

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE
EUTROFIZACIÓN A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS,
QUÍMICOS Y BIOLÓGICO DEL HUMEDAL DE CONOCOCHA –
ANCASH – 2021”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

Autora: Br. ESTEFANY CRISTINA DELGADO SALINAS

Asesor: Dr. FERNANDO CASTILLO PICON

Huaraz – Ancash – Perú

2021



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____ D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado Evaluador de Tesis, en pleno que suscriben, reunidos el día once de marzo del dos mil veintidós, en la sala virtual de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) en la plataforma de Microsoft Teams (MT) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), y en la sala virtual del Facebook Life, de conformidad a la normatividad vigente condujeron el acto académico público de sustentación y defensa virtual de la tesis "CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE EUTROFIZACIÓN A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICO DEL HUMEDAL DE CONOCOCHA - ANCASH - 2021" que presentó la Bach. DELGADO SALINAS ESTEFANY CRISTINA para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Después de haber atendido la sustentación y defensa oral, y haber escuchado las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..... *APROBADO*

Con el calificativo de: *DIECISEIS (16)*

En consecuencia, la **Bach. DELGADO SALINAS ESTEFANY CRISTINA** queda expedita para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM y Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 211-2020-UNASAM que incorpora la sustentación virtual), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM) y el Instructivo para sustentación virtual de tesis (Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020).


Huaraz, 11 de marzo del 2022



DR. ALFREDO WALTER REYES NOLASCO
Presidente
Jurado de sustentación



MSc. RICARDO RAY VILLANUEVA RAMÍREZ
Primer miembro
Jurado de sustentación



Ing. FRANCISCO CLAUDIO LEÓN HUERTA
Segundo miembro
Jurado de sustentación



Dr. HERACLIO FERNANDO CASTILLO PIÉON
Asesor de tesista



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

- ✓ A mi madre, Feliciana por ser mi compañera incondicional, por darme el amor y dedicación especial en toda etapa de mi vida e impulsarme a lograr mis objetivos.
- ✓ A mi padre, Víctor por formar parte de mi vida y darme adecuados consejos y la fuerza para lograr mis metas.
- ✓ A mi hermano Ricardo, mi hermana Rocío y mi sobrino Luis, que siempre estuvieron de una forma u otra presente en mi vida, aconsejándome, dándome el apoyo y ánimos para lograr todo lo que me proponga.
- ✓ A mi novio, Jenyn que es parte esencial en mi vida, complemento personal y profesional, por todo su apoyo y su presencia día a día en el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ Agradezco profundamente el apoyo incondicional de mis amados padres, mi familia y mi novio, me siento bendecida de formar parte de sus vidas.
- ✓ Agradezco al Mag. Jenyn Silvestre Chavarria por su apoyo, aportes y guía en el desarrollo y presentación de mi tesis.
- ✓ Agradezco al Mag. Luis Delgado Maguiña por la guía en la redacción y asesoramiento en el desarrollo de mi tesis.
- ✓ Agradezco a mi asesor el Dr. Fernando Castillo Picón por su guía y consejos en el desarrollo de mi tesis.
- ✓ Agradezco también a los miembros del jurado por su tiempo, sus observaciones y sugerencias.
- ✓ Agradezco de forma especial a todas las personas que se involucraron presencialmente en la toma de muestras y fotografías en el desarrollo de mi tesis, sin su presencia nada hubiera sido lo mismo, muchas gracias por brindarme su compañía los guardo en mi corazón.

RESUMEN

El humedal de Conococha es un cuerpo de agua importante en la cuenca del río Santa del cual su descarga aporta de forma directa y continua en toda época del año al río Santa, se encuentra ubicada en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, departamento de Ancash a una altitud aproximada de 4,050 msnm. Este cuerpo de agua presta soporte al ecosistema influyendo directamente al ciclo de nutrientes para su conservación y es un atractivo turístico importante del callejón de Huaylas; por lo tanto, nace la preocupación de conservar sus características naturales y evitar su eutrofización, el cual se entiende como la disminución de profundidad de los cuerpos de agua a causa del enriquecimiento de nutrientes a un ritmo superior de eliminación, ocasionando cambios sustanciales en el equilibrio ecológico del sistema.

En el siguiente trabajo se caracterizó el estado actual de eutrofización a partir de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha; para ello se identificó las causas de eutrofización, los niveles de oxígeno disuelto, temperatura, potencial hidrógeno, conductividad eléctrica, transparencia del agua, fosfatos, nitratos y clorofila "a"; los cuales están presentes debido a la actividad antrópica como la ganadería y los efluentes de aguas residuales y residuos sólidos.

Como resultado de la toma de muestras in situ en el periodo de estiaje y periodo de precipitación, análisis de laboratorio y evaluación de los datos obtenidos; se determinó la relación del nivel trófico del humedal de Conococha por diversos índices, como el índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson (1979) que corresponde a mesotrófico, según el índice de Smith (2003) corresponde a hipertrofia, según la clasificación de la OCDE (1982) es de eutrófico a hipertrófico, y según APHA (1981) se define como eutrófico; lo que significa que el humedal de Conococha muestra alta productividad biológica, baja cantidad de oxígeno disuelto, poca claridad del agua, baja calidad y cantidad de agua, así como abundancia de plantas acuáticas.

Palabras claves: Conococha, eutrofización, humedal.

ABSTRACT

The Conococha wetland is an important body of water in the Santa river basin from which its discharge contributes directly and continuously at all times of the year to the Santa river, it is located in the district of Cátac, province of Recuay, department of Ancash at an approximate altitude of 4,050 meters above sea level. This body of water supports the ecosystem by directly influencing the nutrient cycle for its conservation and is an important tourist attraction in the Callejón de Huaylas; Therefore, the concern arises to preserve its natural characteristics and avoid its eutrophication, which is understood as the decrease in depth of water bodies due to the enrichment of nutrients at a higher rate of elimination, causing substantial changes in the balance. ecological system.

In the following work the current state of eutrophication was characterized from the physical, chemical and biological parameters of the Conococha wetland; For this, the causes of eutrophication, dissolved oxygen levels, temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, water transparency, phosphates, nitrates and chlorophyll "a" were identified; which are present due to anthropic activity such as livestock and wastewater effluents and solid waste.

As a result of the taking of samples in situ in the period of low water and period of precipitation, laboratory analysis and evaluation of the data obtained; The relationship of the trophic level of the Conococha wetland was determined by various indices, such as the trophic state index (TSI) proposed by Carlson (1979) that corresponds to mesotrophic, according to the Smith index (2003) corresponds to hypertrophy, according to the classification from the OECD (1982) it is from eutrophic to hypertrophic, and according to APHA (1981) it is defined as eutrophic; which means that the Conococha wetland shows high biological productivity, low amount of dissolved oxygen, poor water clarity, low quality and quantity of water, as well as an abundance of aquatic plants.

Keywords: Conococha, eutrophication, wetland.

INDICE

| CONTENIDO | Pág. |
|---|-------------|
| AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN | i |
| ACTA DE SUSTENTACIÓN | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| INDICE | viii |
| LISTA DE TABLAS | xii |
| LISTA DE FIGURAS | xiv |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivos | 3 |
| 1.1.1. Objetivo general | 3 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 3 |
| 1.2. Hipótesis | 3 |
| 1.3. Variables | 3 |
| CAPÍTULO II | |
| MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. Antecedentes | 4 |
| 2.2. Características de la zona de estudio | 7 |
| 2.2.1. Ubicación y extensión | 7 |
| 2.2.2. Descripción de los componentes físicos y caracterización ambiental de la subcuenca | 9 |
| 2.3. Bases teóricas | 11 |
| 2.3.1. Limnología | 11 |
| 2.3.2. Lagos o lagunas | 12 |
| 2.3.3. Humedales | 14 |
| 2.3.4. Eutrofización | 16 |
| 2.3.5. Zonas biológicas | 17 |
| 2.3.6. Sistemas tróficos | 17 |
| | viii |

| | | |
|---------------------------|--|-----------|
| 2.3.7. | Causas de la eutrofización | 18 |
| 2.3.8. | Relación de los parámetros físicos en la eutrofización | 24 |
| 2.3.9. | Relación de los parámetros químicos en la eutrofización | 29 |
| 2.3.10. | Relación de los parámetros biológicos en la eutrofización | 31 |
| 2.3.11. | Estudios para evaluar la eutrofización a través del grado de eutrofia | 32 |
| 2.3.12. | Estándares de calidad de agua (ECA) | 36 |
| 2.4. | Definición de términos | 37 |
| CAPÍTULO III | | |
| MARCO METODOLÓGICO | | 38 |
| 3.1. | Tipo de investigación | 38 |
| 3.2. | Diseño de la investigación | 38 |
| 3.3. | Método y técnica | 40 |
| 3.4. | Población, muestra y muestreo | 40 |
| 3.5. | Técnicas, instrumentos y procedimientos en la colecta de datos | 43 |
| 3.5.1. | Método de identificación de las actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha | 43 |
| 3.5.2. | Método de identificación de los parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 44 |
| 3.5.3. | Método de identificación de los parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 48 |
| 3.5.4. | Método de identificación del parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha | 49 |
| 3.6. | Procedimientos para el procesamiento de datos y análisis estadístico de la información | 50 |
| 3.6.1. | Tratamiento de datos a través del grado de eutrofia | 50 |
| 3.6.2. | Tratamiento de datos a través del índice de Smith | 51 |
| 3.6.3. | Tratamiento de datos por medio de la clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE | 51 |
| CAPITULO IV | | |
| RESULTADOS | | 52 |
| 4.1. | Actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha | 52 |
| 4.1.1. | Actividades ganaderas | 52 |
| 4.1.2. | Flujo de residuos sólidos y efluentes de modo directo al humedal de Conococha | 56 |

| | | |
|--------------------------------|--|-----------|
| 4.2. | Parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 58 |
| 4.2.1. | Oxígeno disuelto (OD) | 58 |
| 4.2.2. | Temperatura | 59 |
| 4.2.3. | Potencial hidrógeno (pH) del agua | 60 |
| 4.2.4. | Conductividad eléctrica del agua | 61 |
| 4.2.5. | Transparencia de Secchi | 62 |
| 4.3. | Parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 63 |
| 4.3.1. | Fosfatos | 63 |
| 4.3.2. | Nitratos | 65 |
| 4.4. | Parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha | 66 |
| 4.4.1. | Concentración de Clorofila "a" | 66 |
| 4.5. | Cálculo del índice del estado trófico del humedal de Conococha | 68 |
| 4.5.1. | Índice del estado trófico (Trophic state index - TSI) | 68 |
| 4.5.2. | Índice de Smith | 68 |
| 4.5.3. | Estado trófico de acuerdo a la OCDE 1982 | 69 |
| 4.6. | Estándares de calidad de agua (ECA) | 70 |
| 4.7. | Contrastación de hipótesis | 71 |
| CAPÍTULO V | | |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | | 73 |
| 5.1. | Evaluación de las actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha | 73 |
| 5.2. | Evaluación de los parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 74 |
| 5.2.1. | Oxígeno disuelto (OD) | 74 |
| 5.2.2. | Potencial hidrógeno (pH) | 74 |
| 5.2.3. | Temperatura en el humedal de Conococha | 75 |
| 5.2.4. | Conductibilidad eléctrica | 75 |
| 5.2.5. | Transparencia de Secchi | 76 |
| 5.3. | Evaluación de los parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha | 76 |
| 5.3.1. | Fósforo | 76 |
| 5.3.2. | Nitrógeno | 77 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 5.4. | Evaluación del parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha | 78 |
| 5.4.1. | Clorofila “a” | 78 |
| CAPÍTULO VI | | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 79 |
| 6.1. | Conclusiones | 79 |
| 6.2. | Recomendaciones | 80 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 82 |
| ANEXOS | | 87 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Valores de oxígeno disuelto, condición y consecuencias..... | 27 |
| Tabla 2. Clasificación general (internacional) tipificadora del estatus trófico o productivo de lagos y lagunas..... | 30 |
| Tabla 3. Clasificación del índice de estado trófico (TSI) de acuerdo a Carlson..... | 33 |
| Tabla 4. Fórmulas para estimar el TSI aplicando los indicadores de eutrofia | 34 |
| Tabla 5. Clasificación de la condición trófica de acuerdo al índice de Smith..... | 35 |
| Tabla 6. Clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE | 36 |
| Tabla 7. ECA agua - categoría 4 (conservación del ambiente acuático) – sub categoría E1 (lagunas y lagos) | 37 |
| Tabla 8. Ubicación de los puntos de muestreo en el humedal de Conococha | 41 |
| Tabla 9. Niveles de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación registrados del humedal de Conococha | 58 |
| Tabla 10. Registro de la temperatura del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 59 |
| Tabla 11. Registro de pH del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 60 |
| Tabla 12. Registro de conductividad eléctrica del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 61 |
| Tabla 13. Registro de transparencia de Secchi en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 62 |
| Tabla 14. Índice de estado trófico de transparencia (disco de Secchi) (TSIDS) del humedal de Conococha | 63 |
| Tabla 15. Niveles de concentración de fosfatos (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 63 |
| Tabla 16. Índice del estado trófico de fósforo total (TSIPt) del humedal de Conococha...64 | |
| Tabla 17. Niveles de concentración de nitratos en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 65 |
| Tabla 18. Niveles de concentración de Clorofila “a” (mg/m ³) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 66 |
| Tabla 19. Índice de estado trófico de la clorofila “a” (TSIClorf a) del humedal de Conococha | 67 |
| Tabla 20. Resumen del TSI de los parámetros en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 68 |

| | |
|---|----|
| Tabla 21. Niveles de concentración de clorofila “a” ($\mu\text{g/l}$) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 68 |
| Tabla 22. Niveles de concentración de fosfatos ($\mu\text{g/l}$) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 69 |
| Tabla 23. Resumen de los parámetros y comparación con el índice de Smith | 69 |
| Tabla 24. Resumen de los parámetros y comparación con el estado trófico de acuerdo a la OCDE | 70 |
| Tabla 25. Parámetros del humedal de Conococha y comparación con el ECA agua – categoría 4 – sub categoría E1 de lagunas y lagos..... | 70 |
| Tabla 26. Cuadro estadístico de análisis con el software SPSS..... | 71 |
| Tabla 27. Cuadro de resumen para la toma de decisiones con el software SPSS..... | 72 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación del humedal de Conococha | 8 |
| Figura 2. Procesos de eutrofización química..... | 20 |
| Figura 3. Ciclo de eutrofización en lagos y embalses..... | 21 |
| Figura 4. Procesos de eutrofización | 22 |
| Figura 5. Procesos de eutrofización del eutrófico al hipertrófico..... | 23 |
| Figura 6. Etapas del diseño de la investigación..... | 39 |
| Figura 7. Mapa de ubicación de puntos de muestreo en el humedal de Conococha | 42 |
| Figura 8. Imágenes de identificación de las causas de la eutrofización..... | 43 |
| Figura 9. Imagen de la medición de pH..... | 44 |
| Figura 10. Imagen de la medición de conductividad eléctrica..... | 45 |
| Figura 11. Imagen de la medición de oxígeno disuelto..... | 45 |
| Figura 12. Imagen de la medición de temperatura del agua..... | 46 |
| Figura 13. Imágenes de medición de la transparencia del agua..... | 47 |
| Figura 14. Imagen del muestreo para fósforo total y nitrato..... | 48 |
| Figura 15. Imágenes del muestreo de clorofila “a” | 49 |
| Figura 16. Pasos para emplear el índice de estado trófico (TSI) | 50 |
| Figura 17. Pasos para obtener la condición trófica del índice de Smith..... | 51 |
| Figura 18. Pasos para clasificar el estado trófico de acuerdo a la OCDE..... | 51 |
| Figura 19. Imágenes de presencia de vacunos y aves..... | 53 |
| Figura 20. Imágenes de presencia de ovinos y auquénidos | 54 |
| Figura 21. Imágenes de heces de auquénidos y ovinos..... | 55 |
| Figura 22. Imagen del efluente de aguas residuales y residuos sólidos | 56 |
| Figura 23. Gráfica de los niveles de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 58 |
| Figura 24. Gráfica del registro de temperatura del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 59 |
| Figura 25. Gráfica del registro de pH del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha | 60 |
| Figura 26. Gráfica del registro de conductividad eléctrica del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha..... | 61 |
| Figura 27. Mapa de distribución de transparencia de Secchi del humedal de Conococha | 62 |
| Figura 28. Mapa de distribución de fosfatos del humedal de Conococha | 64 |
| Figura 29. Mapa de distribución de nitratos del humedal de Conococha..... | 65 |
| Figura 30. Mapa de distribución de clorofila “a” del humedal de Conococha..... | 67 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que afrontamos los seres humanos es con respecto al recurso del agua, la cual va tomando año tras año más importancia a nivel mundial. Las investigaciones en América, Europa, Asia y Oceanía, todos mencionan, que tienen problemas con el proceso de eutrofización; como consecuencia, los cuerpos de agua están en desaparición o se van contaminando a grandes niveles, esto a causa de las actividades antrópicas que introducen un exceso de nutrientes, de modo directo o indirecto por ende originan la contaminación de los cuerpos de agua, esta es la fuente de los cambios en el medio acuático.

La eutrofización es una de las problemáticas ambientales a nivel global más importante que se presenta en los cuerpos de agua, el proceso consiste en el enriquecimiento excesivo de nutrientes, principalmente de fósforo y nitrógeno, que estimula el crecimiento de fitoplancton. Este fenómeno se produce de manera natural, sin embargo, el hombre en su afán de satisfacer sus necesidades ha causado cambios drásticos sobre los recursos naturales que puede acelerar el proceso de eutrofización, debido a las actividades que realiza en dicho lugar, causando el deterioro y alteración del equilibrio del ecosistema acuático.

El Perú alberga, especialmente en sus partes más altas, una gran cantidad de lagos y lagunas de régimen permanente o temporal y de gran diversidad de tamaños, los mismos que presentan un gran potencial de aprovechamiento para

diversos usos, tales como la agricultura, energía, piscicultura, abastecimiento humano, industrial y minero (Chocano, 2005).

Para ello existe la Ley General de Recursos Hídricos N° 29338 en su artículo 6° (Principio de sostenibilidad), señala que el estado peruano promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran el uso y gestión sostenible del agua que implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

No obstante, esta norma en la actualidad no se cumple de acuerdo a ley, debido a la limitada información que sirve como línea base para el desarrollo de una actividad sostenible o su posible conservación.

En el presente estudio del humedal de Conococha, se ha observado una clara disminución en cuanto a cantidad y calidad del agua, siendo imprescindible realizar un análisis de estos cuerpos de agua para verificar su estado actual y sus posibles soluciones frente al proceso eutrófico que vienen atravesando en la actualidad.

De lo expuesto, surge el interés de caracterizar el estado actual de eutrofización a partir de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha, así como conocer las actividades antrópicas que lo causan.

En este contexto se planteó el siguiente **problema de investigación**: ¿Cuáles son las características del estado actual de eutrofización a partir de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha?

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Caracterizar el estado actual de eutrofización a partir de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha

1.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar las actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha.
- ✓ Identificar los niveles de conductividad eléctrica, temperatura, transparencia, oxígeno disuelto y pH que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha.
- ✓ Identificar los niveles de los fosfatos y nitratos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha.
- ✓ Establecer el nivel de clorofila “a” que determina la eutrofización en el humedal de Conococha

1.2. Hipótesis

Las características del estado actual de eutrofización del humedal de Conococha es consecuencia de las actividades antrópicas determinadas por los parámetros físicos, químicos y biológico.

1.3. Variables

Se tiene dos tipos de variables:

- ✓ **Variable dependiente:** Estado trófico del humedal.
- ✓ **Variable independiente:** Parámetros físicos, químicos y biológico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El estado trófico de los medios acuáticos en general y de las lagunas litorales en particular, constituye uno de los problemas ambientales que ha despertado mayor interés en la comunidad científica, en los últimos tiempos. Una de las investigaciones, para determinar, el estado trófico, son: Índice de estado trófico, propio para medir el grado de eutrofia en aguas dulces lénticas, ha sido propuesto por la EPA (agencia de protección ambiental de los Estados Unidos de Norte América) en 1991, como un análisis de monitoreo, de la calidad de los lagos, se basa en medir la transparencia, concentración de clorofila, fosforo total y nitrógeno total, variables justificadas en la ecología acuática (Carlson & Simpson, 1996).

La investigación que se realizó en el complejo lacustre de Mojanda en sus cuatro lagunas expresa que la concentración promedio más alta de clorofila "a" se presentó en la laguna Chiriyacu con un valor de 5,6 mg/m³, seguido de Yanacocha con 3,675 mg/m³ continuando con el resultado obtenido en Huarmicocha de 1,188 mg/m³, teniendo la concentración más baja en Caricocha con 1,0 mg/m³ (Oña, 2017); al comparar estos resultado con estudios previos realizados en cuerpos de agua con características

similares como en la laguna de Surocucho que presentó una concentración de clorofila "a" 0,67 mg/m³ (Barros & Carrasco, 2006) con lo se concluye que este tipo de sistemas acuáticos presentan un bajo nivel de clorofila "a", resultados obtenidos a través del método analítico 10200 H. Chloropyll aprobado y validado por la APHA (1999).

Según Fonturbel (2019), se evaluó el grado de avance del proceso de eutrofización del lago Titicaca; donde halló que los parámetros DBO₅, nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez mostraron un elevado grado de correlación y se manifiestan en conjunto como buenos indicadores del grado de eutrofización. Los coliformes termo tolerantes se manifiestan como un indicador indirecto relativamente bueno del aporte de aguas servidas al lago. Tanto los parámetros de macrófitas y fitoplancton como los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mostraron ser buenos indicadores del avance del proceso eutrófico localizado en cada uno de los sitios de estudio. Mediante la información obtenida se caracterizó cada localidad según la escala de clases de aguas de la Ley de Medio Ambiente de Bolivia estableciéndose el siguiente orden decreciente del grado de eutrofización: Cohana > Alaya > Tiquina > Copacabana.

El proceso de eutrofización es un proceso de enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema acuático, en su investigación Diaz & Sotomayor (2012), señalan que: el humedal de Conocochocha a agosto de 2012 el nivel de eutrofización variaba de eutrófico a hipertrófico, así mismo expresa que las causas son la actividad ganadera, el vertimiento directo de las aguas residuales de la actividad antrópica, la concentración de nitrato (NO₃⁻) presente en el humedal de Conocochocha a agosto de 2012, en temporada de lluvia es de 201,7 µg/l y en temporada de estiaje es de 230 µg/l., con un promedio de 215,9 µg/l, la concentración de fósforo total determinada en el humedal de Conocochocha a agosto de 2012, en temporada de lluvia es de 128,9 µg/l y en temporada de estiaje es de 132,0 µg/l. lo cual nos da de fósforo total un promedio de 130,5 µg/l., con relación a la clorofila "a" para la fecha de estudio es de 46 µg/l, los niveles de transparencia de

Secchi para la temporada de lluvia como para la temporada de estiaje son 0,69 m y 0,62 m en promedio respectivamente, lo cual nos da de transparencia un promedio anual de 0,65 m.

