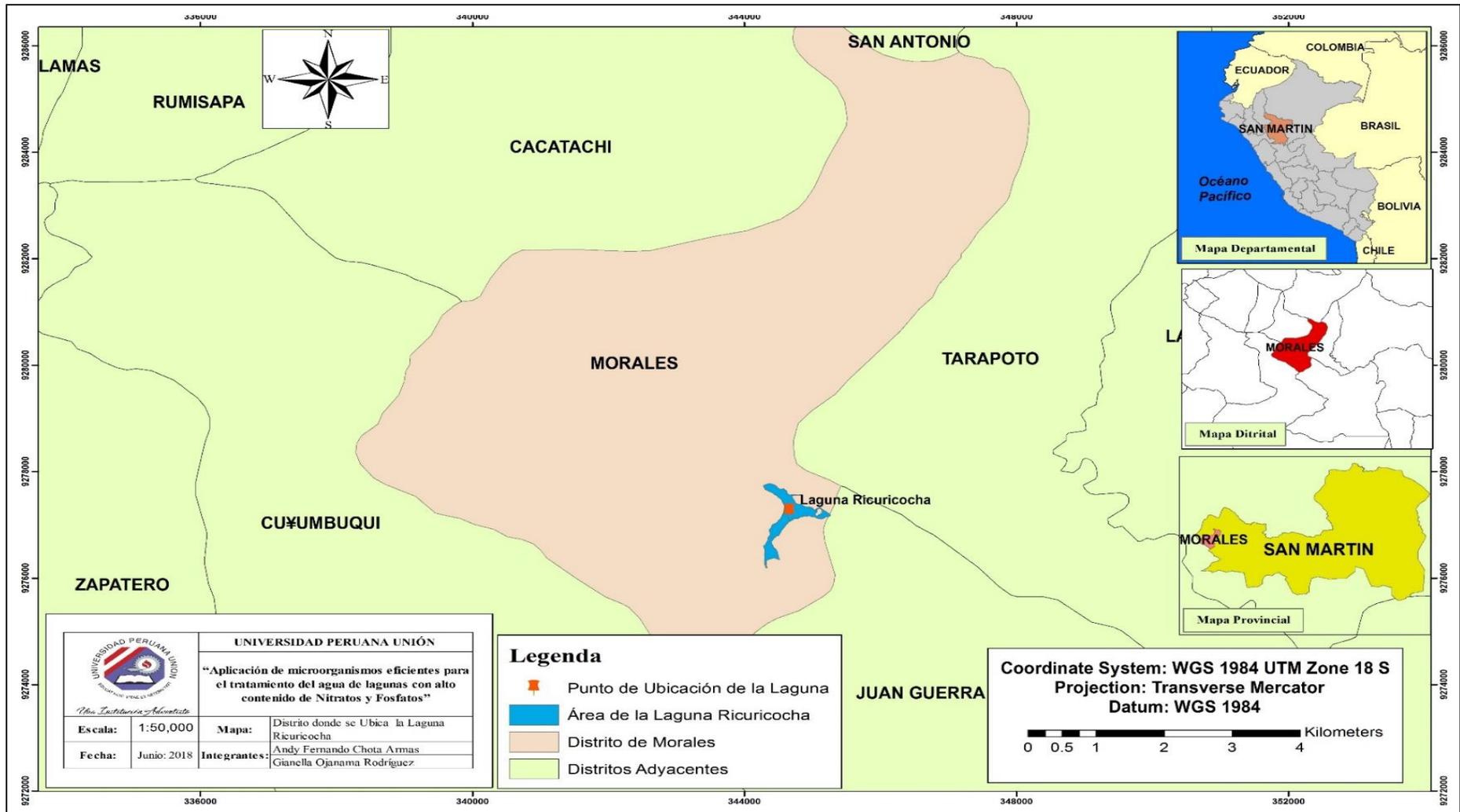


Figura 1: Ubicación geográfica de la laguna Ricuricocha
 Fuente: Elaboración propia, 2019.

1.4. Principales fuentes de contaminación

Tabla 1

Principales fuentes de contaminación.

| ACTIVIDADES | EFFECTOS |
|--------------------|--|
| Ganadería | Escurrimiento de excretas a la laguna Eutrofización de la laguna Erosión |
| Agricultura | Uso de fertilizantes Enriquecimiento de nutrientes en la Laguna |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

II. PLANEACIÓN Y PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO

2.1. Tipo de muestreo

Muestra simple o puntual

Esta muestra consiste en la toma de un volumen de agua en un punto y en un tiempo determinado para el análisis individual de los parámetros que se requiera conveniente, esta muestra es la que representa las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua; así lo especifica el ANA en su Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (2016).