En su trabajo de investigación Campos (2015), expresa sobre la concentración de fósforo total determinado en las aguas de la laguna, en temporada de estiaje es de 1,20 mg/l, y en época de lluvia 1,26 mg/l, según la clasificación del nivel trófico propuestas por OCDE (1982), se evidencia que la laguna de Ñahuinpuquio presenta un nivel ultra oligotrófico, ya que el valor propuesto por la organización es < 4 (mg/m³), la concentración de nitrato (N-NO₃) presente en la laguna de Nahuinpuquio, en temporada de estiaje es de 86 µg/l, y en época de lluvia es de 92 µg/l, colocando a la laguna de Ñahuinpuquio en su máxima clasificación, a un nivel Mesotrófico, comparando con la clasificación propuesta por el APHA (1999) (200 µg/l).

Según Herrera (2016), sostiene en su trabajo de bioecología de la laguna Challhuacocha, ubicada a 3880 msnm en Conchucos (Perú), en agosto del 2014, realizó el trabajo en el periodo de sequía para lo cual trabajó en 8 transeptos y 16 estaciones, se evaluaron aspectos morfométricos, batimétricos; meteorológicos, llegando a los siguientes resultados: La laguna tiene 41.659 ha, es de forma y lecho irregular, de 35 m de profundidad máxima. La temperatura del agua promedio fue de 11 °C, con 4.5 m/s de velocidad de viento, el oxígeno disuelto es bajo, de 3.6 mg/l relacionado con la materia orgánica del sedimento, registrado en 16.3%. El pH promedio fue 7.8 y los nitritos con valores de cero.

Por otra parte, Benites (2016), explica el propósito de conocer el estado ecológico de la laguna Llamacocha ubicada en Conchucos (Ancash, Perú) en el mes de agosto del 2014; reportó los siguientes resultados: el área de la laguna es de 40.9 ha, la línea de orilla es de 1462 m, longitud máxima de 306 m, ancho máximo 210 m, el volumen 278447 m³ y profundidad media 6.8 m. La temperatura superficial del agua entre 12.2 y 15.5°C, el color del agua de verde oscuro a verde turquesa, transparencia de 0.80 a 0.95 m y

sólidos suspendidos totales entre 0.02 y 0.076 mg/L. El oxígeno disuelto entre 4.6 y 3.7 mg/L, pH entre 7 a 7.7 y nitritos de 0.3 mg/L.

2.2. Características de la zona de estudio

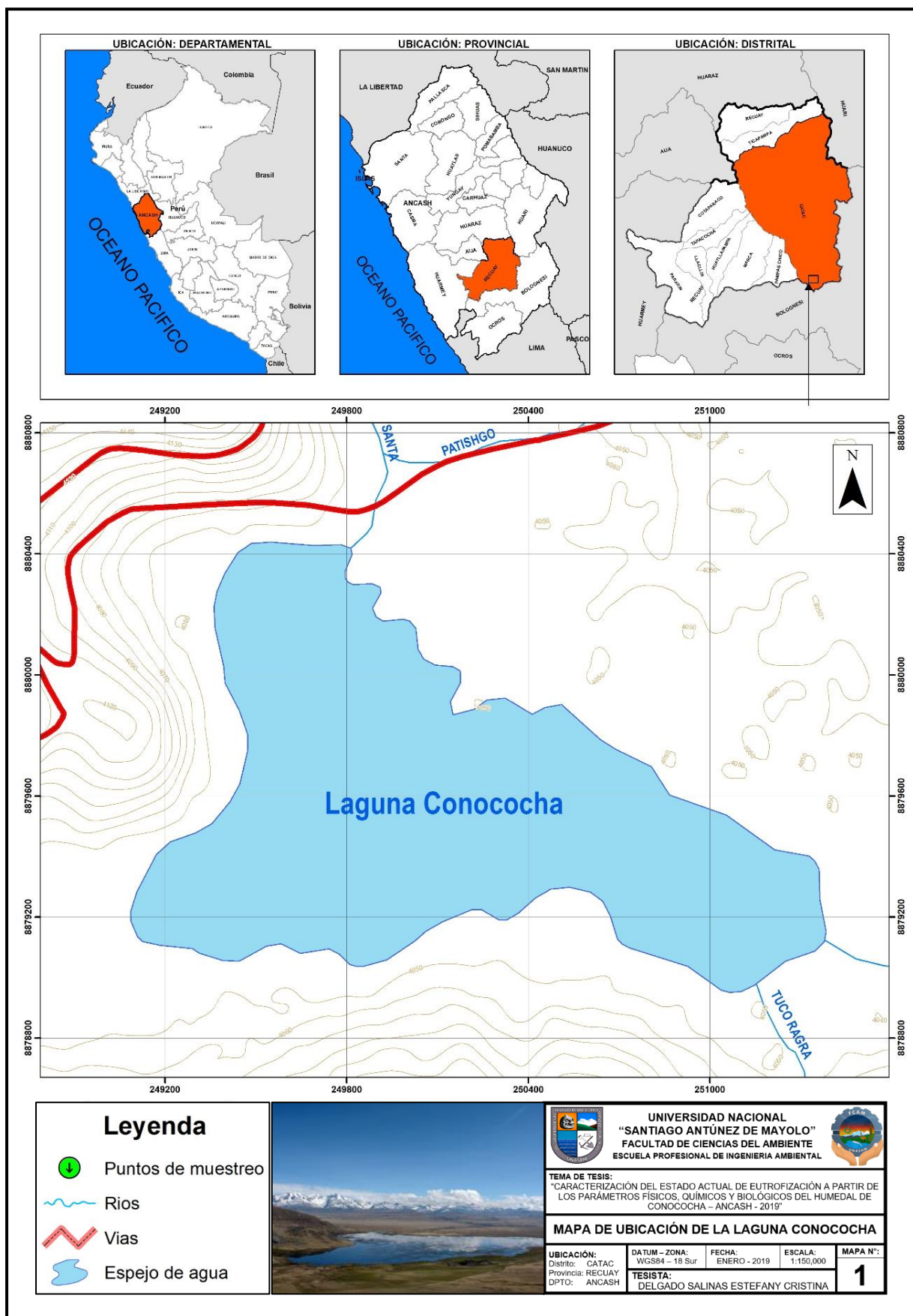
2.2.1. Ubicación y extensión

La zona de estudio, el humedal de Conococha, se encuentra ubicada en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, departamento de Ancash a una altitud aproximada de 4,050 msnm, al extremo sur de la cuenca hidrográfica del río Santa, en el techo del callejón de Huaylas, entre el cruce de la carretera asfaltada Pativilca-Caraz y la naciente de la carretera hacia Antamina y Chiquian.

Hidrográficamente el humedal de Conococha se ubica en la vertiente del pacífico, cuenca del río Santa, sub cuenca de la quebrada de Shacsha. El humedal de Conococha tiene una laguna permanente, por espejo de agua en la unidad hidrográfica de la quebrada Shacsha (2.32 km² de espejo de agua) recibe el aporte de varias fuentes ya sean quebradas, manantiales y del bofedal de Conococha, es naciente del río Santa y cabecera de la cuenca del río Santa, su uso es primario y productivo.

Al ser naciente del río Santa, se afecta de las descargas de éste; en forma continua y en toda época, descargando mayormente en periodo de lluvia. Las descargas normalmente se concentran durante los meses de enero a mayo, siendo el período de estiaje en el lapso comprendido entre julio y setiembre. Se ha establecido que el rendimiento medio anual de la cuenca húmeda es del orden de 44,589 m³/km². Comportamiento estacional del río Santa: El río Santa descarga el 76% de su volumen anual durante el período de avenidas y sólo el 15% durante el período de estiaje, el 09% restante del volumen de agua anual corresponde al período de transición. En la cuenca de Conococha existen tres unidades hidrográficas: unidad hidrográfica quebrada Tuco, unidad hidrográfica quebrada Seca y unidad hidrográfica quebrada Shacsha.

Figura 1. Mapa de ubicación del humedal de Conococha



2.2.2. Descripción de los componentes físicos y caracterización ambiental de la subcuenca

La subcuenca de la quebrada Shacsha se ubica en la cabecera de cuenca del río Santa, pertenece a la vertiente del Pacífico; tiene un área de drenaje de 16532.7 ha y un perímetro de 76.29 km. Políticamente, se localiza en el departamento de Ancash, comprendiendo total o parcialmente las provincias de Bolognesi y Recuay del departamento de Ancash. Geográficamente, sus puntos extremos se hallan comprendidos por el norte los E: 260723; N: 8895237 y por el sur E: 254304; N: 8868682. Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4,700 msnm.

- ✓ **Hidrografía:** El humedal de Conococha tiene su origen de las quebradas de aporte Rumihuainpunta, Punta de la Cruz, Mina Punta, Buenavista, Puca Punta los cuales se hallan ubicadas dentro de la subcuenca de la quebrada Shacsha, la que vierte sus aguas a través de los riachuelos Jahuacpata, Shacsha, Nupupata, Tuco Ragra, Usucotosh, Cachis los cuales aportan al humedal de Conococha. La superficie de la cuenca colectora es de 16532 ha, de la cual la húmeda es de 12,412 km², es decir el 83% del área de la cuenca y que se encuentra por sobre los 2,000 msnm, constituyendo el escurrimiento superficial.
- ✓ **Precipitación pluvial:** Según la distribución espacial de isoyetas en la subcuenta la precipitación media anual oscila de 620mm a 740mm, con las altitudes de 4200 msnm a 4700 msnm y que estos aportan un caudal de escorrentía promedio de 11 lt/seg aproximadamente en el mes de noviembre. En cuanto a la variación en el tiempo dentro del ciclo hidrológico, debe indicarse que existe una marcada variación pluvial intermensual, presentándose las mayores precipitaciones (80%) durante el período comprendido entre los meses de diciembre y marzo y una estación seca de abril a noviembre, donde la precipitación está relacionado a la altitud.

- ✓ **Temperatura:** La temperatura promedio mensual en la subcuenca fluctúa entre 4.2°C (julio) a 6.5°C (marzo), en tanto la temperatura promedio anual de la zona en estudio es de 5.65°C.
- ✓ **Actividades económicas y ocupación de la población:** El 100% de la población de influencia (20 familias) ubicadas en los bofedales de Conococha, se dedican a la ganadería; criando ganado ovino y vacuno que recorren las áreas de bofedal, el ganado por su naturaleza herbívora pasa mucho tiempo pastoreando en rebaños y nunca muy lejos del agua, en un día normal, el ganado bebe 70 Litros de agua y consume 35 kg de material vegetal, el ganado ovino bebe 15 lt/día y 9 kg de material vegetal. Conforme a la visita de campo realizada cada familia cuenta con un aproximado de 30 cabezas de ganado vacuno y 150 cabezas de ganado ovino.
- ✓ **Registro de la flora:** En los bofedales las especies vegetales son principalmente gramíneas, Cyperaceas (*Carex* sp.), *Juncos arcticus* (totora), *Plantago rigida* (Champa estrella), *Werneria nubigena* (Cándorcebolla), *Distichia muscoides*, *Senecio* sp., y diversas poaceas. Algunas especies silvestres de plantas sirven como base para la alimentación del ganado, además es de interés en el mantenimiento de las capas freáticas de agua de vital importancia para la agricultura.

Según los investigadores, «La composición botánica en general de los bofedales consta de 59.5% de especies herbáceas o forbias, 12.3% de graminoideas o juncáceas, 16.4% de gramíneas y 1.7% de otras especies misceláneas».

En los bofedales de Conococha predomina el ichu - paja brava o paja ichu (*Stipa ichu*), este tipo de cobertura vegetal se usa principalmente en la ganadería extensiva de ganado vacuno, ovino y equino y también de algunos auquénidos; es un pasto del altiplano andino sudamericano, empleado como forraje para el ganado; debido a ello, y a que la principal actividad económica del área de influencia es la ganadería se suscita el sobrepastoreo,

degradando los bofedales y perdiendo la capacidad de retención de las aguas que escurren a lo largo de la cuenca. La turba generada por la esorrentía de todos los materiales presentes en la cuenca es albergada por los bofedales mediante un proceso fisiológico que genera descomposición de material orgánico y genera almohadillas vegetales.

- ✓ **Registro de fauna:** En la zona de influencia del humedal de Conococha perteneciente a la región natural Puna o Jalca se encuentran las especies de explotación ganadera, tales como el ganado vacuno, ovino y camélidos sudamericanos.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Limnología

Tal como expresa Banderas (1996), el estudio del agua dulce superficial está a cargo de la ciencia denominada limnología (del griego limne, divinidad asociada con el agua y de logos tratado o estudio, definición que abarca a los sistemas lóticos -agua corriente- y a los lénticos -agua estancada). La Sociedad Internacional de Limnología (SIL), define a esta ciencia como el estudio del conjunto de las aguas dulces o epicontinentales.

Según Wetzel (2001), la Limnología, como parte de la ecología, es una ciencia de síntesis: “estudia las aguas continentales, lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales como sistemas, es multidisciplinar porque involucra a todas las ciencias que intervienen en el entendimiento de las aguas naturales (física, química, geología, ciencias biológicas y matemáticas) y a través de integrar hechos y conceptos procedentes de distintos ángulos de la ciencia, genera un cuerpo teórico rico y con suficiente entidad”.

2.3.2. Lagos o lagunas

Tal como expresa Odum (2006), los estanques abarcan desde pocas semanas o meses para estanques pequeños estacionales o temporales, hasta varios cientos de años para estanques más grandes, se puede distinguir una zona litoral que contiene vegetación de raíces a largo de la playa una zona limnética de agua abierta, dominada por plancton, una zona profunda de agua profunda, que contiene heterótrofos, y una zona béntica dominada por organismos que viven en el fondo. El lago presenta una parte superficial epilimnion y una profunda más frío hipolimnion.

Según Lopez & Madronero (2015), el agua que se disponible en la tierra se distribuye de la siguiente manera: el 0,3 % es agua dulce líquida superficial y de este porcentaje, el 90 % existe o se encuentra en los lagos; por tal motivo es de suma importancia la preservación de los ecosistemas y la biodiversidad del planeta.

Por otra parte, Smith (2012), los ecosistemas de los lagos y estanques son masas de agua que llenan una depresión en el paisaje. Están formados por muchos procesos desde glaciares y geológicos e actividades humanas. Desde el punto de vista geológico, los lagos y estanques son característicos de la sucesión. Con el tiempo, la mayoría de ellos se llenan, se hacen más pequeños y finalmente pueden ser reemplazados por un ecosistema terrestre.

Según Roldan (2008), el agua es un recurso esencial para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Todo proceso metabólico ocurre mediante su acción, este recurso tan importante cubre el 71% de la superficie del planeta y ofrece el medio natural para que se forme la vida.

A. Clasificación de lagos o lagunas

Según Smith (2012), realiza la clasificación en tres grupos, tal como se muestra a continuación:

- ✓ **Lagos tectónicos:** se localizan en zonas donde, debido a los movimientos de las placas terrestres, se han conformado fracturas en el terreno o depresiones en la corteza.

- ✓ **Lagos glaciares:** son aquellos que deben su origen al movimiento de los glaciares cuando las lenguas de estas grandes masas de hielo erosionan el terreno, conformando zonas depresivas en las que se acumula el agua del deshielo. Este tipo de lagos presentan dimensiones variadas en función del tipo de erosión provocado por el glaciar.

- ✓ **Conformados en el cráter de volcanes:** suelen originarse en la depresión formada por el cráter de los volcanes. Presentan profundidades variables, en función de la amplitud del cráter.
 - **Endorreicos:** se forman debido a que, en determinadas depresiones, sin evacuación o salida, se almacena agua procedente de las precipitaciones. Suelen ser aguas continentales saladas debido a la gran cantidad de sales que se han acumulado.
 - **Lagos embalsados:** tiene su origen al quedar cubierta o sellada la corriente de agua en determinados valles, debido a la acumulación de sedimentos o materiales terrestres, magma solidificado procedente de erupciones volcánicas, masas de hielo glaciar, etc.
 - **Cársticos:** son por regla general subterráneos debido a que nacen en zonas hundidas, principalmente de materiales calizos, grietas o fallas, donde el agua subterránea va erosionándolas y conformando grandes lagos subterráneos o cuevas.

2.3.3. Humedales

Los lineamientos para la designación de sitios RAMSAR (2016); señala con relación a los humedales: son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas.

La convención de Ramsar aplica un criterio amplio a la hora de determinar qué humedales quedan sujetos a sus disposiciones. Con arreglo al texto de la convención (Artículo 1.1), se entiende por humedales: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Los humedales figuran entre los medios más productivos del mundo. Son cunas de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir. Dan sustento a altas concentraciones de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados.

✓ **Función de los humedales**

Las actividades o acciones que tienen lugar de forma natural en los humedales como resultado de las interacciones entre la estructura y los procesos del ecosistema, son funciones de los humedales de acuerdo a la convención RAMSAR (2016).

De hecho, “las funciones abarcan la regulación de las crecidas; la retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes; el mantenimiento de la cadena trófica; la estabilización de orillas y control de la erosión; la protección contra las tormentas; y la estabilización de las condiciones climáticas locales, en particular la lluvia y la temperatura” (RAMSAR,

2016); la función que cumplen los humedales es propia de los procesos que ocurren en cada tipo de humedal. La mayoría se agrupa en las siguientes tres categorías: función hidrológica, función biogeoquímica, y mantenimiento de hábitats y cadenas alimenticias.

Según Mitsch & Gosselink (2007), la transformación de nutrientes es una de las funciones principales de los humedales, en especial, el fósforo, el nitrógeno y la materia orgánica, los cuales son indicadores de la eutrofización. El fósforo y el nitrógeno son arrastrados hacia los humedales por la escorrentía producto de las precipitaciones, movimiento de aguas superficiales y de aguas subterráneas y, en el caso del nitrógeno, este también proviene de la atmósfera y es fijado por la actividad microbiana.

Los nutrientes presentes en los humedales pueden ser exportados mediante infiltraciones, flujos subterráneos y flujos superficiales. El sistema de nutrientes interviene en las cadenas alimenticias y en la producción y descomposición de organismos. Debido a eso, cuando la tasa producción/descomposición es alta, el ciclo de nutrientes es rápido; en cambio, cuando la tasa producción/descomposición es baja, el ciclo de nutrientes es lento (Committee on characterization of wetlands, national research council, 1995).

Un humedal puede realizar diferentes funciones para diferentes sustancias, por ejemplo, puede ser sumidero de fósforo, fuente de nitrógeno y exportador de carbono. Todos los humedales reciclan nutrientes repetidamente. Son sumideros de nutrientes si muestran la retención neta del nutriente; son fuentes si muestran la pérdida neta del nutriente; son transformadores si cambian el estado de oxidación del nutriente o lo disuelven en forma de partículas (Mitsch & Gosselink, 2007).

2.3.4. Eutrofización

Moreno, Quintero, & Lopez (2010), mencionan que la eutrofización es el enriquecimiento de las aguas con nutrientes disponibles para las plantas. Este proceso se produce de forma natural, está asociada normalmente a fuentes antrópicas de nutrientes, la eutrofización es el proceso de cambio de un estado trófico a otro nivel superior por adición de nutrientes.

Así mismo Odum (2006), expresa que la eutrofización es el fenómeno que ocurre cuando las aguas de un lago o río se van enriqueciendo de nutrientes a un ritmo superior al de eliminación, ocasionando cambios sustanciales en el equilibrio ecológico del sistema.

Del mismo modo Vollenweider & Kerebes (1981), indican que la eutrofización es un caso especial de productividad acuática, que se relaciona con las características fisiográficas externas en términos holísticos, así como en los procesos físicos, químicos y biológicos de los cuerpos de agua bajo estudio. Las características tróficas de un embalse, son el resultado de la interacción secuencial de factores geográficos, geoquímicos y climatológicos, tanto en la cuenca como en el cuerpo de agua.

Mackenzie & Masten (2014), expresan referente a la eutrofización, que era un proceso natural e inevitable, en lo que los lagos se volvían menos profundos y más productivos debido a la introducción de nutrientes, la eutrofización cultural de los lagos puede ocurrir a causa de la adición de concentraciones altas de nutrimentos, usualmente nitrógeno y fósforo, o como consecuencia de un manejo inadecuado de la cuenca, y el aporte de desechos humanos y animales. Así mismo Mackenzie explica que el fósforo entra en los lagos por el flujo superficial proveniente de las tuberías de aguas residuales y sistemas sépticos, pero el fósforo se pierde en el sistema debido a que lo captan los seres vivos y las descargas de ríos que nacen del lago, así como la biomasa muerta.

2.3.5. Zonas biológicas

Los lagos incluyen varias zonas distintas de actividad biológica que depende en gran parte de la disponibilidad de luz y oxígeno; estas comprenden la zona limnética, eufótica, litoral, bentónica, así tenemos que la zona limnética es la capa de agua donde puede suceder el proceso de fotosíntesis, donde predominan organismos flotantes y otros, la zona eufótica es la región del lago donde los niveles de luz son mayores; zona litoral es la zona donde crecen las plantas acuáticas ya sea emergentes o macrófitas; y la zona bentónica constituyen los sedimentos del fondo del lago (Mackenzie & Masten, 2014).

2.3.6. Sistemas tróficos

Smith (2012), clasifica a los sistemas tróficos en eutróficos, oligotróficos y distróficos.

- ✓ Sistemas eutróficos, presenta una elevada relación superficie – volumen, es decir su área es grande en comparación con la profundidad. La abundancia de nutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo, estimula un intenso crecimiento de las algas y plantas acuáticas, la turbidez del agua reduce la penetración de la luz, restringiendo la productividad biológica a una delgada capa superficial.
- ✓ Sistemas oligotróficos, tienen una reducida relación entre la superficie y el volumen. Las aguas son claras y tienen una tonalidad azulada o turquesa a la luz del sol. El epilimnion es relativamente frío, el hipolimnion rico en oxígeno y los sedimentos de fondo predominantemente inorgánicos, el contenido de nutrientes es bajo.
- ✓ Sistemas distróficos, son lagos que reciben grandes cantidades de materia orgánica los terrenos, circundantes, especialmente en forma de nutrientes húmicos, que tiñen las aguas de una coloración marrón.

Mackenzie & Masten (2014), explican sobre los lagos oligotróficos, mesotróficos y distróficos, lo siguiente:

- ✓ Lagos oligotróficos tienen una baja productividad, resultante del aporte muy limitado de diversos nutrimentos que sustentan el crecimiento de algas, en consecuencia, el agua tiene claridad suficiente para que pueda verse el fondo de las profundidades.
- ✓ Lagos mesotróficos, aquellos lagos de características intermedias entre los oligotróficos y eutróficos. Aunque presentan una disminución considerable del oxígeno en el hipolimnion.
- ✓ Lagos distróficos, reciben una gran cantidad de material orgánico de fuentes ajenas al lago y tienen una baja productividad, lo que se debe a la concentración de nutrientes igualmente bajas.

2.3.7. Causas de la eutrofización

Vasquez & Herrera (2012), sintetizan los procesos naturales que se van produciendo lentamente por el aporte de material alóctono representado en nutrientes; y por tensores de origen antrópico, tales como el efecto de vertimientos de aguas residuales, los cuales agilizan el proceso hasta llegar a situaciones drásticas de contaminación. Dentro de este grupo, se encuentran los vertimientos urbanos (con alta carga de detergentes y desechos orgánicos), los de procedencia de actividades agropecuarias, los cuales aportan fertilizantes y a la vez, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

Así como García (2012), expresa que la contaminación urbana se refiere a los efluentes urbanos, generalmente aguas residuales que no han tenido un proceso de depuración, o bien esta ha sido escasa. Las aguas residuales suelen aportar dos tipos o formas de nutrientes: residuos orgánicos y residuos inorgánicos. Los residuos orgánicos enriquecen los elementos limitantes del medio acuático. Un ejemplo de residuos inorgánicos es el fosfato, muy abundante debido a su empleo como emulgente en la fabricación de detergentes.

García (2012), menciona sobre la contaminación agropecuaria que procede del empleo de fertilizantes inorgánicos de origen industrial o extractivo y de los excrementos animales en instalaciones de producción masiva. Esta contaminación aporta nitrógeno, en forma de nitrato y amonio, y fósforo, como fosfato, a la vez que cationes como potasio (K+), magnesio (Mg++), etc. Suele llegar a los lagos y embalses por escorrentía superficial.

En su estudio Ramirez (2017), determinó que una oveja adulta de 60 kg produce 2,75 kg de excreta diaria, con un pH de 8,09, 2.04% de N y 1.51% de P. Lo anterior coincide con Medina (2005), quien indica que un ovino adulto produce 2,5 kg/día de estiércol en peso fresco. En su estudio Altamirano (2017), calculo la cantidad de estiércol basándose en el 6% del peso corporal promedio de los vacunos, 5% del peso corporal promedio de los ovinos y los caprinos y 4% del peso corporal promedio de las aves. Por lo tanto, el cálculo de la cantidad media de estiércol generado resulto ser 16,41 kg/día para los vacunos, 1,58 kg/día para los ovinos y los caprinos y 0,097 kg/día para las aves.

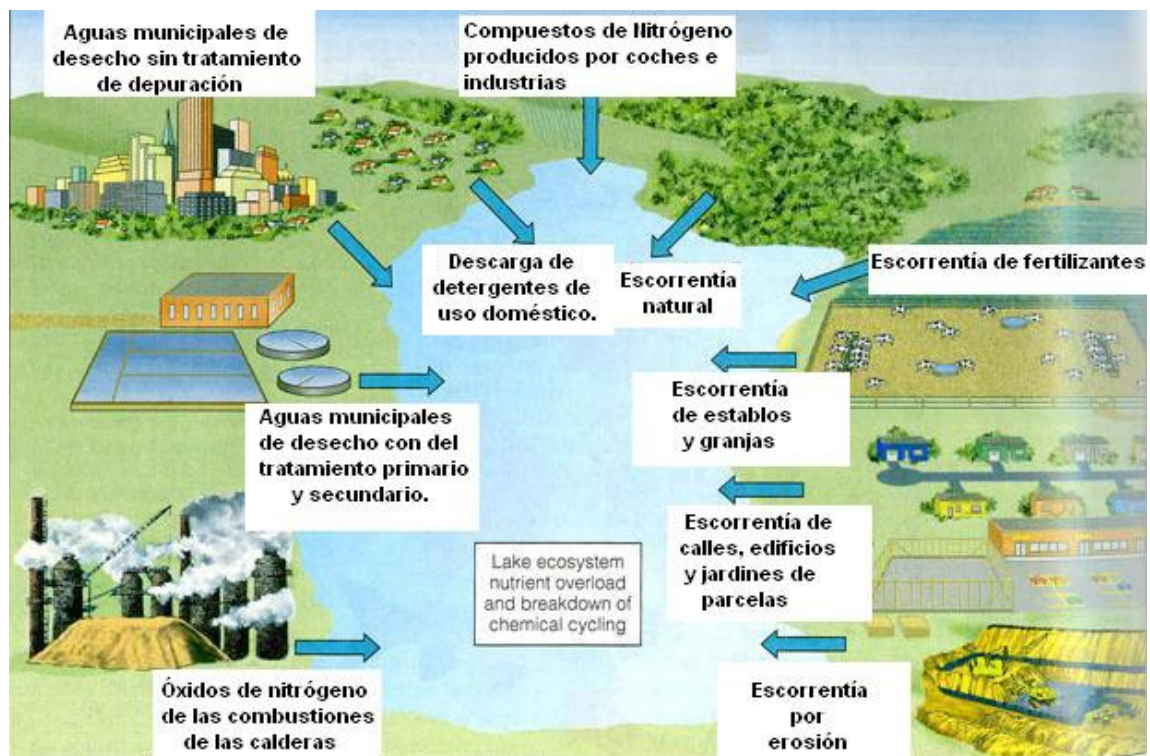
En el estudio del “Potencial productivo y comercial de la alpaca”, explica los hábitos de comportamiento especiales en la defecación, pues acostumbra defecar siempre en un lugar determinado del campo de pastoreo, formando una especie de letrina o estercolero. Para la localización de sus heces, escoge lugares de pastos bajos y planos, pero también laderas de poca pendiente. Sus deyecciones se producen 6 a 9 veces al día, y las heces tienen forma de pelotillas ovaladas y de consistencia dura. Las heces de la alpaca son compactos, ligeros, fibrosos, secos y sin olor. Una alpaca excreta entre heces y orina 3 kg al día, lo cual representa una buena oportunidad para su implementación en biofertilizantes al verse facilitada la gestión (Dirección general de políticas agrarias, 2019).

Odum (2006), explica las principales causas a antrópicas de procesos de eutrofización que pueden ser:

- ✓ La descarga de aguas residuales, las cuales son ricas en nutrientes, contribuyendo al cambio trófico del cuerpo de agua receptor.
- ✓ El uso excesivo de fertilizantes, que genera una contaminación del agua fundamentalmente mediante el aporte de nitrógeno (en forma de sales de nitrato y amonio) y fósforo (como fosfato).
- ✓ La deforestación y la erosión en suelos agrícolas influyen en la carga de nutrientes, ya que los escurrimientos al pasar por una tierra que no tiene protección, “lavan” la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes de la misma, dichos nutrientes son volcadas fácilmente en los cuerpos de agua, dando lugar a un proceso de eutrofización.

Environment (2001), menciona que la principal causa antrópica de procesos de eutrofización es la contaminación química. Las formas más importantes se representan en la figura 2.

Figura 2. Procesos de eutrofización química



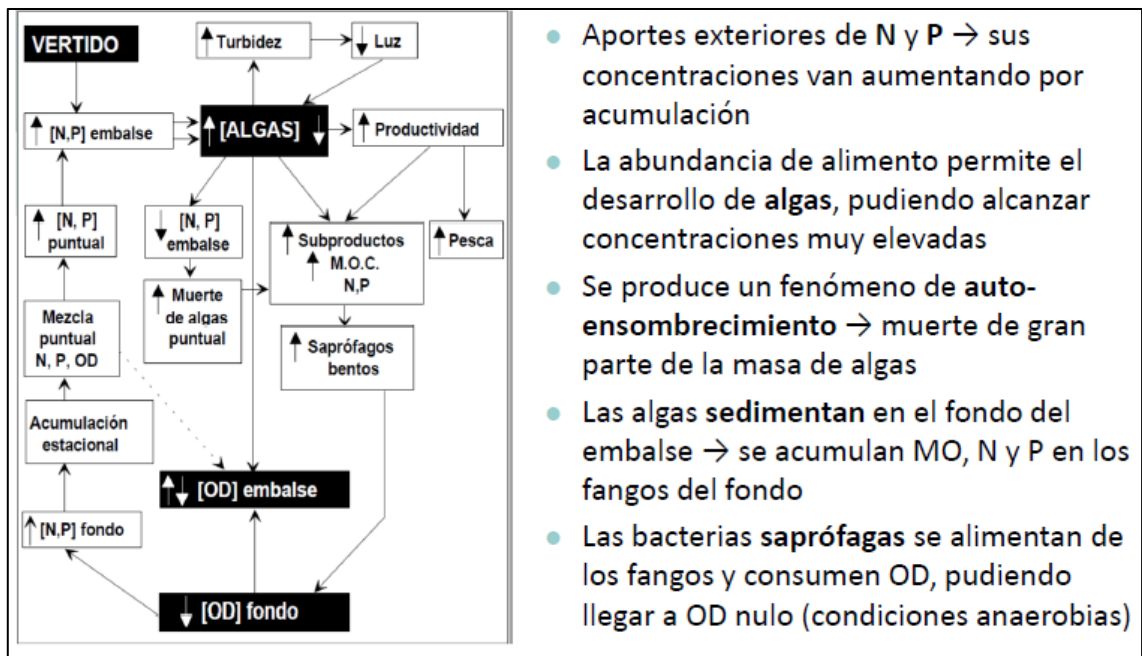
La Figura 2, describe las causas de eutrofización debido a las diferentes actividades industriales, antrópicas, como estas aportan nutrientes con las cuales un lago se eutrofiza.

A. Proceso

Cuando un sistema acuático se enriquece de nutrientes, ayuda al aumento de plancton, generando la turbidez en el agua; debido a que la vegetación acuática desaparece, se pierde el oxígeno disuelto de la fotosíntesis, hábitats y alimentos.

Moreno, Quintero, & Lopez (2010), explican que la pérdida de oxígeno disuelto (OD) se agrava por la siguiente razón: el fitoplancton está compuesto de organismos fotosintéticos que también producen oxígeno, como todas las plantas verdes, como ocupan la superficie, esta se satura del gas y el exceso se escapa a la atmósfera.

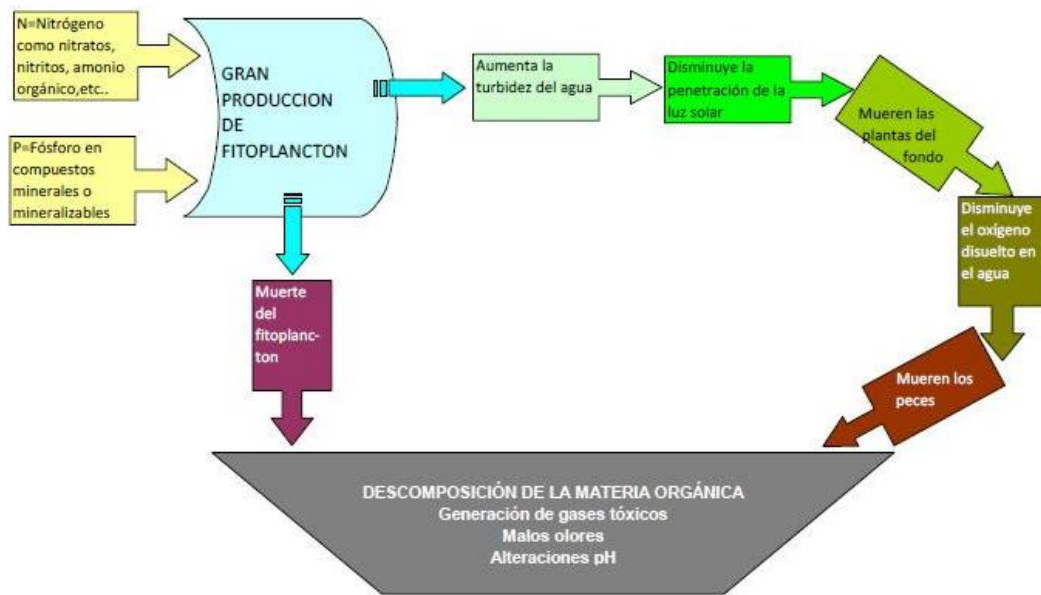
Figura 3. Ciclo de eutrofización en lagos y embalses



Fuente: Instituto nacional de ecología (2007)

Según Moreno, Quintero, & Lopez (2010), en la figura 4 podemos ver como ocurre o cuales son las fases de los procesos de eutrofización.

Figura 4. Procesos de eutrofización



B. Consecuencias

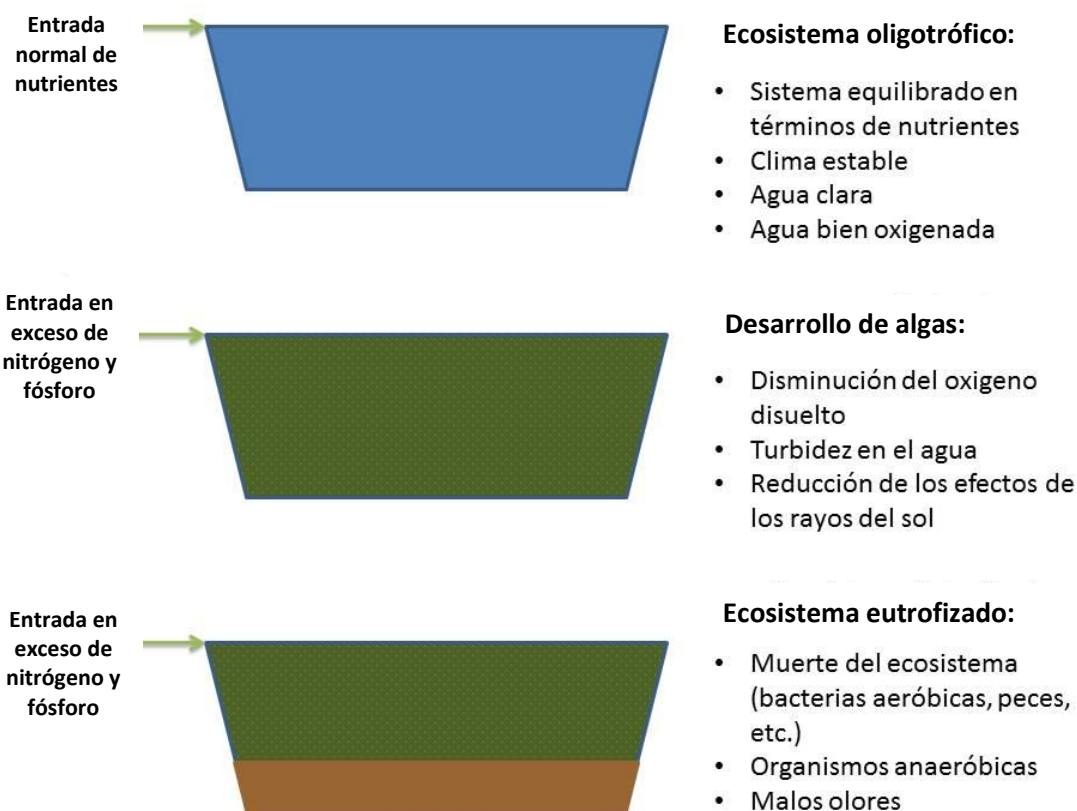
Ongley (2019), explica que se pueden indicar a través de los siguientes aspectos: aumento de la producción y biomasa de fitoplancton, algas asociadas y micrófitos; modificación de las características del hábitat debido a la transformación del conjunto de plantas acuáticas: sustitución de especies ícticas y de macroinvertebrados; producción de toxinas por afloramientos de algas; modificación de características organolépticas (gusto, olor, color); baja en las concentraciones de oxígeno disuelto del agua y de su porcentaje de saturación, especialmente al finalizar los eventos de proliferación de algas, lo que normalmente da lugar a una mortandad de peces; colmatación y obstrucción de los canales de riego por las malas hierbas acuáticas.

El problema actual de eutrofización en los lagos es conocer la calidad del agua disponible, donde es fundamental para la gestión de los recursos hídricos, para ello, se hace necesario el monitoreo sistemático, que resulta en series temporales de datos que permiten evaluar la evolución de la calidad del cuerpo acuático y conocer las tendencias de su variación (Smith, 2012).

Los lagos son la principal fuente de agua dulce continental, y la eutrofización de estos se está convirtiendo en un problema ambiental cada vez más grave. El proceso de degradación de los cuerpos hídricos se vuelve un problema cada vez más frecuente, lo que viene despertando el interés de varios investigadores (Moreno, Quintero, & Lopez, 2010).

En los últimos años, el control de la eutrofización de los lagos se ha convertido en una tarea urgente en el campo de la protección de los recursos hídricos y la gestión de la seguridad del agua. En estas circunstancias, el control eficaz de la eutrofización requiere la evaluación razonable de los niveles de eutrofización del lago y la identificación de los factores limitantes primarios.

Figura 5. *Procesos de eutrofización del eutrófico al hipertrófico*



2.3.8. Relación de los parámetros físicos en la eutrofización

1. Temperatura

Según Zouiten (2012), la temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos a medida que aumentan las reacciones enzimáticas y las tasas de reproducción. Asimismo, cada organismo se caracteriza por una temperatura máxima por encima de la cual no es posible el crecimiento del mismo, un mínimo por debajo de la cual no tiene lugar la proliferación y un rango en el cual se produce dicho crecimiento de forma óptima. La variación de la temperatura del agua de una laguna depende de la oscilación del fotoperiodo solar (variación día/noche) y de la estacionalidad anual. Generalmente, al aumentar la temperatura disminuye la limitación del crecimiento por esta variable. De hecho, si los nutrientes están disponibles en cantidades óptimas, se provocará un mayor crecimiento del fitoplancton al aumentar la temperatura.

García (2012); menciona que la temperatura es una variable muy importante en el medio acuático, pues influye en el metabolismo de las especies, como productividad primaria, respiración de los organismos y descomposición de la materia orgánica. Cuando tenemos altas temperaturas se produce una proliferación de fitoplancton, y por consiguiente una intensa absorción de nutrientes disueltos. En caso de disminución de la temperatura, se produce el efecto contrario.

2. Conductividad eléctrica

IDEAM (2016), explica que la conductividad eléctrica es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas

conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala.

García (2012), menciona que la conductividad eléctrica es la capacidad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica. Este parámetro tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica del agua. En las aguas continentales, los iones directamente responsables de los valores de la conductividad son, entre otros, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio, los carbonatos, los sulfatos y los cloruros.

Los cambios (aumentos) en conductividad puede ser una indicación de cambio de escorrentía a un lago, ya sea a través del cambio en las tasas de flujo o aumentos en el material erosionable en el flujo, dado que estos materiales a menudo pueden traer contaminantes o cambiar hábitat biológico, los cambios en conductividad puede ser una indicación de problemas de contaminación, los algo relacionado tanto a la dureza y alcalinidad del agua y pueden influir en el grado en que los nutrientes permanecen en el agua (FEM, 2015).

3. Transparencia de Secchi

Roldan (2008), expresa que la transparencia de los cuerpos de agua puede disminuir por la presencia de materia orgánica e inorgánica, el plancton, las partículas disueltas y en suspensión que se encuentran presentes en el agua, además afecta a la cantidad de luz que penetra en el agua, menciona también que la transparencia se expresa en metros y su resultado depende de la agudeza visual del observador, de la reflexión del disco, las sombras en el agua y del contraste entre el disco y el agua.

Boyd & Tucker (1992), comparan la visibilidad del disco Secchi en estanques piscícolas con datos de clorofila "a", materia orgánica particulada y conteos de fitoplancton la mayor correlación fue para la materia orgánica

particulada, una medición que incluye al zooplancton y fitoplancton viviente, así como también partículas orgánicas muertas.

La correlación con la clorofila “a”, la cual solamente representa el fitoplancton, fue ligeramente menor. No fue sorprendente hallar concordancia cercana en las correlaciones entre la materia orgánica particulada y la clorofila “a”, debido a que el fitoplancton es de lejos el componente más abundante del plancton en la mayoría de estanques.

La correlación entre los números de fitoplancton y la transparencia del disco Secchi fue pobre como se esperaba, debido a la diferencia de tamaño dentro de las especies de fitoplancton. Esto indica que la visibilidad del disco Secchi no es bueno para estimar la densidad del plancton a no ser que este sea la fuente principal de turbidez.

4. Oxígeno disuelto (OD)

La concentración de OD se establece como la concentración actual (mg/L) o como la cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada. Se conoce también como el porcentaje de saturación. La unidad de mg/L representa miligramos por litro. La concentración en mg/L se refiere a veces como partes por millón (ppm) porque un litro equivale a 1000 gramos de agua dulce y un miligramo es una milésima parte de un gramo (Odum E. , 2006).

Este oxígeno disuelto varía en función de la temperatura, oxígeno disuelto de las fuentes (entradas) oxígeno disuelto de las (salidas) de fregaderos. Otros factores, este oxígeno disuelto se usa principalmente en la respiración y en la oxidación química.

Como resultado de la actividad de las plantas, los niveles de OD pueden fluctuar durante el día, elevándose a lo largo de la mañana y alcanzando un máximo en la tarde. Por la noche cesa la fotosíntesis, pero

las plantas y animales continúan respirando, causando una disminución de los niveles de OD.

Como las fluctuaciones diarias son posibles, los ensayos de OD deben realizarse a la misma hora cada día. Grandes fluctuaciones en los niveles de oxígeno disuelto en periodos cortos de tiempo pueden traer como resultado una multiplicación de algas. Como la población de algas está creciendo con gran rapidez, los niveles de oxígeno disuelto aumentan.

La concentración de oxígeno disuelto puede variar desde 0 hasta 15 mg/L. Las corrientes frías de montaña tendrán probablemente concentraciones de OD desde 7 hasta 15 mg/L, dependiendo de la temperatura del agua y de la presión del aire. En sus menores alcances, los ríos y corrientes pueden exhibir una concentración de OD entre 2 y 11 mg/L (Mackenzie & Masten, 2014).

Es necesario señalar que la influencia de la temperatura, las poblaciones de plantas acuáticas, el material orgánico en descomposición en el agua el flujo de corrientes, la presión atmosférica y altura, así como la actividad humana influyen en la concentración del oxígeno disuelto.

Tabla 1. Valores de oxígeno disuelto, condición y consecuencias

| [OD] mg/L | Condición | Consecuencias |
|-----------|---------------|---|
| 0 | Anoxia | Muerte masiva de organismos aerobios |
| 0-5 | Hipoxia | Desaparición de organismos y especies sensibles |
| 5-8 | Aceptable | [OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos. |
| 8-12 | Buena | [OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos. |
| >12 | Sobresaturada | Sistemas en plena producción fotosintética. |

Fuente: Mackenzie & Masten (2014)

5. Potencial hidrógeno (pH)

Roldan (2008), menciona que cada organismo tiene un límite de pH dentro del cual su crecimiento se hace posible. La mayoría de los ecosistemas acuáticos naturales tienen un pH que oscila entre 5 y 9. Muy pocas especies pueden crecer a pH inferiores a 2 o superiores a 10.

Tulsma (2017), explica en su libro VI, Anexo 1, tabla 9: Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos los límites máximos permisibles son de (6,5 – 8.5).