2.2. Localización, distribución y número de puntos de muestreo

Localización: El punto de muestreo se encontrará ubicado dentro del área de influencia (vivienda que se encuentra al margen de la laguna Ricuricocha).

Distribución: Se tomará un (01) punto de muestreo según el lugar de ubicación de los reactores.

Número de puntos: Uno (01) punto de muestreo.

2.3. Estimación del número total de muestras

El punto de muestreo para la toma de muestra de agua se ubicará al margen de la laguna Ricuricocha, teniendo en cuenta que las muestras serán sacadas de los reactores con agua de la laguna Ricuricocha mediante aplicación del EM-agua, que se desarrollarán durante dos meses.

2.4. Parámetros de campo

- pH.
- Turbiedad
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Nitrato
- Amoniac

2.5. Toma de muestra

- La toma de muestra debe ser realizada por personal capacitado, a fin de asegurar que las muestras sean representativas del agua y que durante el muestreo y transporte su composición no se modifique.

- El punto de muestreo debe ser identificado, en la determinación de la ubicación se utilizará el sistema de posicionamiento satelital (GPS) la misma que registrará en coordenadas UTM utilizará para el registro de información.
- Considerar un espacio de 2,5 cm aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión, adición de preservantes y homogenización de las muestras.
- Verificar que los grifos de los reactores estén en buenas condiciones para evitar fugas, si es el caso deberán ser separadas antes de tomar la muestra.

Consideraciones para la medición de parámetros de campo

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- De acuerdo al D.S. 004-2017 MINAM, para la conservación del ambiente acuático, corresponde evaluar los parámetros indicadores de eutrofización: nitrógeno total, fósforo total, amoníaco, nitrato, pH y turbiedad.
- La información recabada de la medición de parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de monitoreo se debe ingresar en la ficha de datos del campo, deberá ser llenada con letra imprenta y legible, sin borrones consignando la información de la toma de muestras.

2.6. Preservación de las muestras

Una vez tomada la muestra de agua, se procede inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos, una vez preservada la muestra, homogenizar y cerrar herméticamente los recipientes. Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados, teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipulados en las hojas de seguridad Materia Safety Data Sheets (MSDS).

Los reactivos deben manipularse adecuadamente para evitar el contacto con los ojos, labios y la piel (manos) y de esa manera provocar la corrosión. Asimismo, deben tomarse precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la nariz, boca y piel.

Por lo cual es necesario el uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes descartables resistentes a los reactivos, utilizar guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde o celeste.

Durante el trabajo de campo, los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un Cooler pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

2.7. Conservación y transporte de las muestras

Para garantizar que las muestras no sufran alteraciones al momento del transporte, las muestras deberán estar refrigeradas con hielo hasta su destino final (laboratorio EQUAS-Lima)

2.8. Medidas para asegurar la calidad del muestreo

Para garantizar el trabajo se considera lo siguiente:

- Asegurar de que los frascos de muestreo cumplan con los requisitos técnicos mínimos establecidos en el protocolo y de acuerdo con la metodología estandarizada de análisis para cada parámetro.
- Aislar, en el mayor grado posible los recipientes de muestreo de las posibles fuentes de contaminación.
- Mantener los frascos tapados durante todo el monitoreo.
- Evitar la perturbación del sitio de muestreo.
- Enjuagar cuidadosamente los frascos y recipientes de muestreo.
- Evitar introducir en la muestra las manos o guantes, asimismo no tocar los frascos en su interior.
- Examinar si cada muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas, si esto son observado, la muestra debe ser descartada y tomada nuevamente.

Tabla 2*Parámetros a monitorear.*

| PARÁMETRO | TIPO DE RECIPIENTE | PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO | TIEMPO DE ALMACENAMIENTO |
|----------------------|--------------------|--|--------------------------|
| Fisicoquímico | | | |
| pH | Plástico o Vidrio | In situ/Laboratorio | 24 horas |
| Turbiedad | | In situ/Laboratorio | 24 horas |
| Fósforo total | | Acidificar con pH 1-2 con H ₂ SO ₄ | 1 mes |
| Amoniaco | PE-HD o PTFE | ≤ 6 °C | 1 mes |
| Nitrógeno total | Plástico o Vidrio | Acidificar con pH 1-2 con H ₂ SO ₄ | 1 mes |
| Nitrato | | Filtrar in situ | 4 días |

Fuente: Tomado de R. J. 010-2016-ANA

2.9. Plan de salud y seguridad del operario

El amplio rango de condiciones encontradas en los muestreos de calidad de agua un personal puede someter a una variedad de riesgos para la seguridad y salud, para prevenir daños personales en campo de deberán tener en cuenta los siguientes:

- El personal que desarrolla el trabajo de campo de contar con la indumentaria y el EPP, necesario para la ejecución de actividad.
- La ubicación del punto de monitoreo deberá ser seleccionado de tal modo que esté garantizado el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.
- El personal de campo tiene que contar con seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR).