García (2012), expresa que el término pH (índice de ion hidrógeno) es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, y es la forma de medir la concentración de iones de hidrógeno en la solución. La escala de pH contiene una relación numérica que varía de 0 a 14; esos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución. Los valores inferiores a 7 y los próximos a cero indican aumento de la acidez. Los valores que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de la basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indica un pH neutro. Las medidas de pH son de extrema utilidad, pues nos proporcionan mucha información con respecto a la calidad del agua. Las aguas superficiales tienen un pH entre 4 y 9. Algunas veces son ligeramente alcalinas por la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Es claro que en estos casos el pH refleja el tipo de suelo por donde el agua discurre. En lagunas con muchas algas, y en los días de sol, el pH puede aumentar mucho, hasta llegar a 9 o más. Generalmente un pH muy ácido o muy alcalino está relacionado con la presencia de desechos industriales.

2.3.9. Relación de los parámetros químicos en la eutrofización

1. Nitrógeno

García (2012), explica que el nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la vida, pero su presencia en el agua es muy escasa. Sus fuentes principales son el aire, el cual puede ser asimilado por algunas algas, los abonos y materia orgánica en descomposición (hojas y aguas fecales). El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno en forma de amoníaco, pasa después a nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en aguas que contengan bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia, las llamadas nitrobacterias. De esa forma, cuando encontramos mucho nitrógeno en forma de amoníaco en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y, por lo tanto, en un medio pobre en oxígeno.

Según Fonturbel (2019), los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarias para el crecimiento biológico. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, mediante procesos biológicos. Una cantidad importante de nitrógeno en los lagos se encuentra incorporado a los organismos (N orgánico), pero también puede encontrarse en forma de N_2 (nitrógeno), NO_3^- (nitrato), NO_2^- (nitrito) y reducido NH_4^+ (amoníaco).

Según Moreno & Ramirez (2010), la fijación de nitrógeno en los lagos se debe principalmente a las algas cianofíceas (principales fijadoras, cuyo proceso es muy importante en la productividad lacustre.), las bacterias (en el sedimento), y los sedimentos de compuestos nitrogenados (orgánicos e inorgánicos).

Teniendo en cuenta el **APHA**, los valores para definir el estado trófico según la variable de nitrógeno (NO₃-N) se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación general (internacional) tipificadora del estatus trófico o productivo de lagos y lagunas

| Estado trófico | Nitrógeno (µg/l) |
|----------------|------------------|
| Oligotrófico | 1 - 50 |
| Mesotrófico | 60 -200 |
| Eutrófico | >200 |

Fuente: APHA (1999)

2. Fósforo

Según Pulido & Pinilla (2017), el fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar a nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales.

El fósforo constituye en muchos sistemas acuáticos el nutriente limitante de la producción primaria, siendo determinante del estado trófico de los mismos. El aumento de este elemento en el medio acuático está relacionado a diversas actividades humanas, principalmente con el uso de fertilizantes y detergentes (Arocena, 2016).

El aporte de materia orgánica proveniente de vertidos domésticos, agrícolas e industriales constituye una de las perturbaciones más comunes de los ambientes acuáticos. La descomposición de la materia orgánica provoca la reducción de la concentración de oxígeno en el agua y aporta nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

Este fenómeno da origen a un proceso que se denomina eutrofización. La proliferación excesiva de plantas acuáticas, microalgas y cianobacterias constituye uno de los efectos más notorios de este fenómeno.

Una de las principales consecuencias es el desarrollo de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, las cuales afectan la calidad del agua para utilización por el hombre y la conservación de la biodiversidad.

2.3.10. Relación de los parámetros biológicos en la eutrofización

1. Clorofila “a”

La concentración de clorofila “a” es uno de los parámetros más importantes en el estudio de las características y el estado del agua. La clorofila es el pigmento verde que poseen las plantas y las algas, es fundamental en el proceso de la fotosíntesis. Este pigmento interviene en la conversión de energía solar a energía química necesaria para el metabolismo de las plantas durante la fotosíntesis. El pigmento más importante es la clorofila “a” (Aranda, 2004).

Según Arocena (2016), el indicador corresponde al promedio anual de la biomasa de microalgas y cianobacterias planctónicas (fitoplancton) medida a través de la concentración de la clorofila “a” en la superficie de cuerpos de agua. La normativa de referencia de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), clasifica el estado trófico de los sistemas según la concentración de clorofila “a” (C_{la}) en las

siguientes categorías: Ultraoligotróficos: < 2,5 µg Cla/L; Oligotrófico: 2.5 - 8,0 µg Cla/L; Mesotrófico: 8,0 - 25 µg Cla/L; Eutrófico: 25 - 75 µg Cla/L; Hipereutrófico: > 75 µg Cla/L

La clorofila “a” también es un indicador del grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos y un importante índice del estado fisiológico del fitoplancton (Rivera, y otros, 2005). La medición sistemática de la clorofila “a” se recomienda ampliamente como un índice confiable, que permitiría un pronto diagnóstico de la salud de un ecosistema (Instituto nacional de ecología, 2007).

2.3.11. Estudios para evaluar la eutrofización a través del grado de eutrofia

Para evaluar el estado de eutrofización se contemplan diferentes estrategias que van desde la inspección visual hasta técnicas de vanguardia.

1. Índice de estado trófico (trophic state index – TSI)

Carlson (1977), propuso este índice, es uno de los más utilizados varía entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipertrófico.

- ✓ Se obtiene a través de la transparencia determinada con el disco de Secchi (DS), por ejemplo, un valor de TSI = 0 corresponda a una profundidad del DS 64 m y cada incremento de 10 m en TSI representa una reducción del 50 %, (ver tabla 3).
- ✓ El mismo índice puede determinarse a partir de otros parámetros, como la concentración de clorofila “a” (Clorf a) y fósforo total (Pt), cuya relación con la transparencia se ha deducido previamente (Moreno & Ramirez, 2010). Las fórmulas que figuran a continuación (Tabla 4), corresponden a la propuesta de Carlson (1977) y a la modificación realizada por Aizaki (1981) a la misma.

El índice de Carlson (TSI) es uno de los más utilizados. Este se obtiene mediante una transformación logarítmica de los valores obtenidos del disco Secchi (Ds), concentración de clorofila "a" (Clorf a) y el fósforo total (Pt).

Esto bajo el supuesto de que el material particulado suspendido controla la profundidad Secchi y que la concentración del alga en el agua es la principal fuente de este material de acuerdo a Carlson (1977).

Tabla 3. Clasificación del índice de estado trófico (TSI) de acuerdo a Carlson

| Estado de eutrofia | TSI | Ds (m) | Pt (mg/l) | Clorf a (mg/m3) | Color |
|------------------------------------|-----|--------|-----------|-----------------|-------|
| Oligotrófico (TSI < 30) | 0 | 64 | 0.75 | 0.04 | |
| | 10 | 32 | 1.5 | 0.12 | |
| | 20 | 16 | 3 | 0.34 | |
| | 30 | 8 | 6 | 0.94 | |
| Mesotrófico (30 < TSI < 60) | 40 | 4 | 12 | 2.6 | |
| | 50 | 2 | 24 | 6.4 | |
| | 60 | 1 | 48 | 20 | |
| Eutrófico (60 < TSI < 90) | 70 | 0.5 | 96 | 56 | |
| | 80 | 0.25 | 192 | 154 | |
| | 90 | 0.12 | 384 | 427 | |
| Hipereutrófico (90 < TSI < 100) | 100 | 0.06 | 768 | 1183 | |

Fuente: Modificado de Carlson & Simpson (1996)

El cálculo del índice de Carlson resulta en un valor numérico entre 0 y 100 es decir, abarcando rangos de trofia desde el oligotrófico al hipertrófico (Tabla 3). Las fórmulas para el cálculo de estado para cada variable como del índice se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Fórmulas para estimar el TSI aplicando los indicadores de eutrofia

| Parámetro de eutrofización | Carlson (1977; 1980) | N° de ecuación |
|-----------------------------------|---|----------------|
| Claridad del agua (DS) (m) | $TSID_s = 60 - 14.41 \ln(D_s)$ | 1 |
| Fosforo total (Pt) (mg/l) | $TSIP_t = 14.42 \ln(P_t) + 4.15$ | 2 |
| Clorofila "a" a (Clorf a) (mg/m3) | $TSIClorf\ a = 9.81 \ln(Clorf\ a) + 30.6$ | 3 |
| Índice | $TSI = (TSID + TSIP_t + TSIClorf\ a) / 3$ | 4 |

Para determinar el índice del estado trófico (TSI), Carlson (1977) utiliza la biomasa de algas como la base para la clasificación del estado trófico. Tres variables, pigmentos de clorofila "a", profundidad de Secchi y fósforo total. Cualquiera de las tres variables teóricamente puede ser utilizado para clasificar una masa de agua.

La clasificación del estado trófico normalmente se basa en el nutriente que representa una limitación. En la mayor parte de los casos, el factor limitante es el fósforo. No obstante, los factores señalados indican los tipos de variables que deben tenerse en cuenta. Para conocer el nivel de eutrofización de un agua determinada se suele medir el contenido de clorofila "a" de algas en la columna de agua y este valor se combina con otros parámetros.

Esto significa que de acuerdo al contenido total de fósforo (10 mg/m³), el lago tiene un 63 % de probabilidad de ser clasificado como Oligotrófico y 26 % de probabilidad de ser clasificado como mesotrófico de acuerdo a distribución de probabilidad de categoría trófica.

2. Índice de Smith

El índice de Smith determina la condición trófica en base a la concentración de clorofila "a", transparencia del disco Secchi, concentración de nitrógeno y fósforo. Los dos primeros parámetros corresponden a los indicadores directos del estado trófico del lago, por otro lado, los dos restantes son utilizados para confirmar y explicar el estado observado, esto es debido a que están relacionados a los nutrientes inorgánicos principales, nitrógeno y fósforo, que limitan o determinan el crecimiento algal (Smith, 2003).

Tabla 5. Clasificación de la condición trófica de acuerdo al índice de Smith

| Condición trófica | Fósforo total (µg/l) | Nitrógeno total (µg/l) | Clorofila "a" (µg/l) | SD (m) |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------------------|--------|
| Oligotrófia | < 10 | < 350 | < 3.5 | > 4 |
| Mesotrófia | 10 - 30 | 350 - 650 | 3.5 - 9 | 2 - 4 |
| Eutrofia | 30 -100 | 650 - 1,200 | 9 -25 | 1 - 2 |
| Hipertrofia | > 100 | > 1,200 | > 25 | < 1 |

Fuente: Smith, 2003

3. Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE)

El estudio más completo sobre la eutrofización hasta ahora realizado lo ejecuto "Programa cooperación sobre la eutrofización", de la OCDE realizado en la década de 1970 con la participación de connotados científicos de 18 países y coordinados por Vollenweider (OCDE, 1982). Establecieron una secuencia de categorías tróficas cimentado en las concentraciones de Pt, clorofila "a" y transparencia medida con el disco de Secchi. Ver tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE

| Categoría trófica | Pt ($\mu\text{g/L}$) | Clorf a ($\mu\text{g/L}$) | | Transparencia Ds (m) | |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------|----------------------|-----------|
| | | Media | Máxima | Media | Máxima |
| Ultra oligotróficos | < 4 | < 1.0 | < 2.5 | 6 > 12 | >6 |
| Oligotrófico | < 10 | < 2.5 | < 8 | >6 | >3 |
| Mesotrófico | 10 – 35 | 2.5 - 8 | 8.0 - 25 | 6.0 – 3.0 | 3.0 – 1.5 |
| Eutrófico | 35 – 100 | 25 - 75 | 25 - 75 | 3.0 – 1.5 | 1.5 – 0.7 |
| Hipertrófico | >100 | > 75 | > 75 | <1.5 | <0.7 |

Fuente. OCDE (1982)

2.3.12. Estándares de calidad de agua (ECA)

Estándar ambiental que regula el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. En relación a su naturaleza jurídica, la Ley General del Ambiente emitida por el Congreso de la Republica del Perú (2005), señala que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, y que, así mismo, es referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental. A su vez, establece que no corresponde otorgar la certificación ambiental (aprobar el instrumento de gestión ambiental correspondiente), cuando el respectivo estudio ambiental concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún ECA ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los ECA, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares.

Tabla 7. ECA agua - categoría 4 (conservación del ambiente acuático) – sub categoría E1 (lagunas y lagos)

| Parámetros físicos – químicos | Unidad de medida | E1: Lagunas y lagos |
|---------------------------------|------------------|---------------------|
| Clorofila “a” | mg/L | 0.008 |
| Conductividad | (μ S/cm) | 1000 |
| Fósforo total | mg/L | 0.035 |
| Nitratos (NO_3^-)(C) | mg/L | 13 |
| Oxígeno disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 5 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6.5 a 9.0 |
| Temperatura | $^{\circ}C$ | $\Delta 3$ |

Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM Congreso de la República del Perú (2017)

2.4. Definición de términos

1. Macrófitos

Son plantas que habitan en ambientes acuáticos e inundables, para lo cual realizan diversas adaptaciones que permitan el desarrollo, crecimiento, e incluso la reproducción bajo condiciones de inundación permanente (Ramos, 2013).

2. Alóctono

Vegetal o animal que se encuentra en un lugar distinto al de su origen: especies alóctonas (Institut botànic de Barcelona, 1976).

3. Tensores

Cualquier evento, condición o situación que cause un incremento en los gastos de mantenimiento de un ecosistema. Los sistemas naturales poseen adaptaciones y estrategias que les permiten recuperarse de perturbaciones periódicas. Si el tensor permanece en cantidades residuales o se presenta con una mayor frecuencia entonces el sistema solo alcanzará un nivel más bajo de organización y desarrollo (Odum, 1985).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El método general de la investigación que se realizó se caracteriza por ser descriptivo – retrospectivo, debido a que se analizó los datos tomados en el año 2019.

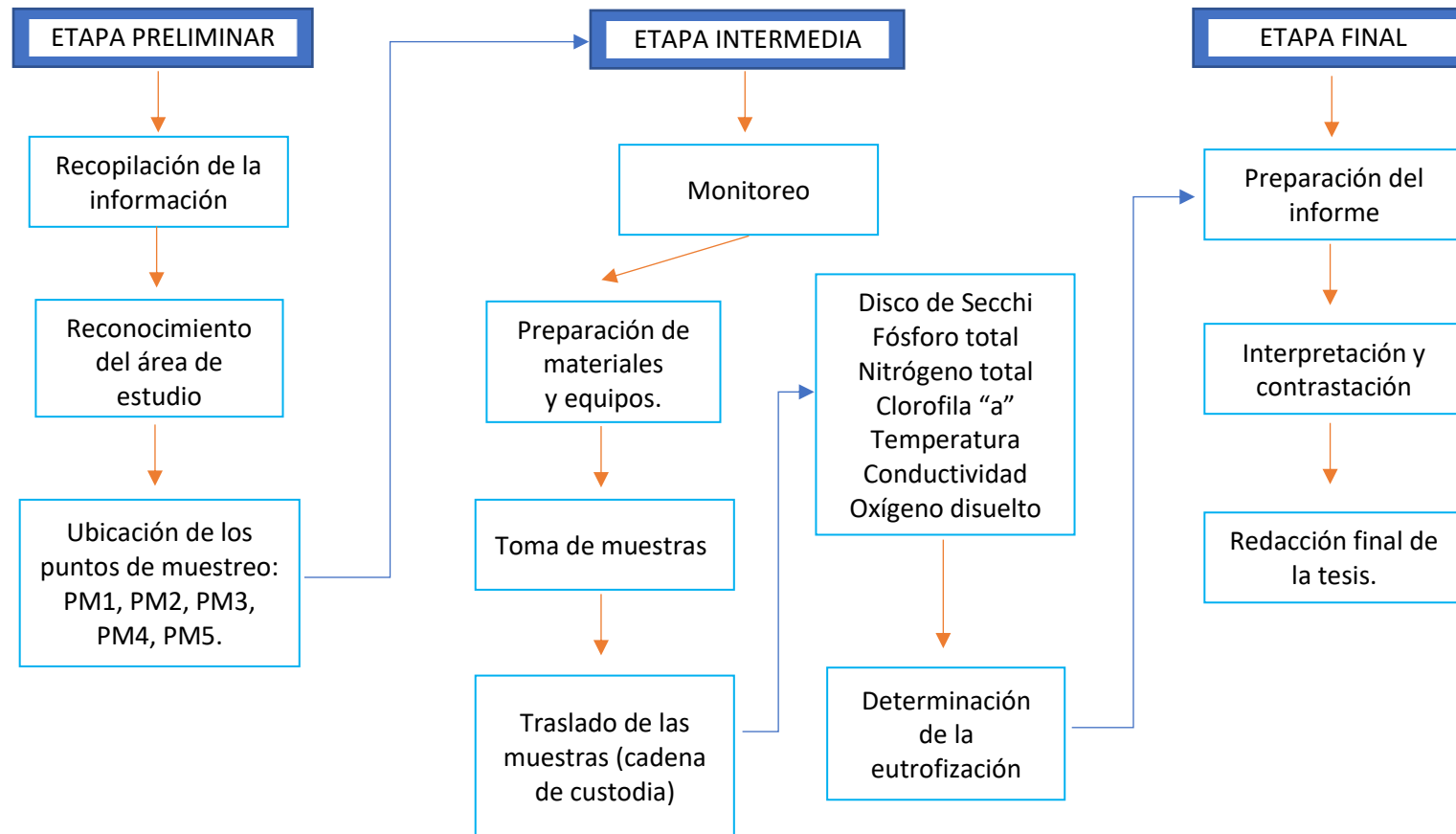
3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se caracterizó por ser de tipo cualitativo – descriptivo – retrospectivo, debido a que se analizó los datos tomados en el año 2019.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es M → O cuyas etapas son las siguientes: Ver figura 6.

Figura 6. Etapas del diseño de la investigación



3.3. Método y técnica

✓ **Método**

Para cumplir los objetivos propuestos se usó el método analítico-sintético, lo que permitió caracterizar el objeto de estudio para luego determinar el nivel de eutrofización del humedal de Conococha.

✓ **Técnica**

Para el logro de los objetivos se utilizó las siguientes técnicas:

- Técnica de la observación sistemática; porque se documentó los hallazgos de campo según los puntos de muestreo y se tomaron evidencias fotográficas, fichas, extracción y rotulación de muestras y mediciones in situ.
- Técnica bibliográfica; porque el estudio se fundamentó en la investigación de textos escritos de las diferentes universidades sobre todo en los repositorios institucionales, así como en revistas especializadas e indexadas.

3.4. Población, muestra y muestreo

✓ **Población**

Se compuso por el espejo de agua del humedal de Conococha.

✓ **Muestra**

El estudio se centró en los 05 puntos de muestreo del espejo de agua del humedal de Conococha.

✓ **Muestreo**

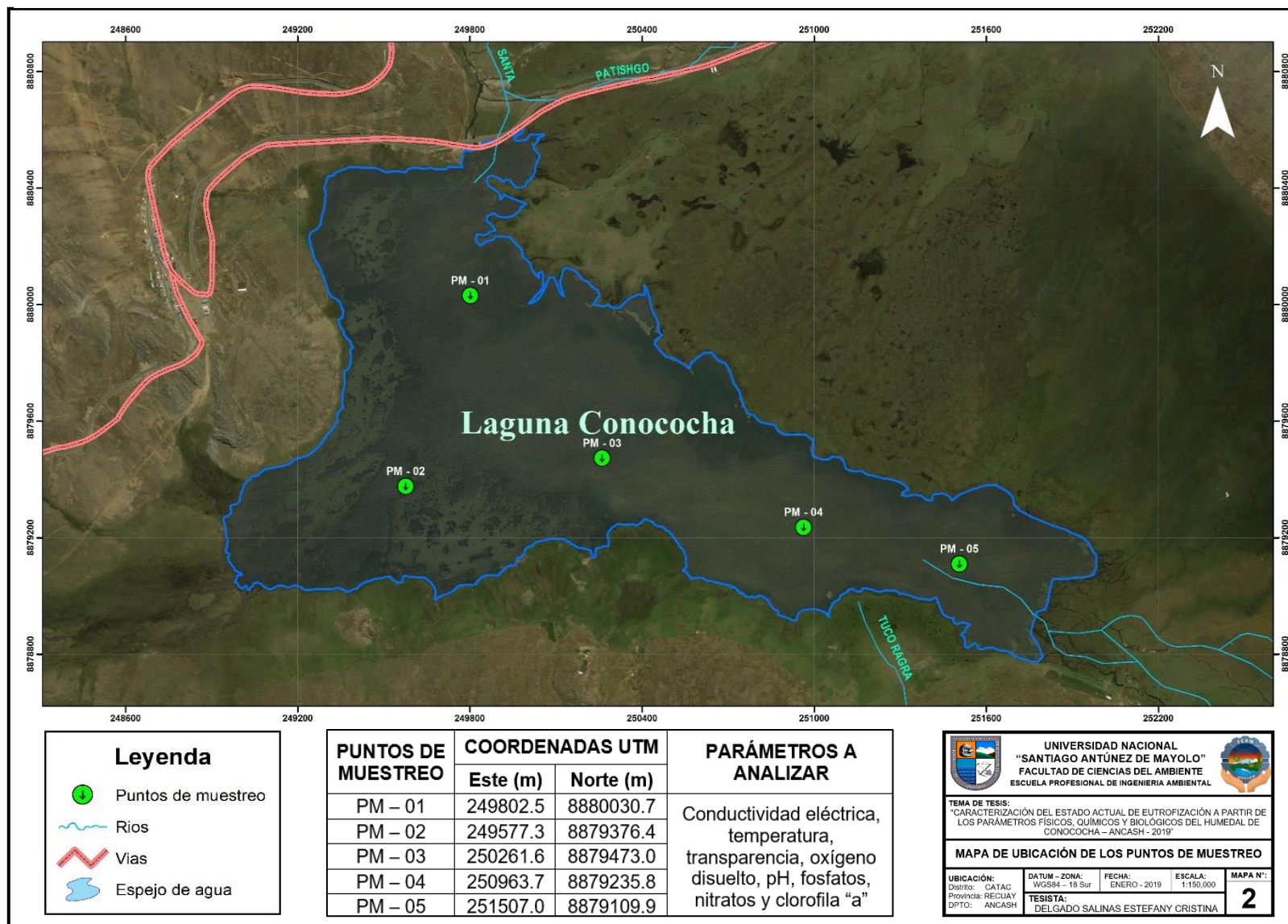
Se ubicaron 05 puntos de muestreo (ver tabla 8 y figura 7), la selección de dichos puntos fue aleatoria y distribuida de manera tal que representó el estado global del humedal, debido a que, por considerarse un sistema, este

recibe aporte de nutrientes por toda su circunferencia sea en periodo de lluvias o estiaje, así como por la crianza de truchas, aves y ganado circundante permanente.

Tabla 8. *Ubicación de los puntos de muestreo en el humedal de Conococha*

| Puntos de muestreo | COORDENADAS (WGS 84) | |
|--------------------|----------------------|-----------|
| | Este | Norte |
| PM1 | 249948.9 | 8880161.9 |
| PM2 | 249420.8 | 8879780.2 |
| PM3 | 250362.6 | 8879291.3 |
| PM4 | 250948.6 | 8879503.3 |
| PM5 | 251734.1 | 8879054.4 |

Figura 7. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en el humedal de Conococha



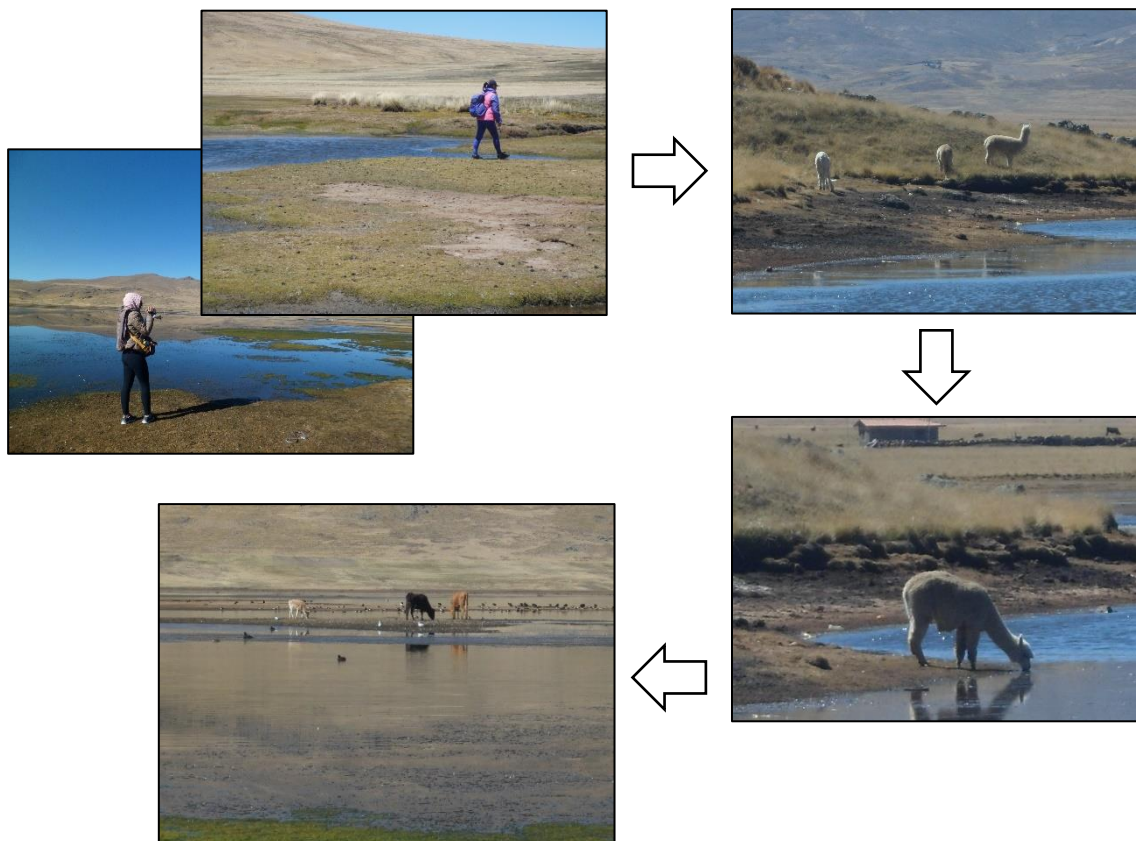
3.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos en la colecta de datos

Se determinó la recolección de datos en las áreas circundantes y por cada punto de muestreo de acuerdo a los parámetros físicos, químicos y biológico; los cuales a continuación se muestran:

3.5.1. Método de identificación de las actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha

- ✓ Técnica: observación en campo.
- ✓ Instrumento documental: cuaderno de registro.
- ✓ Instrumento operacional electrónico: cámara fotográfica.
- ✓ Procedimiento: se procedió a visitar 2 veces el humedal de Conococha en cada periodo: estiaje y precipitación, una vez presentes se recorrió el perímetro del espejo de agua y se tomaron las evidencias fotográficas. Ver figura 8.

Figura 8. *Imágenes de identificación de las causas de la eutrofización*



3.5.2. Método de identificación de los parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

A. Potencial hidrógeno (pH)

- ✓ Técnica: medición en campo.
- ✓ Instrumento documental: formato de registro.
- ✓ Instrumento operacional electrónico: multiparámetro.
- ✓ Procedimiento: Se calibró el electrodo de pH con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10, se enjuagó tres veces con agua destilada y finalmente se procedió a medir el pH en las muestras. Las lecturas fueron realizadas por triplicado. Ver figura 9.

Figura 9. Imagen de la medición de pH



B. Conductividad eléctrica

- ✓ Técnica: medición en campo.
- ✓ Instrumento documental: formato de registro.
- ✓ Instrumento operacional electrónico: conductímetro.
- ✓ Procedimiento: Se calibró el instrumento con una solución estándar de KCl 0,3 M y luego se procedió a medir la conductividad de las muestras. Las lecturas fueron realizadas por triplicado. Ver figura 10.

Figura 10. Imagen de la medición de conductividad eléctrica



C. Oxígeno disuelto

- ✓ Técnica: medición en campo.
- ✓ Instrumento documental: formato de registro.
- ✓ Instrumento operacional electrónico: multiparámetro.
- ✓ Procedimiento: Se procedió a extraer un litro de agua del humedal y se realizó la medición. Ver figura 11.

Figura 11. Imagen de la medición de oxígeno disuelto



D. Temperatura

- ✓ Técnica: medición en campo.
- ✓ Instrumento documental: formato de registro.
- ✓ Instrumento operacional electrónico: termómetro digital para líquidos y sólidos.
- ✓ Procedimiento: Se procedió a extraer un litro de agua del humedal y se realizó la medición. Ver figura 12.

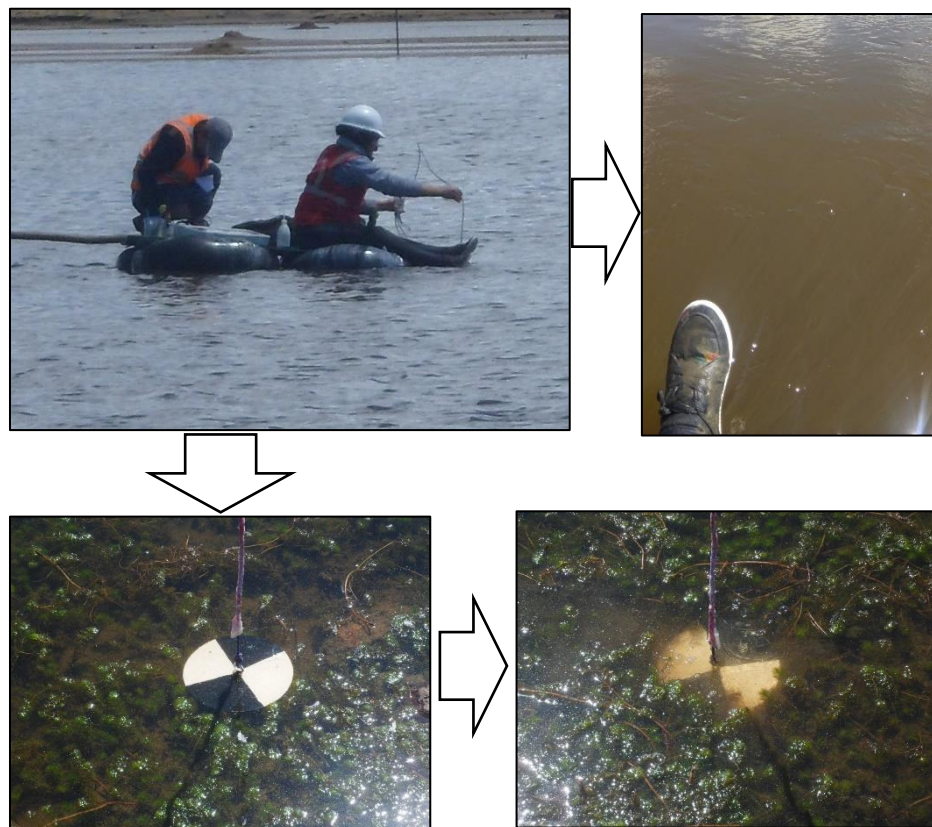
Figura 12. Imagen de la medición de temperatura del agua



E. Transparencia

- ✓ Técnica: medición en campo.
- ✓ Instrumento documental: formato de registro.
- ✓ Instrumento operacional mecánico: disco de Secchi, la cual se caracterizó por ser, un círculo de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, atado a una cuerda graduada en cm.
- ✓ Procedimiento: la profundidad Secchi, se expresó en metros (m), esta medición se realizó sumergiendo el disco poco a poco hasta que se perdió de vista por completo y se anotó la profundidad; para ello nos trasladamos en una balsa. Ver figura 13.

Figura 13. *Imágenes de medición de la transparencia del agua*



3.5.3. Método de identificación de los parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

- ✓ Técnica: extracción en campo.
- ✓ Instrumento documental: rotulado de muestra.
- ✓ Procedimiento: las muestras se tomaron para los análisis de fósforo total, nitrógeno-nitrato (N-NO₃); se llevó a cabo en frascos de plástico de color blanco de un litro, debidamente rotulados para cada punto de muestreo (PM1, PM2, PM3, PM4, PM5). Con el bote nos trasladamos de estación en estación siguiendo el protocolo correspondiente, luego dichos frascos se trasladaron al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo siguiendo el protocolo de custodia. La metodología utilizada en el laboratorio para los fosfatos fue el método de Vanadatmolibdato y para nitratos fue el método de Nitrospectral. Ver figura 14.

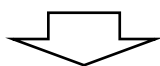
Figura 14. Imagen del muestreo para fósforo total y nitrato



3.5.4. Método de identificación del parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha

- ✓ Técnica: extracción en campo.
- ✓ Instrumento documental: rotulado de muestra.
- ✓ Procedimiento: las muestras para los análisis de clorofila "a", se tomaron en frascos de polietileno de alta densidad. Estos frascos se rotularon para cada punto de muestreo (PM1, PM2, PM3, PM4, PM5), las mismas que siguieron el protocolo de custodia, para ser trasladados al laboratorio de biología de la Universidad Nacional Trujillo. Ver figura 15.

Figura 15. Imágenes del muestreo de clorofila "a"

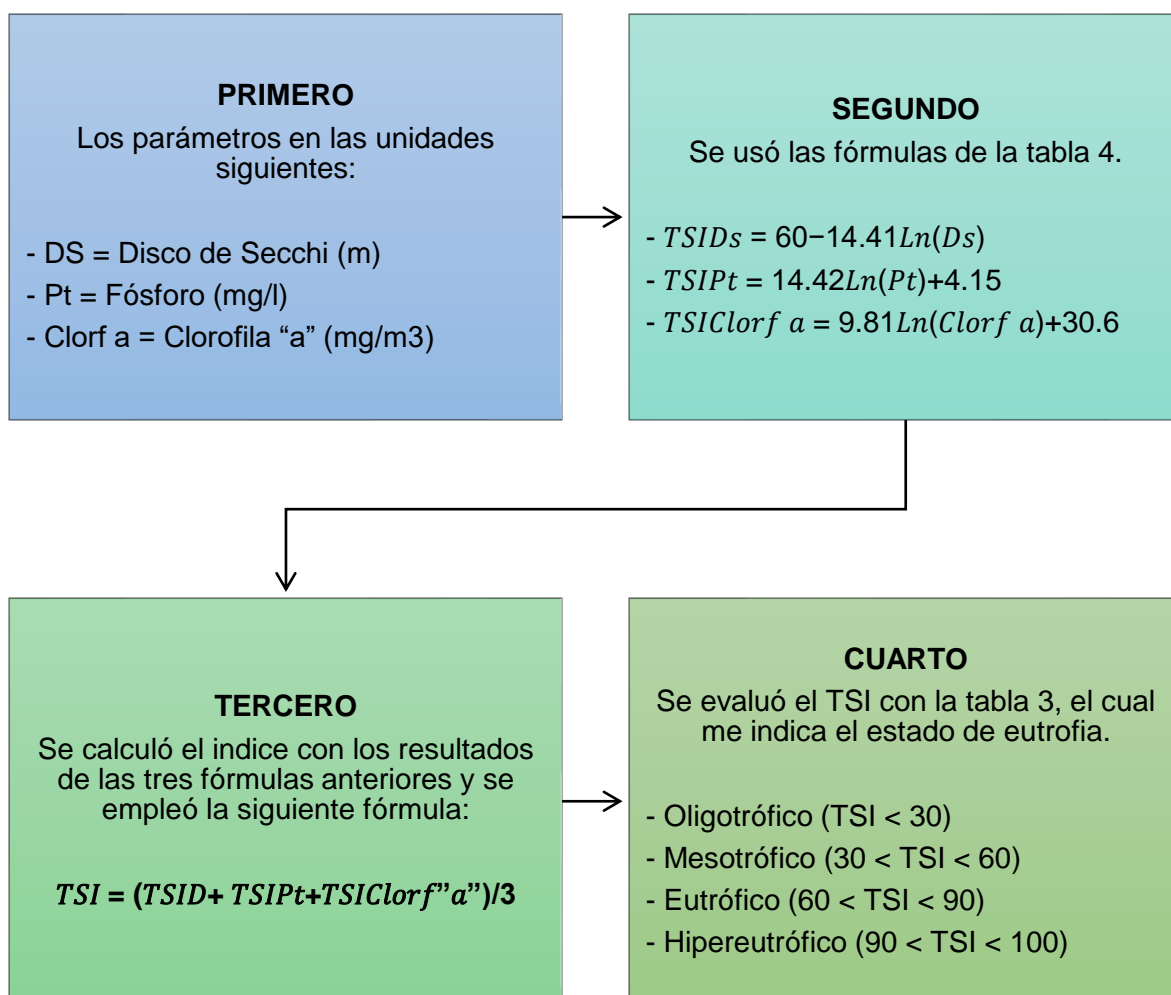


3.6. Procedimientos para el procesamiento de datos y análisis estadístico de la información

3.6.1. Tratamiento de datos a través del grado de eutrofia

Según Carlson (1980); se indica que para emplear el índice de estado trófico (TSI) fue necesario seguir estos pasos:

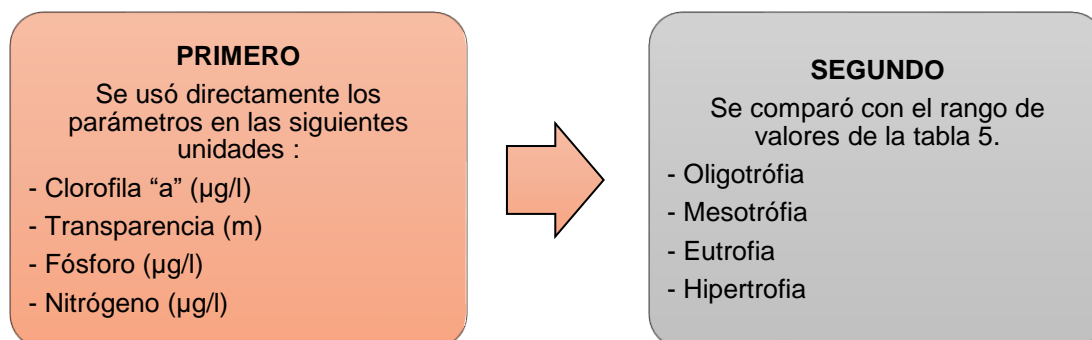
Figura 16. Pasos para emplear el índice de estado trófico (TSI)



3.6.2. Tratamiento de datos a través del índice de Smith

Para obtener la condición trófica se manejó los siguientes pasos:

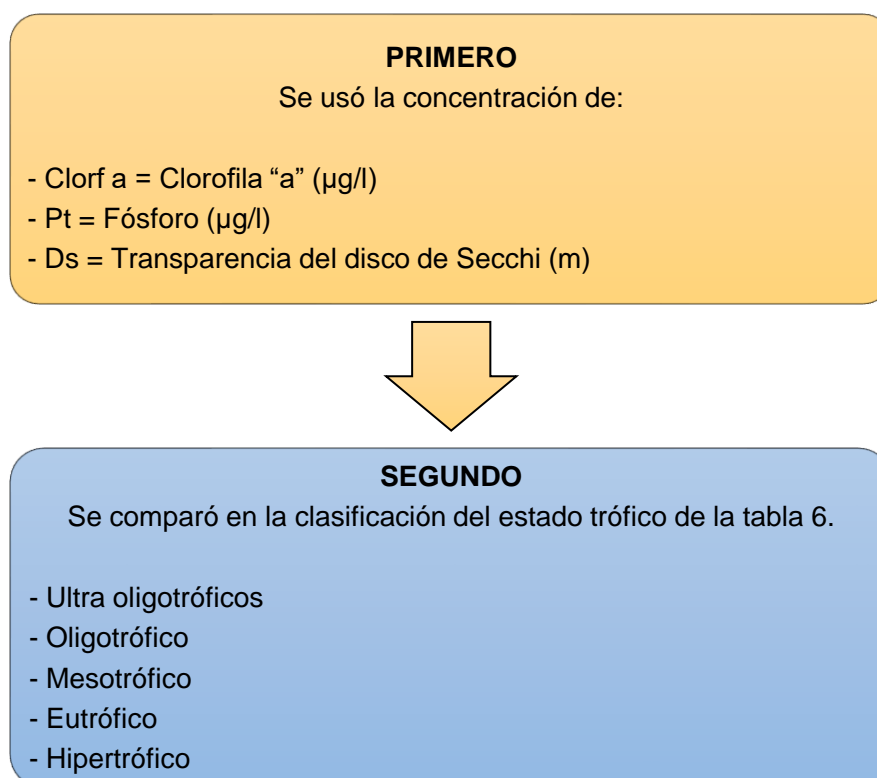
Figura 17. Pasos para obtener la condición trófica del índice de Smith



3.6.3. Tratamiento de datos por medio de la clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE

Para caracterizar la condición trófica se realizó los siguientes pasos:

Figura 18. Pasos para clasificar el estado trófico de acuerdo a la OCDE



CAPITULO IV

RESULTADOS

Los resultados del presente trabajo se muestran de acuerdo a cada objetivo específico planteado.

4.1. Actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha

4.1.1. Actividades ganaderas

El efecto directo de la presencia del pastoreo es detectable en la orilla del lago, no solo por el impacto físico y la limitación del desarrollo de la comunidad de macrófitos propia del sistema; sino porque se localiza una zona con mayores concentraciones de nitrógeno. En el área de estudio se encuentran heces de vacunos, ovinos, aves y estercoleros de auquénidos, este pastoreo origina gran acumulación de materia orgánica que se deposita en el humedal ya sea por escorrentía (lluvia) o por defecación directa (estiaje). Como se puede observar en las imágenes. Ver figura 19, 20 y 21.

Figura 19. *Imágenes de presencia de vacunos y aves*

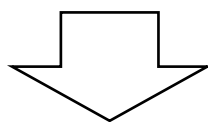


Figura 20. Imágenes de presencia de ovinos y auquénidos

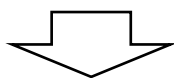
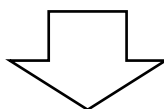


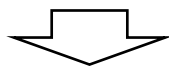
Figura 21. *Imágenes de heces de auquénidos y ovinos*

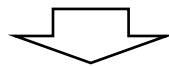


4.1.2. Flujo de residuos sólidos y efluentes de modo directo al humedal de Conococha

A continuación, se muestra el efluente de las aguas residuales de las zonas circundantes hacia el humedal de Conococha. Ver figura 22.

Figura 22. Imagen del efluente de aguas residuales y residuos sólidos





4.2. Parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

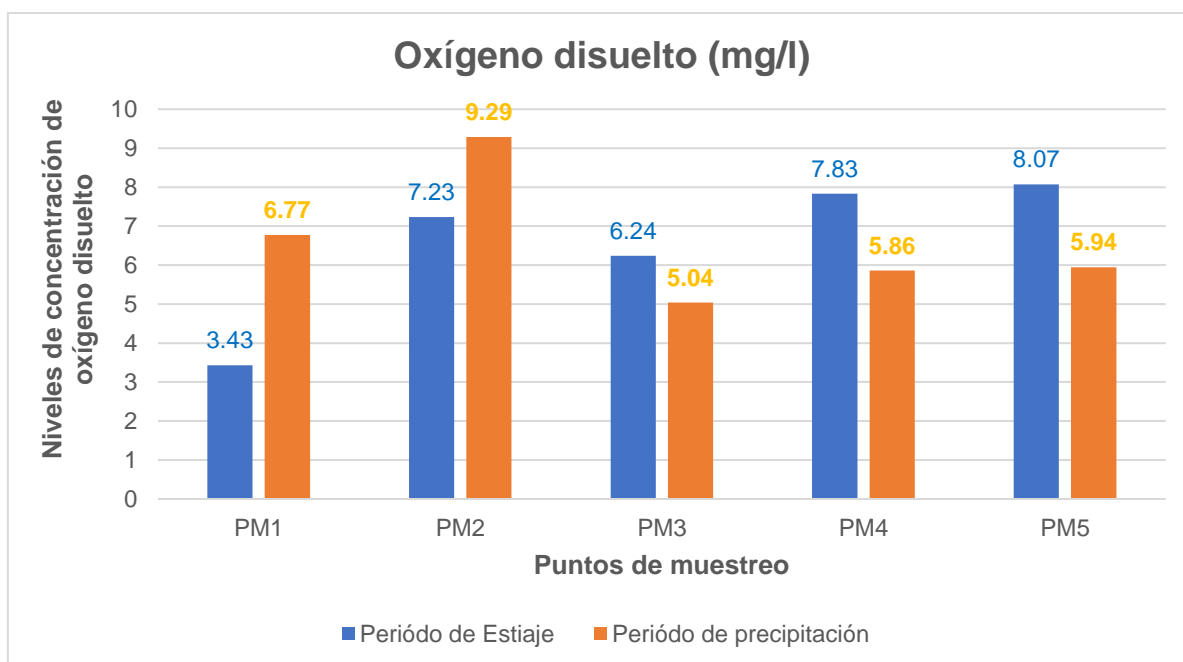
4.2.1. Oxígeno disuelto (OD)

Los resultados de los niveles de concentración de oxígeno disuelto registrados en el humedal de Conococha en el periodo de estiaje y precipitación, se muestran en la tabla 9 y la figura 23.