III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, & WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (17th ed.). Madrid, España.

Autoridad Nacional del Agua. (2008). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas en el Perú. Lima, Perú.

Autoridad Nacional del Agua. Reglamento de la ley de Recursos Hídricos, Pub. L. No. Ley N°29338, 1 (2010). Lima, Perú.

Autoridad Nacional del Agua. (2011). Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú. Lima, Perú.

Autoridad Nacional del Agua. (2013). Plan Nacional de los Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Pub. L. No. R.J. 010-ANA, 92 (2016). Ministerio de Agricultura y Riego. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>

Autoridad Nacional del Agua. (2016b). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. San Isidro, Lima: marzo 2016.

Ley N° 28611. Ley General del Ambiente (2005). Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. Ley que Modifica la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos mediante el Establecimiento de los Criterios Técnicos para la Identificación y Delimitación de las Cabeceras de Cuenca, Pub. L. No. 30640, 529896 (2014).

Ministerio de Salud. (2015). Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio. Lima, Perú: Dirección General de Salud de las Personas. Retrieved from <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima, Perú: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. Retrieved from <http://www.usmp.edu.pe/recursos humanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2017). Aguas residuales: El recurso desaprovechado. (1st ed.). Paris, Francia. <https://doi.org/10.12691/env-3-1-3>

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. (OMS, Ed.) (3rd ed., Vol. 23). Ginebra - Suiza. Retrieved from http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao_e

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. (2016). Perspectivas globales sobre el agua. In Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo (1st ed., pp. 15–27). Paris, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

SENAMHI. (2018). Pronóstico Extendido a Nivel Nacional. San Martín, Perú.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). Monitoreo hidrológico de la calidad de agua en la cuenca Amazónica Peruana (1st ed.). Lima, Perú: Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Retrieved from [https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion hidrológica de las cuencas amazonicas peruanas.pdf](https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion%20hidrologica%20de%20las%20cuencas%20amazonicas%20peruanas.pdf)

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

| CADENA DE CUSTODIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|----------------------|--------------|---------------------|--|-------|---------------------------|------------|----------|----------|----|--------|--------------|---------------------------------|------|--|--|
| Código Número de Custodia: | | | | | | | | | | Responsable del muestreo: | | | | | Firma: | | | | | |
| Dirección: | | | | | Distrito: | | | | | Provincia: | | | | | Dpto: | | | | | |
| Item | Código del punto de muestreo | Descripción del punto de muestreo | Inicio del muestreo | | Término del muestreo | | Tipo de muestra (*) | Coordenadas UTM | | | Parámetros | | | | | Preservación | | | | |
| | | | Fecha (dd-mm-aa) | Hora (12:00) | Fecha (dd-mm-aa) | Hora (12:00) | | Este | Norte | Altitud | SST | Nitratos | Fosfatos | pH | °T | HCL | H ₂ S O ₄ | NaOH | Zn(O ₂ CC H ₃) ₂ | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total, de muestras ingresadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones | | | | | Envases | | | (*) CALIDAD DE AGUA (AN-SUP) Aguas naturales superficiales: Río, Lago, Laguna, Lluvia; (AN-SUB) Aguas naturales subterráneas: Manantial, Terral, Pozo; (AR-DOM) Aguas Residuales Domésticas; (AR-IND) Aguas Residuales Industriales; (AH) Aguas para uso y consumo Humano: Potable (P), de mesa (M), Ensayada (E), Piscina (PIS), Laguna Artificial (LA); (AS) Aguas Salinas: Mar (MA), Salobres (S), Salmuera (SALM). (**) FP (frasco/plástico), FV (frasco vidrio), FE (frasco estéril), B (bolso), otro (especificar). | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Cantidad | Tipo (**) | Volumen/peso | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENTREGADO | | | | | RECIBIDO | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | | | | | NOMBRE: | | | | | | | | | | | | | | | |
| CARGO: | | | | | CARGO: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | INSTITUCIÓN: | | | | | | | | | | | | | | | |
| FIRMA | | | | | FIRMA | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