Tabla 9. Niveles de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación registrados del humedal de Conococha

| Oxígeno disuelto (mg/l) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------------|
| Periodo de estiaje | 3.43 | 7.23 | 6.24 | 7.83 | 8.07 | 6.56 |
| Periodo de precipitación | 6.77 | 9.29 | 5.04 | 5.86 | 5.94 | 6.58 |

Figura 23. Gráfica de los niveles de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha



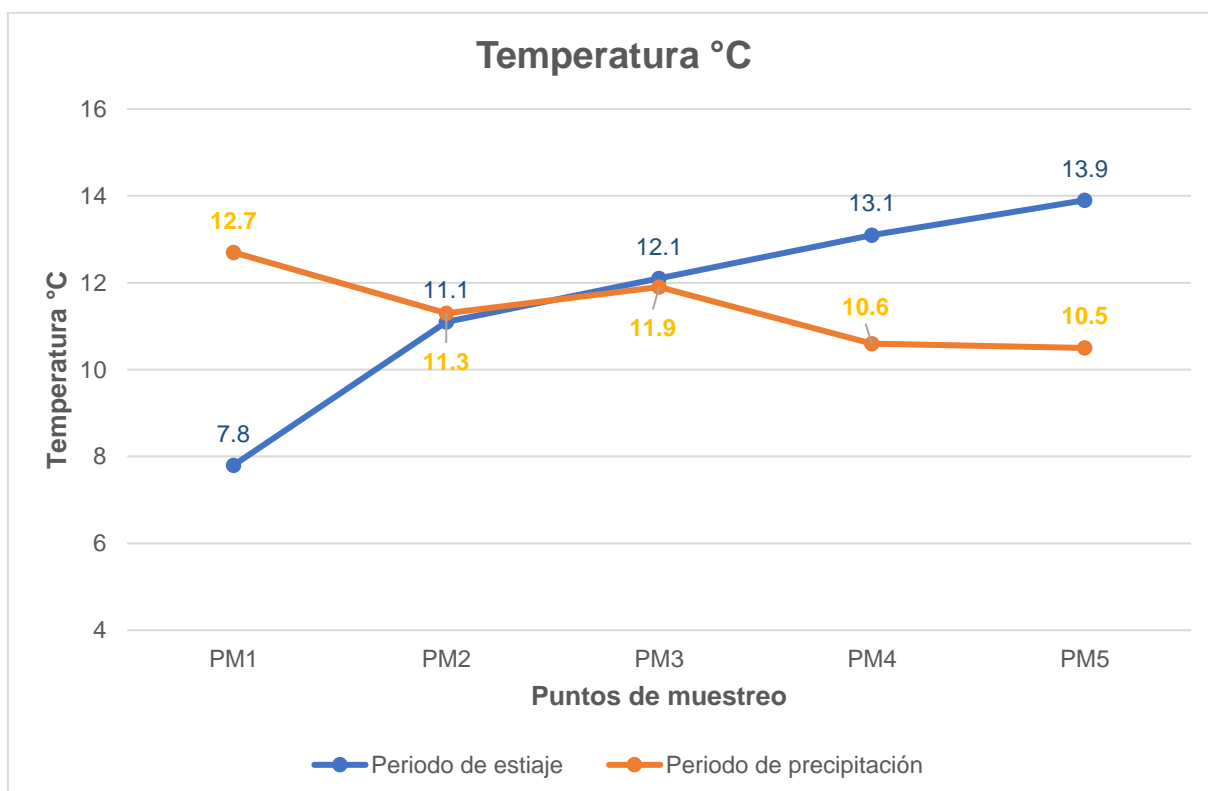
4.2.2. Temperatura

Los resultados del registro de temperatura del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 10 y la figura 24.

Tabla 10. Registro de la temperatura del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Temperatura °C | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------------|
| Periodo de estiaje | 7.8 | 11.1 | 12.1 | 13.1 | 13.9 | 11.6 |
| Periodo de precipitación | 12.7 | 11.3 | 11.9 | 10.6 | 10.5 | 11.4 |

Figura 24. Gráfica del registro de temperatura del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha



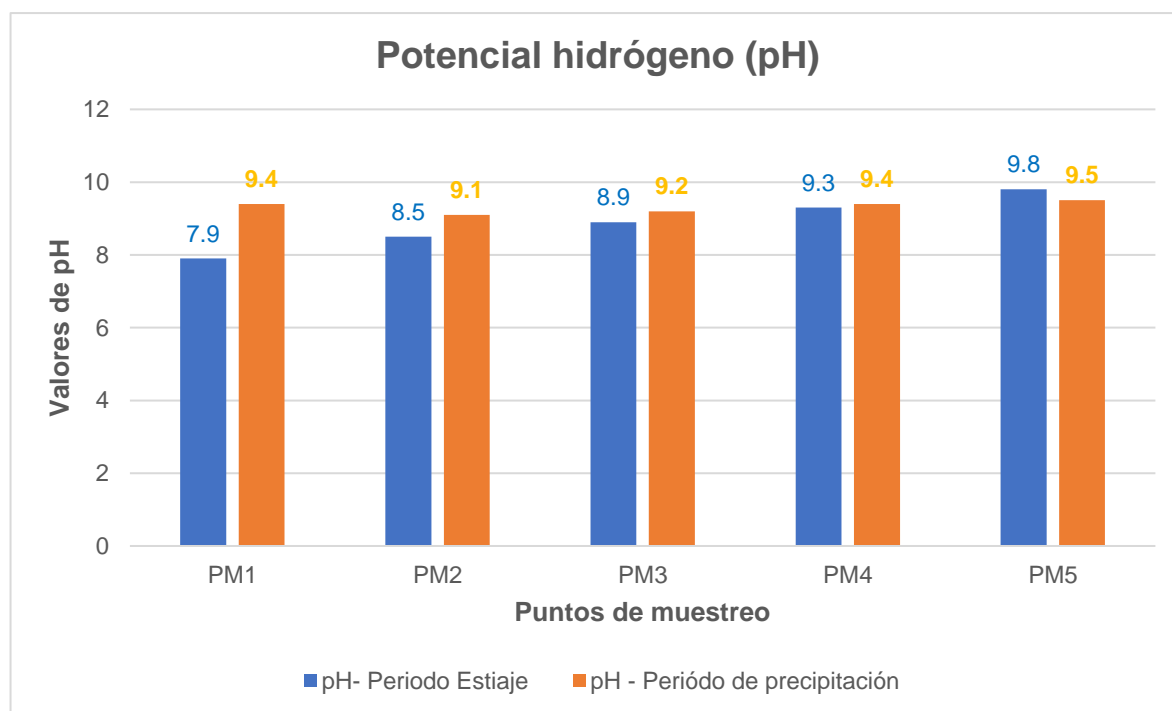
4.2.3. Potencial hidrógeno (pH) del agua

Los resultados del pH del agua del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 11 y la figura 25.

Tabla 11. Registro de pH del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Parámetro pH | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| Periodo de estiaje | 7.9 | 8.5 | 8.9 | 9.3 | 9.8 | 8.88 |
| Periodo de precipitación | 9.4 | 9.1 | 9.2 | 9.4 | 9.5 | 9.32 |

Figura 25. Gráfica del registro de pH del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha



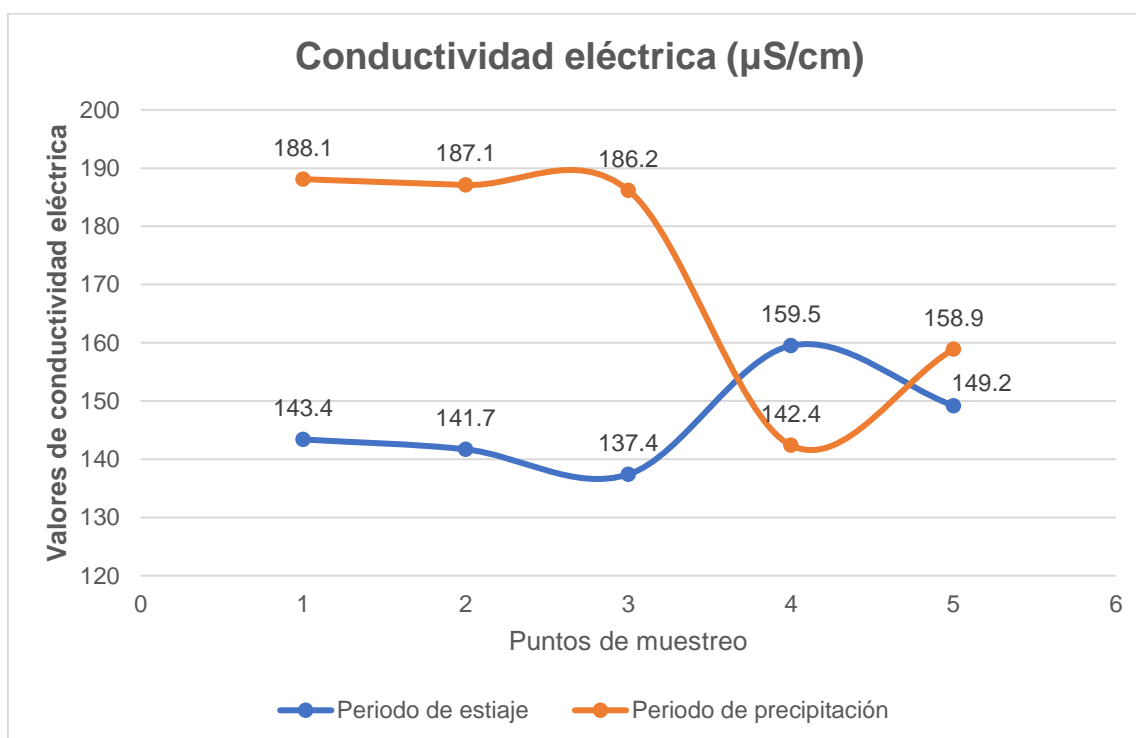
4.2.4. Conductividad eléctrica del agua

Los resultados de conductividad eléctrica del agua del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 12 y la figura 26.

Tabla 12. Registro de conductividad eléctrica del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Periodo de estiaje | 143.4 | 141.7 | 137.4 | 159.5 | 149.2 | 146.24 |
| Periodo de precipitación | 188.1 | 187.1 | 186.2 | 142.4 | 158.9 | 172.54 |

Figura 26. Gráfica del registro de conductividad eléctrica del agua en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha



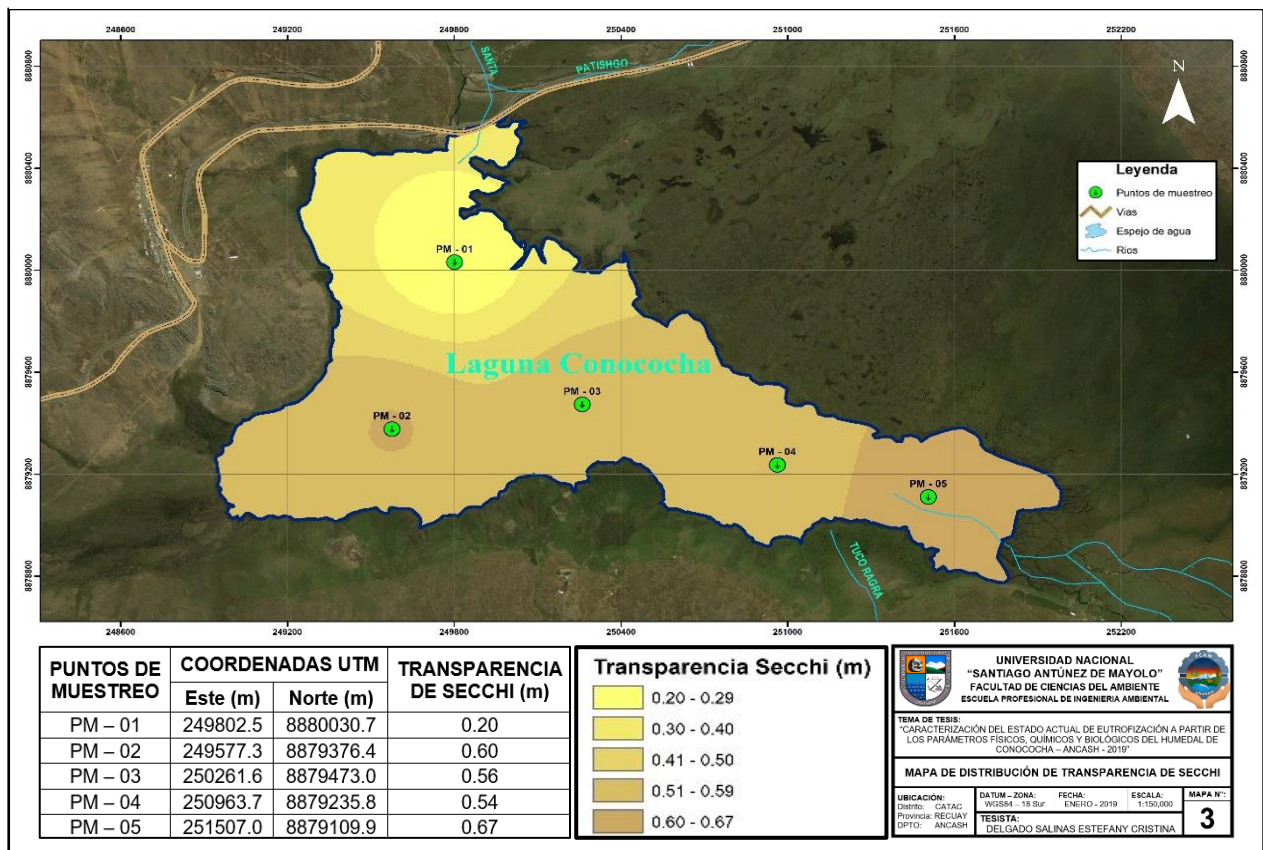
4.2.5. Transparencia de Secchi

Para medir la transparencia se usó el disco de Secchi, cuyos resultados se muestra en la tabla 13 y la figura 27.

Tabla 13. Registro de transparencia de Secchi en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Disco de Secchi (m) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|--------------|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Periodo de estiaje | 0.14 | 0.56 | 0.46 | 0.46 | 0.59 | 0.442 |
| Periodo de precipitación | 0.25 | 0.64 | 0.65 | 0.62 | 0.75 | 0.582 |
| Promedio | 0.195 | 0.6 | 0.555 | 0.54 | 0.67 | 0.512 |

Figura 27. Mapa de distribución de transparencia de Secchi del humedal de Conococha



Cálculo del índice de estado trófico modificado para transparencia

De los datos obtenidos del disco de Secchi, en la tabla 13, se empleó la ecuación 1 de la tabla 4; cuyos resultados se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Índice de estado trófico de transparencia (disco de Secchi) (TSIDS) del humedal de Conococha

| Índice del estado trófico de transparencia (disco de Secchi) (TSIDS) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Periodo de estiaje | 88.33 | 68.36 | 71.19 | 71.19 | 67.60 | 73.33 |
| Periodo de precipitación | 79.98 | 66.43 | 66.21 | 66.89 | 64.15 | 68.73 |

4.3. Parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

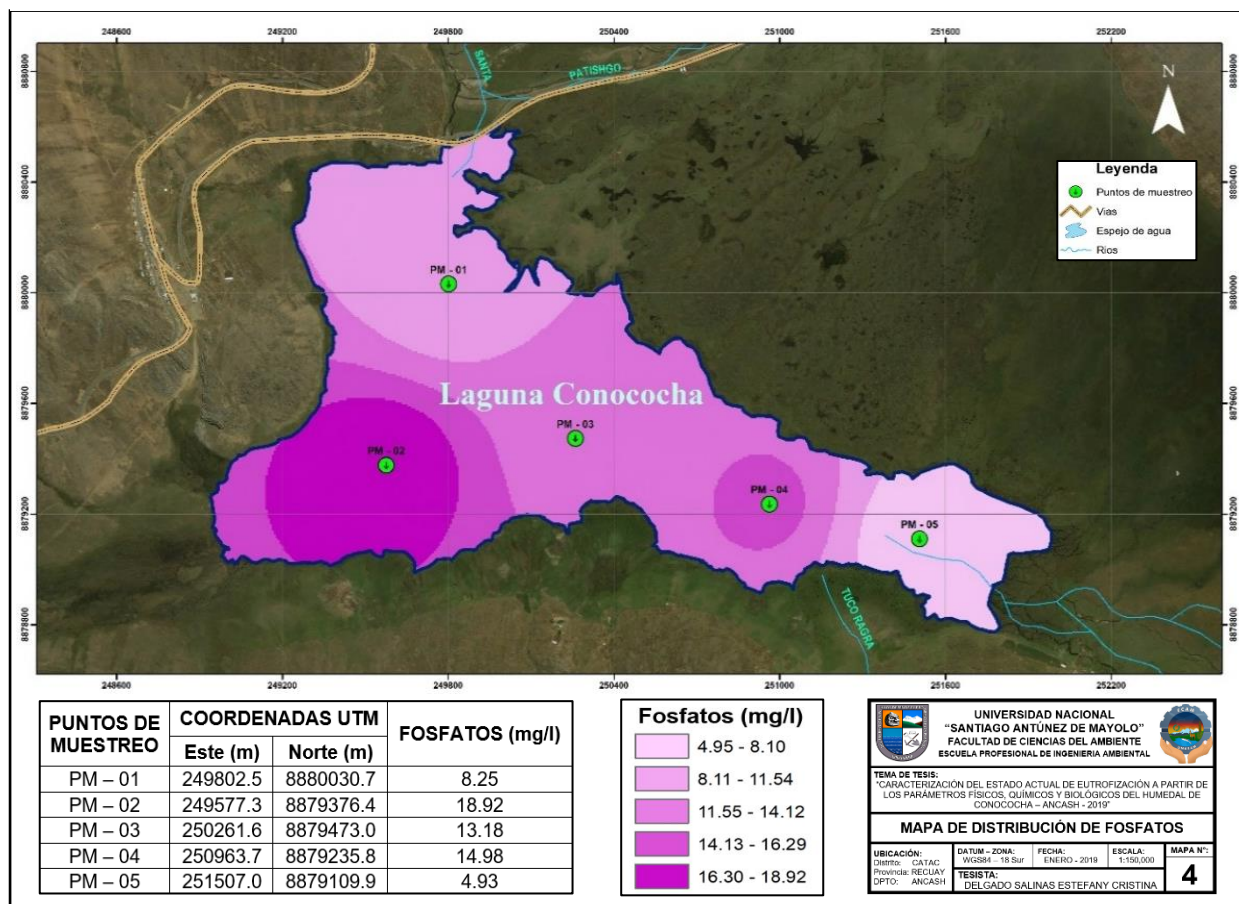
4.3.1. Fosfatos

Los resultados de fosfatos del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 15 y la figura 28.

Tabla 15. Niveles de concentración de fosfatos (mg/l) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Fosfatos (mg/l) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Periodo de estiaje | 7 | 29 | 18 | 25 | 4 | 16.6 |
| Periodo de precipitación | 9.5 | 8.8 | 8.4 | 5 | 5.9 | 7.5 |
| Promedio | 8.3 | 18.9 | 13.18 | 14.98 | 4.93 | 12.05 |

Figura 28. Mapa de distribución de fosfatos del humedal de Conococha



Cálculo del índice de estado trófico modificado para fósforo total

Con los datos de fósforo total mostrados en la tabla 15, se aplicó la ecuación 2 de la tabla 5; cuyos resultados se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Índice del estado trófico de fósforo total (TSIPt) del humedal de Conococha

| Índice del estado trófico de fósforo total (Ft) (TSIPt) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Periodo de estiaje | 32.21 | 52.71 | 45.83 | 50.57 | 24.14 | 41.09 |
| Periodo de precipitación | 36.61 | 35.57 | 34.78 | 27.22 | 29.64 | 32.76 |

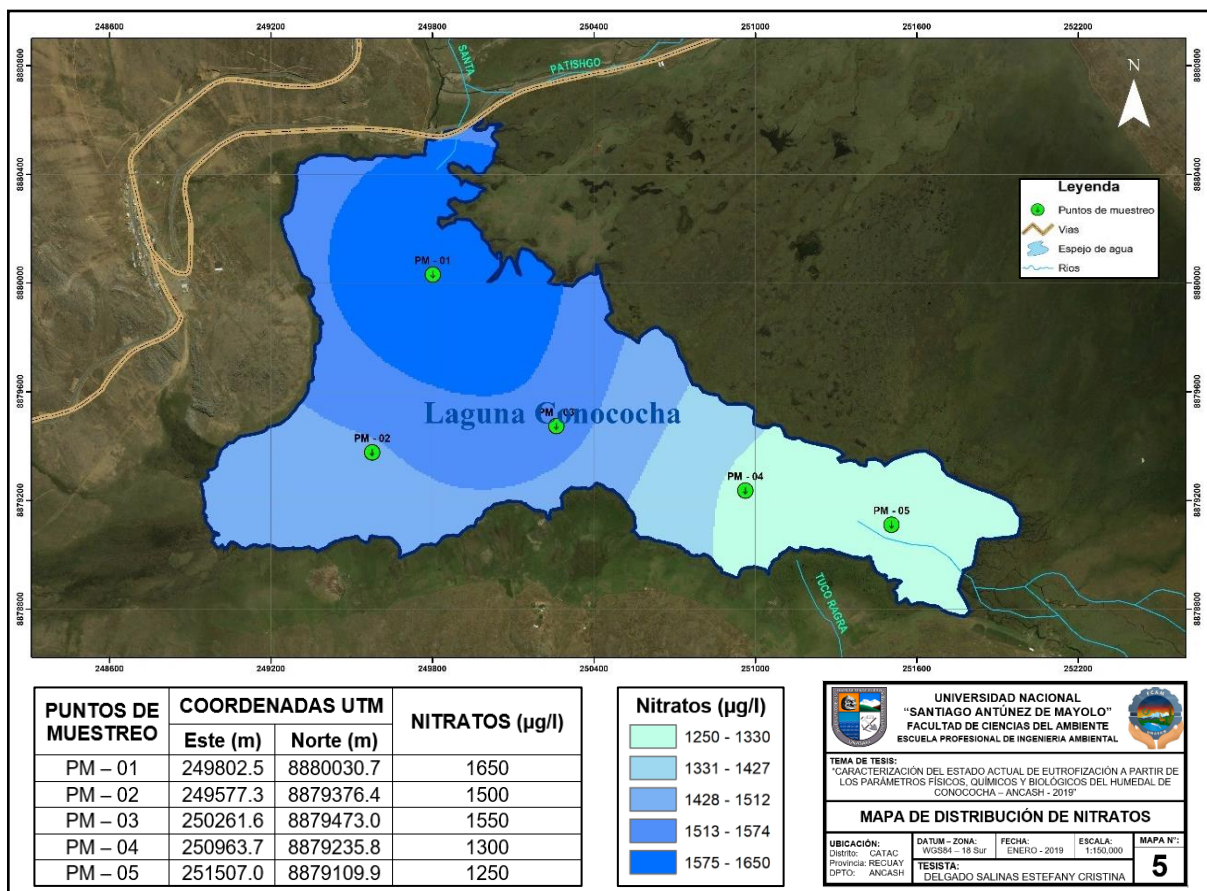
4.3.2. Nitratos

Los resultados de nitratos del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 17 y la figura 29.

Tabla 17. Niveles de concentración de nitratos en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Nitratos $\mu\text{g/l}$ | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Periodo de estiaje | 1400 | 1200 | 1400 | 1400 | 1400 | 1360 |
| Periodo de precipitación | 1900 | 1800 | 1700 | 1200 | 1100 | 1540 |
| Promedio | 1650 | 1500 | 1550 | 1300 | 1250 | 1450 |

Figura 29. Mapa de distribución de nitratos del humedal de Conococha



Según la clasificación general (internacional) tipificadora del estatus trófico o productivo de lagos y lagunas (APHA 1981)

El registro de la concentración de nitratos en los periodos de estiaje es de 1360 $\mu\text{g/l}$ NO_3 y en precipitación 1540 $\mu\text{g/l}$ NO_3 , para ello se usó la clasificación de la tabla 2, su relación a la concentración de nitrógeno es **eutrófico**, debido a que la concentración en ambos casos es mayor a 200 $\mu\text{g/l}$.

4.4. Parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha

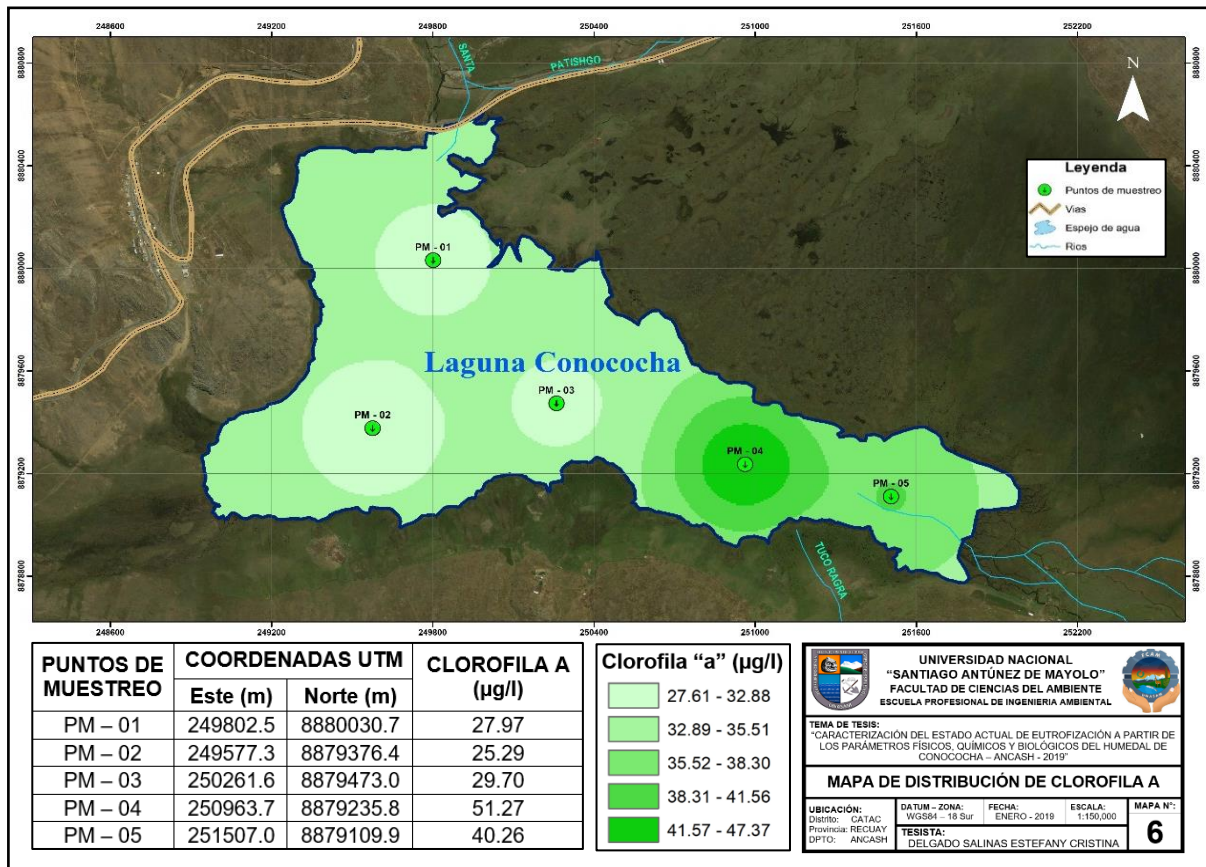
4.4.1. Concentración de Clorofila "a"

Los resultados de concentración de Clorofila "a" del humedal de Conococha, se muestran en la tabla 18 y la figura 30.

Tabla 18. Niveles de concentración de Clorofila "a" (mg/m^3) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Clorofila "a" mg/m^3 | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|---|--------|--------|-------|--------|-------|---------------|
| Periodo de estiaje | 10.15 | 20.54 | 29.85 | 73.28 | 57.07 | 38.178 |
| Periodo de precipitación | 45.78 | 30.03 | 29.55 | 29.67 | 23.45 | 31.696 |
| Promedio | 27.965 | 25.285 | 29.7 | 51.475 | 40.26 | 34.937 |

Figura 30. Mapa de distribución de clorofila “a” del humedal de Conococha



Cálculo del índice de estado trófico modificado para clorofila “a”

Los datos de clorofila “a” mostrados en la tabla 18, donde se determinó el estado trófico para el parámetro clorofila “a” mediante la ecuación 3 de la tabla 4; cuyos resultados se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Índice de estado trófico de la clorofila “a” (TSIClorf a) del humedal de Conococha

| Índice del estado trófico de clorofila "a" (Clorf a) (TSIClorf a) | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Periodo de estiaje | 53.33 | 60.25 | 63.92 | 72.73 | 70.27 | 64.10 |
| Periodo de precipitación | 68.11 | 63.98 | 63.82 | 63.86 | 61.55 | 64.26 |

4.5. Cálculo del índice del estado trófico del humedal de Conococha

4.5.1. Índice del estado trófico (Trophic state index - TSI)

Para el cálculo del índice del estado trófico se consideran las tres variables, fósforo total, clorofila "a" y disco de Secchi, para lo cual se utilizó la fórmula 4 de la tabla 4; cuyos resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Resumen del TSI de los parámetros en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| TSI | Disco Secchi | Fosfatos | Clorofila "a" | Resultados |
|--------------------------|--------------|----------|---------------|--------------|
| Periodo de estiaje | 73.33 | 41.09 | 64.10 | 59.51 |
| Periodo de precipitación | 68.73 | 32.76 | 64.26 | 55.25 |

El estado de eutrofia de acuerdo al índice TSI (tabla 3) para el humedal de Conococha es de **mesotrófico**.

4.5.2. Índice de Smith

Para determinar la condición trófica se considera la transparencia del disco de Secchi (m) mostrado en la tabla 13, concentración de nitrógeno ($\mu\text{g/l}$) mostrado en la tabla 17, concentración de clorofila "a" ($\mu\text{g/l}$) y concentración de fósforo ($\mu\text{g/l}$), los cuales presento en las tablas 21 y 22.

Tabla 21. Niveles de concentración de clorofila "a" ($\mu\text{g/l}$) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Clorofila "a" $\mu\text{g/l}$ | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | Periodo de estiaje | 10.15 | 20.54 | 29.85 | 73.28 | 57.07 | 38.178 |
| Periodo de precipitación | 45.78 | 30.03 | 29.55 | 29.67 | 23.45 | 31.696 |
| Promedio | 27.97 | 25.29 | 29.70 | 51.48 | 40.26 | 34.94 |

Tabla 22. Niveles de concentración de fosfatos ($\mu\text{g/l}$) en los periodos de estiaje y precipitación del humedal de Conococha

| Fosfatos $\mu\text{g/l}$ | PM1 | PM2 | PM3 | PM4 | PM5 | Promedio |
|-----------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | Periodo de estiaje | 7000 | 29000 | 18000 | 25000 | 4000 | 16600 |
| Periodo de precipitación | 9496 | 8834 | 8365 | 4951 | 5856 | 7500.4 |
| Promedio | 8248 | 18917 | 13183 | 14975 | 4928 | 12050 |

Con los datos de las tablas 13; 17; 21 y 22, se usó el rango de valores de la tabla 5; subrayando los valores promedio de **fósforo** es de 12050 $\mu\text{g/l}$, para el **nitrógeno** toma el valor de 1450 $\mu\text{g/l}$, para la **clorofila "a"** tiene el valor de 34.94 $\mu\text{g/l}$ y la **transparencia** a través del disco de Secchi registra 0.51 m correspondiendo según Smith a una condición trófica de **hipertrofia**. Como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Resumen de los parámetros y comparación con el índice de Smith

| INDICE DE SMITH | FOSFATOS $\mu\text{g/l}$ | NITRATOS $\mu\text{g/l}$ | CLOROFILA A $\mu\text{g/l}$ | DISCO SECCHI m |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|
| PROMEDIO | 12050.20 | 1450.00 | 34.94 | 0.51 |
| HIPERTROFIA | > 100 | > 1200 | > 25 | < 1 |

4.5.3. Estado trófico de acuerdo a la OCDE 1982

Según el estado de estimación del nivel trófico de la OCDE especificado en la tabla 6, se pudo observar para el parámetro clorofila "a" (tabla 21) se mantiene en un nivel **eutrófico**, mientras que los parámetros de fósforo (tabla 22) y transparencia (tabla 13) muestran un estado **hipertrófico**, lo que indica que la vida acuática puede ser limitada por un exceso de nutrientes como los fosfatos y la proliferación de algas. Como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Resumen de los parámetros y comparación con el estado trófico de acuerdo a la OCDE

| OCDE | FOSFATOS ($\mu\text{g/L}$) | CLOROFILA A ($\mu\text{g/L}$) | | TRANSPARENCIA Disco de Secchi (m) | |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------|
| | | Media | Máxima | Media | Mínimo |
| Promedio | 12050 | 34.94 | 73.28 | 0.51 | 0.14 |
| Eutrófico | 35 - 100 | 25 - 75 | 25 - 75 | 3.0 - 1.5 | 1.5 - 0.7 |
| Hipertrófico | > 100 | > 75 | > 75 | < 1.5 | < 0.7 |

4.6. Estándares de calidad de agua (ECA)

A través de estos estándares, se mide el estado de conservación del ambiente acuático, lo cual se representa en la tabla 25.

Tabla 25. Parámetros del humedal de Conococha y comparación con el ECA agua – categoría 4 – sub categoría E1 de lagunas y lagos

| Parámetros físicos – químicos | Unidad de medida | Parámetros del humedal de Conococha | E1: Lagunas y lagos |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Clorofila “a” | mg/L | 0.035 | 0.008 |
| Conductividad | ($\mu\text{S/cm}$) | 159.39 | 1000 |
| Fósforo total | mg/L | 12.05 | 0.035 |
| Nitratos (NO_3^-)(C) | mg/L | 1.45 | 13 |
| Oxígeno disuelto (valor mínimo) | mg/L | 6.57 | ≥ 5 |
| Potencial hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 9.1 | 6.5 a 9.0 |
| Temperatura | $^{\circ}\text{C}$ | 11.5 | $\Delta 3$ |

4.7. Contrastación de hipótesis

Para la verificación de la hipótesis, se empleó el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), siguiendo los siguientes pasos:

A. Análisis estadístico con el software SPSS

Se usaron las medias aritméticas para cada parámetro físico, químico y biológico, empleando un intervalo de confianza para la media de 95%, estos mismos parámetros presentan niveles de error estándar, límites superiores e inferiores. Los cuales se aprecian en la tabla 26.

Tabla 26. Cuadro estadístico de análisis con el software SPSS

| PARÁMETROS | | UNIDAD DE MEDIDA | PROMEDIO | ERROR ESTANDAR | INTERVALO DE CONFIANZA (95%) LIMITE SUPERIOR | INTERVALO DE CONFIANZA (95%) LIMITE INFERIOR |
|---|-------------------------|--|----------|----------------|--|--|
| Parámetros físicos | Conductividad eléctrica | $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ | 159,39 | 2,92495 | 165,122 | -153,657 |
| | Temperatura | °C | 11,52 | 0,36007 | 12,225 | -10,814 |
| | Transparencia | m | 51,20 | 8,24106 | 67,352 | -35,047 |
| | Oxígeno disuelto | mg/l | 6,0480 | 0,37418 | 6,781 | -5,746 |
| | pH | Unid. pH | 9,10 | 0,18166 | 9,456 | -8,743 |
| Parámetros químicos | Fosfatos | $\mu\text{g}/\text{IPO}_4^{3-}\text{-P}$ | 12,05 | 297,34537 | 891,452 | 274,140 |
| | Nitratos | $\mu\text{g}/\text{l NO}_3^-$ | 1450,00 | 75,82875 | 1598,624 | -1301,375 |
| Parámetro biológico | Clorofila "a" | mg/ml | 0,3480 | 0,04769 | 0,441 | -0,254 |
| Intervalo de confianza: LIMITE SUPERIOR: 2751.453 | | | | | | |
| Intervalo de confianza: LIMITE INFERIOR: -1,241.496 | | | | | | |

B. Procedimiento para la toma de decisiones

Se estableció la significancia estadística según la tabla 27.

Tabla 27. Cuadro de resumen para la toma de decisiones con el software SPSS

| | | |
|---|------------------------|--|
| 1 | Hipótesis | <p>Ho: Las características del estado actual de eutrofización del humedal de Conococha NO es consecuencia de las actividades antrópicas determinadas por los parámetros físicos, químicos y biológico.</p> <p>H1: Las características del estado actual de eutrofización del humedal de Conococha es consecuencia de las actividades antrópicas determinadas por los parámetros físicos, químicos y biológico.</p> |
| 2 | Nivel de significancia | Nivel alpha (α) = 5% es decir 0,05 margen de error. Nivel de confianza 95% |
| 3 | Estadístico de prueba | T de student para una muestra |
| 4 | P valor = 0,015 | Con una probabilidad de error del 0,015 se puede estimar que las características del estado actual de eutrofización del humedal de Conococha es consecuencia de las actividades antrópicas determinadas por los parámetros físicos, químicos y biológico. |
| 5 | Toma de decisiones | <p>Dado que el valor estimado de P es menor a 0,05 se requiere rechazar la hipótesis nula.</p> <p>Entonces, se puede afirmar que las características del estado actual de eutrofización del humedal de Conococha es consecuencia de las actividades antrópicas determinadas por los parámetros físicos, químicos y biológico.</p> |

El programa SPSS confirmó el rechazo de la hipótesis nula (H_0), por lo tanto, se demostró que los parámetros físicos, químicos y biológico analizados determinan el estado trófico actual del humedal de Conococha.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación de las actividades antrópicas presentes que determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conococha

Díaz y Sotomayor (2012), en su estudio de eutrofización del humedal de Conococha, consideran que las causas antrópicas son las actividades ganaderas como ovinos y vacunos, y el vertimiento directo de las aguas residuales, del mismo modo muestran hallazgos de un botadero adyacente al cuerpo de agua; este último ya no se ha encontrado en el estudio.

Sin embargo, se halló evidencias de la presencia de auquénidos y aves además de vacunos y ovinos; así como efluentes de aguas residuales y residuos sólidos en los flujos de estos, por lo tanto, se puede afirmar que a pesar de que el botadero ya no se encuentra, el nivel de eutrofización aumentó, lo que significa que hay otros parámetros que están incrementando el nivel de eutrofización.

5.2. Evaluación de los parámetros físicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

5.2.1. Oxígeno disuelto (OD)

Las cantidades de OD en el humedal es de 6,58 mg/l en el periodo de precipitación y de 6.56 mg/l en el periodo de estiaje (tabla 9). Diaz & Sotomayor (2012), en su trabajo reportaron el valor de 5.7 mg/l para la temporada de estiaje y para la temporada de precipitación 5.9 mg/l.

Estos valores de OD determinados al 2019, muestran un aumento de 1 mg/l aproximadamente, a pesar que el estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 demuestra que el valor mínimo es ≥ 5 mg/l (tabla 25), y se afirma que estos valores de OD son aceptables para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos (tabla 1).

Sin embargo, la concentración de OD determinado se encuentra cerca del límite inferior, lo que es preocupante porque la cantidad de OD puede cambiar en gran medida durante el día debido a la actividad fotosintética de algas y plantas acuáticas, biodegradación de los contaminantes por parte de las bacterias y aumento en la temperatura, lo que podría causar que la concentración de OD se establezca por debajo del nivel mínimo y en consecuencia las especies acuáticas comiencen a morir.

5.2.2. Potencial hidrógeno (pH)

En la tabla 11 se registran los valores promedio en el periodo de estiaje 8.88 y en el periodo de precipitación 9.32. Diaz y Sotomayor (2012) en su trabajo reportaron valores de pH en la temporada de estiaje 9.19 y en la temporada de lluvia de 8.03.

Estos valores de pH se mantienen cerca del margen superior de los estándares de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 (tabla 25) lo que evidencia alcalinidad en el agua y también refleja la presencia de carbonatos,

bicarbonatos, hidróxidos, boratos, silicatos y fosfatos, estos compuestos están presentes en las heces que las actividades ganaderas ocasionan y en consecuencia se adicionan por escorrentía o defecación directa.

5.2.3. Temperatura en el humedal de Conococha

La temperatura reportada en los cuerpos de agua registra para el periodo de precipitación 11.4°C y para el periodo de estiaje 11.6°C (tabla 10). Diaz y Sotomayor (2012), reporta datos de temperatura promedio: 13,3 °C en temporada de lluvia y 10,7 °C en temporada estiaje, estos valores son similares a los datos obtenidos en el estudio.

El estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 muestra que la variación de la temperatura reportada en ambos estudios es aceptable, porque la variación es mínima y no sobre pasa los 3 grados Celsius de diferencia, lo cual indica que el cuerpo de agua sigue manteniendo sus condiciones naturales.

5.2.4. Conductibilidad eléctrica

Los valores registrados en el periodo de estiaje con menor valor corresponden al PM3 con 137.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el valor más alto se produjo en PM4 con 159.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en el periodo de precipitación el valor más alto se registra en el PM1 con 188.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el menor valor fue en el PM4 con 142.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabla 12).

Diaz y Sotomayor (2012), registran en la temporada de lluvia el menor valor de 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el mayor valor de 76 $\mu\text{S}/\text{cm}$; y en temporada de estiaje el menor valor de 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el mayor valor de 210 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 comparado con el estudio realizado, muestra que la conductividad es baja (tabla 25), y que estos cambios de conductividad indican problemas de contaminación en la escorrentía de un lago, relacionado a la dureza y alcalinidad del agua, influyendo en el grado en que los nutrientes permanecen en el agua.

5.2.5. Transparencia de Secchi

Los valores registrados para la transparencia con el disco de Secchi, para el periodo de estiaje es de 0.44 m y para el periodo de precipitación es de 0.58 m (tabla 13).

Al comparar con el índice de Smith (tabla 5), la condición trófica sería de **hipertrofia**; con la clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE (1982) se encuentra en una categoría trófica de **hipertrófico** (tabla 6); asimismo al compararlo con Carlson (tabla 3), el humedal de Conococha presenta el índice del estado trófico ($30 < TSI < 60$) que corresponde a **mesotrófico**, los resultados obtenidos en el periodo de estiaje son de 73.33 TSI, y en la época de precipitación es de 68.73 TSI (tabla 20).

Díaz y Sotomayor (2012), señala que los resultados de las mediciones del disco de Secchi fueron 0,69 m y 0,62 m en las temporadas de lluvia y estiaje respectivamente, al evaluarlo con este estudio, se mostró que la transparencia del cuerpo de agua disminuyó a 0.58 m y 0.44 m en el periodo de precipitación y estiaje respectivamente (tabla 13).

Esto señala que la transparencia del cuerpo de agua, determinado al 2019, disminuyó por la presencia de materia orgánica e inorgánica, el crecimiento abundante de las algas provoca la poca visibilidad en las profundidades del cuerpo de agua.

5.3. Evaluación de los parámetros químicos que determinan la eutrofización en el humedal de Conococha

5.3.1. Fósforo

La carga promedio de fósforo total en los 5 puntos de muestreo, en el periodo de precipitación fue de 7500 $\mu\text{g/l}$ y el periodo de estiaje fue de 16600 $\mu\text{g/l}$, al comparar las concentraciones de fósforo total obtenidos con la clasificación del estado trófico de acuerdo a la OCDE (1982), se evidencia que el humedal de Conococha presenta un nivel **hipertrófico**.

Utilizando la metodología según Carlson (1977), durante el periodo de precipitación y estiaje reportan el TSI igual a 31.76 y 41.09 (tabla 20) respectivamente, donde el valor es un TSI **mesotrófico** ($30 < \text{TSI} < 60$).

Relacionando con el índice de Smith para el fósforo la condición trófica sería de **hipertrofia** ya que el valor propuesto por Smith (2003) es de $> 100 \mu\text{g/l}$ y el valor promedio registrado es $12050.20 \mu\text{g/l}$ (tabla 23).

Diaz y Sotomayor (2012), registran valores promedio para fósforo total de $128.9 \mu\text{g/l}$ (0.1289 mg/l) y $132.0 \mu\text{g/l}$ (0.132 mg/l) para la temporada de lluvia y estiaje respectivamente mientras que en el estudio se registró 7.5 mg/l y 16.6 mg/l (tabla 15) para la temporada de precipitación y estiaje respectivamente.

Esto muestra un aumento en la cantidad de fósforo total; el estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 muestra que el nivel de fósforo se encuentra superior al valor 0.035 mg/l ; por lo tanto, el cuerpo de agua no se considera de buena calidad, pues como demuestran los resultados de Diaz y Sotomayor (2012), este nivel ya era superior y sigue en ascenso.

5.3.2. Nitrógeno

Los valores reportados en el periodo de estiaje son de $1360 \mu\text{g/l}$ y en el periodo de precipitación son de $1540 \mu\text{g/l}$, estos valores al ser comparados con la clasificación general tipificadora del estatus trófico o productivo de lagos y lagunas APHA (1981) (tabla 2) es considerada como eutrófico, relacionado con el índice de Smith la condición trófica es considerada como hipertrofia (tabla 23).

Diaz y Sotomayor (2012), registran valores promedio para nitratos en la temporada de lluvia de $201.7 \mu\text{g/l}$ (0.2017 mg/l) y en la temporada de estiaje de $230 \mu\text{g/l}$ (0.23 mg/l); mientras que en el estudio se registró los valores de $1540 \mu\text{g/l}$ (1.54 mg/l) para el periodo de precipitación y $1360 \mu\text{g/l}$ (1.36 mg/l) para el periodo de estiaje (tabla 17).

Estos resultados se verificaron con el estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4 que la concentración óptima de nitratos es de 13 mg/l, lo que nos muestra que su presencia en el agua se mantiene escasa, a pesar que se determinó un valor mayor para este estudio, esto es debido a la baja presencia de oxígeno disuelto, el cual limita que el nitrógeno orgánico se transforme a amoníaco, luego a nitritos y finalmente a nitratos.

5.4. Evaluación del parámetro biológico que determina la eutrofización en el humedal de Conococha

5.4.1. Clorofila “a”

Los valores de la concentración de clorofila “a” en el periodo de estiaje es de 38.178 mg/m³ (38.178 µg/l) y en el periodo de precipitación es de 31.696 mg/m³ (31.696 µg/l), ver las tablas 18 y 21, al compararlo con la escala propuesta por Carlson (1977) se tiene un estado de eutrofización **mesotrófico**, según el índice de Smith (2003) la condición trófica corresponde a **hipertrofia** y al evaluar el estado trófico de acuerdo a la OCDE (1982) se determinó que su categoría trófica corresponde a **eutrófico** (tabla 24).

En su estudio Diaz y Sotomayor (2012), registran un valor promedio de 46 µg/l (0.046 mg/l), mientras que en este estudio se determinó un valor promedio de 0.035 mg/l (tabla 25), el cual se comparó con el estándar de calidad de agua (ECA) en la categoría 4, lo que demuestra que este indicador se encuentra elevado, de modo que indica contaminación de este sistema acuático.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ Las actividades antrópicas que se identificaron fueron la ganadería, presencia de residuos sólidos y efluentes de aguas residuales; los cuales determinan los niveles de los parámetros físicos, químicos y biológico del humedal de Conocochoa.
- ✓ Se identificó que la transparencia del cuerpo de agua ha disminuido a 0.44 y 0.58 m; el pH es alcalino (9.1) el cual refleja la presencia de, entre otros compuestos, los fosfatos, los cuales están presentes en las heces que las actividades ganaderas ocasionan y en consecuencia se adicionan por escorrentía o defecación directa; la conductividad eléctrica es baja (159.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indicando problemas de contaminación en la escorrentía influyendo en el grado que los nutrientes permanecen en el agua; aunque la temperatura sea aceptable (11.5°C) y no presenta mucha variación, la concentración de OD se encuentra cerca al límite inferior permitiendo que se mantenga la vida de especies acuáticas pero al mismo tiempo este nivel de OD (6.57 mg/L) representa un peligro si en caso descendiera por debajo del nivel mínimo; por lo que estas características físicas determinan la eutrofización en el humedal de Conocochoa.

- ✓ Se determinó que los niveles de fosfatos son elevados (12.05 mg/L) lo que evidencia el impacto producido por las heces de las actividades ganaderas, teniendo en consideración que un vacuno adulto produce el 6% de heces de su peso corporal en un día, una oveja adulta de 60 kg produce en promedio 2.5 kg/día de estiércol y un auquénido excreta entre heces y orina 3 kg al día y efluentes de aguas residuales provenientes del uso de detergentes y residuos sólidos de las casas circundantes; los niveles de nitratos son escasos (1.45 mg/L) debido a la baja presencia de oxígeno disuelto, el cual limita que el nitrógeno orgánico se transforme a amoníaco, luego a nitritos y finalmente a nitratos lo que ocasionan la eutrofización en el humedal de Conococha.

- ✓ Se determinó que el nivel de clorofila "a" se encuentra elevado (0.035 mg/L) debido a la sobre nutrición y se evidencia por medio de su productividad que en consecuencia genera el descenso en la transparencia del agua promoviendo favorablemente la eutrofización en el humedal de Conococha.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Recomiendo que se emplee este trabajo como referente para generar y emplear ordenanzas que involucren a los actores directos a la problemática y se haga una adecuada gestión para la conservación del humedal de Conococha.

- ✓ Recomiendo incluir mayor educación ambiental a nivel local, regional y nacional, y destacar los impactos que tiene el hombre respecto al ambiente que habita, haciendo énfasis en los daños a corto y largo plazo que se ocasionan para sí mismos las malas prácticas.

- ✓ Recomiendo hacer modificaciones estructurales en zanjas, alcantarillados y estos ya no discurran directamente en el humedal de Conococha.

- ✓ Recomiendo que los miembros acreditados del comité nacional de humedales (CNH) presentes en la ciudad de Huaraz (ANA, SERNANP, SERFOR) gestione la declaración del humedal de Conococha como sitio RAMSAR, debido a su importancia respecto al río Santa, como habitat de aves acuáticas y especies acuáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizaki, M. (1981). *Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters*. Verh. Internat. Verein Limnol.
- Altamirano, R. (2017). Potencial de producción energética de biogás a partir de residuos pecuarios en la región La Libertad. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- APHA. (1999). *American Public Health Association*. Whashington, DC: Water quality analysis. Environmental Protection Agency.
- Aranda, N. (2004). *Eutroficación y calidad del agua de una zona costera*. Barcelona: Necena.
- Arocena, R. (2016). *Metodos en ecología de agua continentales*. Uruguay: DIRAC Facultad de Ciencias - UdelR.
- Banderas, A. (1996). La limnología, una revisión del concepto. *Ingeniería Hidráulica en Mexico*, 74-77.
- Barros, S., & Carrasco, M. (2006). *Estudio limnológico en la laguna de Surocucho*. Ecuador: Cuenca, Dirección de Gestión Ambiental - ETAPA.
- Benites, A. (2016). Características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Peru). (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional del Santa, Chimbote.
- Boyd, C., & Tucker, S. (1992). Water quality and pond soil analysis for aquaculture. *Alabama Agricultural Station*, 183.
- Campos, E. (2015). Estudio de los efectos de las actividades ribereñas de la población en el comportamiento de la laguna de Ñahuinpuquio - Chupaca. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional del Centro del Peru., Huancayo.
- Carlson, R. (1977). *A trophic state index for lakes*. Obtenido de Limnology and oceanography: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.4319/lo.1977.22.2.0361>

- Carlson, R., & Simpson, J. (10 de mayo de 1996). *Coordinators guide o volunteer lake monitoring methods*. Illinois: Inc. Obtenido de North American lake management society.
- Committee on characterization of wetlands, national research council. (1995). *Wetlands: Characteristics and boundaries*. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=621OAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=\(Committee+on+Characterization+of+Wetlands,+1995\).&ots=9aochsrmsa&sig=YAuo7wp7t3WPIN-Gwr6tYfHYphA#v=onepage&q=\(Committee%20on%20Characterization%20of%20Wetlands%2C%201995\).&f=fa](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=621OAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=(Committee+on+Characterization+of+Wetlands,+1995).&ots=9aochsrmsa&sig=YAuo7wp7t3WPIN-Gwr6tYfHYphA#v=onepage&q=(Committee%20on%20Characterization%20of%20Wetlands%2C%201995).&f=fa)
- Congreso de la Republica del Perú. (2005, 15 de octubre). *Ley 28611 de 2005*. Lima: Gaceta oficial del congreso. Obtenido de <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Congreso de la República del Perú. (2017). *D.S. N°004-2017-MINAM*. Lima: Diario el peruano. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Diaz, A., & Sotomayor, F. (2012). Evaluación de la eutrofización de la laguna Conococha - Ancash a agosto 2012. *Tesis para Optra el Título Profesional de Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Dirección general de políticas agrarias. (2019). *Potencial productivo y comercial de la alpaca*. Lima. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/423423/potencial_productivo_comercial_de_la_alpaca.pdf
- Environment, C. (2001). *Informe del proyecto: Survey of the State of the Worlds Lakes*. Italia: Le Scienze.
- FEM. (23 de diciembre de 2015). *Fundamentals of environmental measurements. Water temperature*. Obtenido de <http://www.fondriest.com/environmentalmeasurements/parameters/water-quality/water-temperature/>

- Fonturbel, F. (2019). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 135-141.
- García, M. (26 de junio de 2012). *La hidrosfera. El ciclo del agua en el planeta. La claridad del agua*. Obtenido de Contaminación acuática. Eutrofización: <https://reseragate.net/publication/2639255592>
- Herrera, J. (2016). Bioecología de la laguna Challhuacocha y su potencial de uso, en periodo de sequía, distrito de Conchucos (Ancash, Perú). (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional del Santa, Chimbote.
- IDEAM. (11 de febrero de 2016). *Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad>
- Institut botànic de Barcelona. (1976). *Collectanea botànica. Consejo superior de investigaciones científicas*.
- Instituto nacional de ecología. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perspectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>
- Kardis, E. (1983). An Index Associated with Nutrient Eutrophication in the Marine Env. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Lopez, P., & Madronero, C. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de la Cocha. *Scielo*.
- Mackenzie, D., & Masten, S. (2014). *Ingeniería y ciencias ambientales*. Mexico: McGraw Hill.
- MINAM. (2018). *Ministerio del Medio Ambiente*. Lima.
- Mitsch, J., & Gosselink, J. (2007). "Wetlands" Fourth Edition. New York: Van Nostrand. *Reinhold*, pp. 107-260.

- Moreno, D., & Ramirez, J. (2010). *Variación temporal de la condición trófica del lago del parque norte, Medellín (Antioquia)*. Antioquia Colombia.
- Moreno, D., Quintero, J., & Lopez, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*, 25–33.
- OCDE. (1982). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*. Paris: The Listo Social Indicators.
- Odum, E. (1985). Trends Expected in Stressed Ecosystems. En A. i. sciences, *BioScience* (págs. 419-422).
- Odum, E. (2006). *Fundamentos de ecología*. Mexico: Thompson.
- Ongley, E. (2019). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos estudio riego y drenaje*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm#Contents>.
- Oña, P. (2017). Determinación del estado trófico de las lagunas de Mojanda a través de la cuantificación de Clorofila “a”. *Título para Optar el Título Profesional de Ing. Ambiental*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Pulido, C., & Pinilla, G. (2017). Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia . *Revista académica de Colombia*.
- Ramirez, S. (2017). Manejo de excretas de ovejas mediante compostaje, inoculado con microorganismos de montaña (MM) nativos en la finca experimental Santa Lucia, Heredia. Costa Rica. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional, Heredia.
- Ramos, E. (2013). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v4n2/v4n2a09.pdf>
- RAMSAR. (2016). *Convención de Humedales de Importancia Internacional*. Obtenido de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
- Reddy, R., & Delaune, R. (2008). *“Biogeochemistry of Wetlandds.Science and Applications* . New York CRC.

- Rivera, C., Zapata, Á., Pinilla, G., Donato, J., Chaparro, B., & Jiménez, P. (2005). Comparación de la estimación de la clorofila-a mediante los métodos espectrofotométrico y fluorométrico. *Acta biológica colombiana*, (págs. 95-103). Bogotá.
- Roldan, V. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Bogota: Limusa.
- Smith, R. (2012). *Ecología*. España: Addison Wesley.
- Smith, V. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126-139.
- Tulsma, L. (2017). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. Obtenido de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Vasquez, G., & Herrera, O. (2012). Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 112-128.
- Vollenweider, R., & Kerebes, J. (1981). Restoration of Lakes and Inland Waters, U.S. *Environmental Protection Agency, EPA*, 26-35.
- Wetzel, R. (2001). *Limnology. Lake and river ecosystems*. San Diego: Evana.
- Zouiten, H. (2012). Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales. (*Tesis doctoral*). Universidad de Cantabria, Cantabria.

ANEXOS



ANEXO A

Resultados del Laboratorio de Calidad Ambiental del
primer muestreo





INFORME DE ENSAYO AG190325

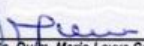
| | |
|--------------------|---|
| CLIENTE | Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS Dirección : Av. Manco Capac 531 - B Atención : Estefany Delgado Salinas |
| MUESTRA | Producto declarado : Agua de Laguna Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial Procedencia : A 500 m Noroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash. Coordenadas: 249824 E 8880484 N 4022 msnm Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190208 |
| MUESTREO | Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM ¹ Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001 |
| LABORATORIO | Fecha de recepción : 05 /Agosto/2019 Fecha de análisis : 05 de Agosto al 12 de Agosto/2019 Cotización N° : CO190634 |

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|--------------------------------------|--|---------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 01 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 03/08/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 08:50 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190376 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 | ..... |  | 7.90 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | µS.cm ⁻¹ | APHA 2510 B -Versión 2012 | ..... |  | 143.40 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 3.43 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 7.80 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | µg/PO ₄ ³⁻ - P | Vanadatomolibdato | 10µg/l | | 7 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | µg/l NO ₃ | Nitrospectral | 1000µg/l | | 1400 |

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 12 de Agosto de 2019




MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CCP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de pericibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190326

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 1 Km Noroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249572 E 8880409 N 4022 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190208

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 05 /Agosto/2019
 Fecha de análisis : 05 de Agosto al 12 de Agosto/2019
 Cotización N° : CO190634

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|------------------------------------|--|----------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 02 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 03/08/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 10:30 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190377 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 | ..... |  | 8.50 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | $\mu\text{S.cm}^{-1}$ | APHA 2510 B -Versión 2012 | ..... |  | 141.7 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 7.23 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 11.10 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | $\mu\text{g/PO}_4^{3-} - \text{P}$ | Vanadatomolibdato | 10 $\mu\text{g/l}$ | | 29 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | $\mu\text{g/l NO}_3^-$ | Nitrospectral | 1000 $\mu\text{g/l}$ | | 1200 |

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition/2017

Huaraz, 12 de Agosto de 2019


 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perechibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°2004-Huaraz-Ancash, Telef. 043 840630 - Anexos: 3632- 3651 - Cel. 944432754
 E-mail: labcam@normal.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-20

Página 1 de 1





INFORME DE ENSAYO AG190327

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 2 Km Noroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249290 E 8880145 N 4020 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190208

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 05 /Agosto/2019
 Fecha de análisis : 05 de Agosto al 12 de Agosto/2019
 Cotización N° : CO190634

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|---|---|-----------------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 03 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 03/08/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 11:40 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190378 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 | ..... |  | 8.90 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ | APHA 2510 B -Versión 2012 | ..... |  | 137.4 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 6.24 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 12.10 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | $\mu\text{g}/\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ | Vanadatomolibdato | 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 18 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | $\mu\text{g}/\text{l NO}_3^-$ | Nitrospectral | 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 1400 |

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 12 de Agosto de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQR N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°700-Huaraz-Ancash, Telef. 043-640026 - Anexo: 2602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcaam@hotmail.com





INFORME DE ENSAYO AG190328

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 2.5 Km Suroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249383 E 8879880 N 4022 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190208

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 05 /Agosto/2019
 Fecha de análisis : 05 de Agosto al 12 de Agosto/2019
 Cotización N° : CO190634

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|---------------------------------------|---|---------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 04 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 03/08/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 12:30 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190379 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 | ..... |  | 9.30 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | µS.cm ⁻¹ | APHA 2510 B -Versión 2012 | ..... |  | 142.4 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 7.83 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 13.30 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | µg/lPO ₄ ³⁻ - P | Vanadatomolibdato | 10µg/l | | 25 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | µg/l NO ₃ ⁻ | Nitrospectral | 1000µg/l | | 1400 |

El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 12 de Agosto de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190329

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 3 Km Suroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249387 E 8879749 N 4025 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190208

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 05 /Agosto/2019
 Fecha de análisis : 05 de Agosto al 12 de Agosto/2019
 Cotización N° : CO190634

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 05 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 03/08/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 13:15 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190380 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H* B.-Versión 2012 | ..... |  | 9.80 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ | APHA 2510 B -Versión 2012 | ..... |  | 149.2 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 8.07 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 13.90 |
| FQ | ANÁLISIS FISIQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | $\mu\text{g}/\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ | Vanadatomolibdato | 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 4 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | $\mu\text{g}/\text{l NO}_3$ | Nitrospectral | 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 1400 |

El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 12 de Agosto de 2019


 MSc. Q.alm. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



ANEXO B

Resultados del Laboratorio de la Universidad Nacional
de Trujillo del primer muestreo



INFORME DE ENSAYO DE MUESTRA N°01

CLIENTE : Estefany Cristina Delgado Salinas
 DIRECCION : Av. Manco Cápac 531-B Independencia – Huaraz
 MUESTRA : Agua de la laguna Conococha–Catac–Recuay–Ancash
 RECEPCIÓN : 06 de agosto del 2019

Las muestras se procesaron según el método específico para agua de laguna, obteniendo los siguientes resultados:

| | | |
|---------------|-------------------------|----------------|
| Parámetro: | Chlorophyll a | |
| Método: | Espectrofotométrico | |
| Código | Unidad de medida | Cuantía |
| PM – 01 | mg/m ³ | 10.15 |
| PM – 02 | mg/m ³ | 20.54 |
| PM – 03 | mg/m ³ | 29.85 |
| PM – 04 | mg/m ³ | 73.28 |
| PM – 05 | mg/m ³ | 57.07 |

Trujillo, 15 de agosto de 2019



DR. ROGER VENEROS TERRONES

CBLI 1850

Doctor en ciencias biológicas-UNT.

Magister en salud pública con mención en nutrición humana-UNT.

Segunda Especialidad en análisis clínicos y biológicos-UNT.

ANEXO C

Resultados del Laboratorio de Calidad Ambiental del
segundo muestreo





INFORME DE ENSAYO AG190448

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 500 m Noroeste del dique de la Laguna Conocochoa - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249824 E 8880424 N 4022 msnm
 Ref/Condición : Cadena de Custodia CC190274

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Octubre/2019
 Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2019
 Cotización N° : CO190810

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|-------------------------------------|---|----------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM - 01 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 08/10/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 11:40 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190524 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2017 | ..... |  | 9.40 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | APHA 2510 B-Versión 2017 | ..... |  | 188.1 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 6.77 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 12.70 |
| FQ | ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | $\text{mg l PO}_4^{3-} \text{ - P}$ | Vanadatomolibdato | 0.5 | | 9.496 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | $\mu\text{g l NO}_3^-$ | Nitrospectral | 1000 $\mu\text{g/l}$ | | 1900 |

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM/UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 16 de Octubre de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190449

CLIENTE **Razón Social** : ESTEFANY DELGADO SALINAS
Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA **Producto declarado** : Agua de Laguna
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : A 1 km Noroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249572 E 8880409 N 4022 msnm
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190274

MUESTREO **Responsable** : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 09/Octubre/2019
Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2019
Cotización N° : CO190810

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|--------------------------------------|---|---------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código de cliente | PM - 02 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 08/10/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 08:10 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190525 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2017 | ..... |  | 9.10 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | µS cm ⁻¹ | APHA 2510 B - Versión 2017 | ..... |  | 187.1 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 9.29 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 11.30 |
| FQ | ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | µg/PO ₄ ³⁻ - P | Vanadatomolibdato | 10µg/l | | 8.834 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitros | µg/l NO ₃ ⁻ | Nitrospectral | 1000µg/l | | 1800 |

El muestreo no se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 16 de Octubre de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perechibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190450

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 2 km Noroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249290 E 8880145 N 4020 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190274

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Octubre/2019
 Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2019
 Cotización N° : CO190810

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|--------------------------------------|--|---------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM -03 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 08/10/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 09:40 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190526 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2017 | ..... |  | 9.20 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | µS.cm ⁻¹ | APHA 2510 B -Versión 2017 | ..... |  | 186.2 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 5.04 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 11.90 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | µg/PO ₄ ³⁻ - P | Vanadatomolibdato | 10µg/l | | 8.365 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | µg/l NO ₃ ⁻ | Nitrospectral | 1000µg/l | | 1700 |

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM.
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 16 de Octubre de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190451

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 25 km del Suroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249383E 887988N 4022 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190275

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Octubre/2019
 Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2019
 Cotización N° : CO190810

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|---------------------------------------|---|---------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM -04 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 08/10/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 09:00 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190527 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2017 | ..... |  | 9.40 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | µS.cm ⁻¹ | APHA 2510 B - Versión 2017 | ..... |  | 159.5 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 5.86 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 10.60 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | µg/lPO ₄ ³⁻ - P | Vanadatomolibdato | 10µg/l | | 4.951 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | µg/l NO ₃ ⁻ | Nitrospectral | 1000µg/l | | 1200 |

El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA; Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017.

Huaraz, 16 de Octubre de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.





INFORME DE ENSAYO AG190452

CLIENTE Razón Social : ESTEFANY DELGADO SALINAS
 Dirección : Av. Manco Capac 531 - B
 Atención : Estefany Delgado Salinas

MUESTRA Producto declarado : Agua de Laguna
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : A 3 km del Suroeste del dique de la Laguna Conococha - Catac - Recuay - Ancash.
 Coordenadas: 249387 E 8879749 N 4025 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190275

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Octubre/2019
 Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2019
 Cotización N° : CO190810

| CÓD. | PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO | LÍMITE DE DETECCIÓN | MUESTRA | |
|-----------|--|---|--|-----------------------------|------------------------|------------|
| | | | | | Código del cliente | PM -05 |
| | | | | | Fecha de muestreo | 08/10/2019 |
| | | | | | Hora de muestreo | 08:39 |
| | | | | | Código del Laboratorio | AG190528 |
| SM | SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO | | | | | |
| SM13 | pH (en campo) | Unid. pH | APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2017 | ..... |  | 9.50 |
| SM14 | Conductividad (en campo) | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | APHA 2510 B.-Versión 2017 | ..... |  | 158.9 |
| SM 15 | Oxígeno Disuelto (en Campo) | mg/l | APHA 4500- O G | 0.01 | | 5.94 |
| SM16 | Temperatura (en campo) | °C | APHA 2550 B | ..... |  | 10.50 |
| FQ | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS | | | | | |
| FQ20 | Fosfato | $\mu\text{g}/\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ | Vanadatomolibdato | 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 5.856 |
| NU | ANÁLISIS DE NUTRIENTES | | | | | |
| NU04 | Nitratos | $\mu\text{g}/\text{NO}_3^-$ | Nitrospectral | 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 1100 |

El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental/FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 16 de Octubre de 2019



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



ANEXO D

Resultados del Laboratorio de la Universidad Nacional
de Trujillo del segundo muestreo



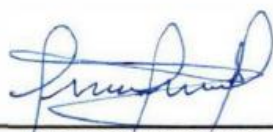
INFORME DE ENSAYO DE MUESTRA N°02

CLIENTE : Estefany Cristina Delgado Salinas
 DIRECCION : Av. Manco Cápac 531-B Independencia – Huaraz
 MUESTRA : Agua de la laguna Conococha–Catac–Recuay–Ancash
 RECEPCIÓN : 10 de octubre del 2019

Las muestras se procesaron según el método específico para agua de laguna, obteniendo los siguientes resultados:

| | | |
|---------------|-----------------------------|----------------|
| Parámetro: | Chlorophyll a (Cl a) | |
| Método: | Espectrofotométrico | |
| Código | Unidad de medida | Cuantía |
| PM – 01 | mg/m ³ | 45.78 |
| PM – 02 | mg/m ³ | 30.03 |
| PM – 03 | mg/m ³ | 29.55 |
| PM – 04 | mg/m ³ | 29.67 |
| PM – 05 | mg/m ³ | 23.45 |

Trujillo, 19 de octubre de 2019



DR. ROGER VENEROS TERRONES
CBL 1850

Doctor en ciencias biológicas-UNT.
Magister en salud pública con mención en nutrición humana-UNT.
Segunda Especialidad en análisis clínicos y biológicos-UNT.