



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE**

**TESIS**

**EFFECTO DEL REPRESAMIENTO EN LA CALIDAD DEL  
AGUA Y EL ESTADO TRÓFICO DE LAS LAGUNAS  
ALTOANDINAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACOCA,  
HUINCOCCOCHA Y YANACOCA DE LA REGIÓN DEL  
CUSCO EN EL 2021**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y  
MEDIO AMBIENTE**

**Autor:**

**Br. MICHEL PALMA VARGAS**

**Asesor:**

**Dr. DAVID CHOQUE QUISPE**

**CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4002-7526**

**CUSCO - PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: EFECTOS DEL REPRESENTAMIENTO EN LA CALIDAD DEL AGUA Y EL ESTADO TRÓPICO DE LAS LAGUNAS ALTOANDINAS DE COMERCOCCHA, QUELLHUACOCCHA, HUINCOCOCCHA Y YANACOCCHA DE LA REGIÓN DEL CUSCO EN EL 2021

presentado por: MICHEL PALMA VARGAS con DNI Nro.: 42347864 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 10 de FEBRERO de 2024

.....  
Firma  
Post firma DAVID CHOQUE QUISPE

Nro. de DNI 25003361

ORCID del Asesor 0000-0003-4002-7526

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:3285322.65

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS MAESTRIA MICHEL PALMA.pdf**

AUTOR

**MICHEL PALMA VARGAS**

RECUENTO DE PALABRAS

**31354 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**169876 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**196 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**10.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 10, 2024 11:48 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 10, 2024 11:50 AM GMT-5**

### ● 7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios:***

*Por protegerme, por darme salud y fuerzas para seguir adelante y cumplir mis objetivos y sobre todo por guiarme por el buen camino.*

### ***A mis Padres:***

*Aurelio Emiliano Palma Cayturo y Marina Vargas Valdivia, quienes siempre están a mi lado, me dan hasta lo que no tienen para que pueda cumplir todos mis objetivos.*

### ***A mi Querida Familia:***

*A mi esposa Aydee Letona Porras y mi hija Itzel Danitza, quienes me dan su amor, comprensión, apoyo y fortaleza para seguir siempre adelante.*

### ***A mis Hermanos:***

*María Vianney, Marlenne y Ricardo, quienes siempre están ahí para brindarme su apoyo en todo momento.*

### ***A todos mis Familiares:***

*Por incentivar me siempre a seguir adelante y orientarme para ejecutar las cosas de manera correcta.*

### ***A mis Docentes:***

*Quienes me brindaron sus conocimientos, fueron mi guía durante la vida de estudiante y sobre todo me inculcaron los buenos valores.*

### ***A mis Amigos:***

*Quienes están siempre a mi lado para alegrarme la vida, brindarme su apoyo y motivarme a seguir adelante.*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarme el apoyo necesario para seguir creciendo como profesional, a mis docentes de pregrado y posgrado de la facultad de Ingeniería Civil, quienes me brindaron sus conocimientos para poder afianzar mi formación académica.*

*Al Doctor David Choque Quispe asesor de la presente tesis, quien me brindó el tiempo necesario para absolver las dudas encontradas, orientación y guía constante en el desarrollo de la investigación.*

*Al Mgt. Ningsiar Braulio Lima Usnayo, quien me brindó las pautas necesarias para la correcta redacción y presentación del informe de la investigación.*

*Al Mgt. Gorki Federico Ascue Salas, quien me brindó la información necesaria, me dio su tiempo para la revisión y corrección del informe de la investigación, así mismo por su comprensión y enseñanza sobre el tema investigado.*

*Al Biólogo Alejandro Laurel Ttito y al Ing. Diego Peralta Guevara (especialista LICA), quienes me apoyaron en la toma de muestras de las lagunas altoandinas y el desarrollo de las pruebas que se hicieron en la investigación.*

*A todos los profesionales y personal que laboran en el proyecto especial (IMA), quienes me brindaron la información necesaria para el desarrollo de la investigación, así mismo me dieron la oportunidad de laborar en su prestigiosa institución.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Situación problemática .....	3
1.2. Formulación del problema .....	5
a. Problema general .....	5
b. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación de la investigación.....	5
1.4. Objetivos de la investigación .....	7
a. Objetivo general.....	7
b. Objetivos específicos .....	7
1.5. Limitaciones de la investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>9</b>
2.1. Bases Teóricas.....	9
2.1.1. Calidad del agua .....	9
2.1.1.1. Parámetros físicos .....	9
2.1.1.2. Parámetros químicos.....	10
2.1.2. Estado trófico de las lagunas altoandinas .....	16
2.1.2.1. Estado trófico.....	16
2.1.2.2. Causas de la eutrofización .....	17
2.1.2.3. El proceso de eutrofización .....	17
2.1.2.4. Categorías Tróficas .....	18
2.1.2.5. Índices de estado trófico .....	20

2.1.3.	Represamiento de las lagunas altoandinas.....	26
2.1.3.1.	Lagunas altoandinas.....	26
2.1.3.2.	Elementos de una represa .....	27
2.1.3.3.	Tipos de represas .....	27
2.1.3.4.	Volumen de agua .....	28
2.2.	Marco conceptual .....	29
2.3.	Antecedentes empíricos de la investigación.....	35
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>		<b>49</b>
3.1.	Hipótesis.....	49
a.	Hipótesis general .....	49
b.	Hipótesis específicas.....	49
3.2.	Identificación de variables e indicadores .....	50
3.2.1.	Variables dependientes .....	50
3.2.2.	Variables independientes .....	50
3.3.	Operacionalización de variables.....	50
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA .....</b>		<b>51</b>
4.1.	Ámbito de estudio: localización política y geográfica .....	51
4.1.1.	Localización política.....	51
4.1.2.	Localización geográfica.....	51
4.2.	Tipo y nivel de investigación .....	52
4.2.1.	Tipo de investigación.....	52
4.2.2.	Nivel de investigación .....	53
4.3.	Unidad de análisis .....	53

4.4.	Población de estudio.....	53
4.5.	Tamaño de muestra .....	53
4.6.	Técnicas de selección de muestra.....	53
4.7.	Técnicas de recolección de información .....	54
4.7.1.	Preparación de materiales .....	54
4.7.2.	Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua.....	54
4.7.3.	Determinación de clorofila-a .....	55
4.7.4.	Determinación de índice trófico .....	56
4.7.5.	Determinación del volumen de almacenamiento.....	56
4.8.	Técnicas de análisis e interpretación de la información.....	56
4.9.	Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas .....	57
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>58</b>
5.1.	Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados .....	58
5.1.1.	Determinación de los parámetros físicos .....	58
5.1.1.1.	Conductividad .....	58
5.1.1.2.	Transparencia .....	60
5.1.1.3.	Turbiedad .....	62
5.1.1.4.	Sólidos disueltos totales (STD) .....	64
5.1.2.	Determinación de los parámetros químicos .....	66
5.1.2.1.	Potencial de hidrógeno (pH) .....	66
5.1.2.2.	Oxígeno disuelto (OD) .....	68
5.1.2.3.	Clorofila-a .....	70
5.1.2.4.	Nitratos .....	72



5.1.2.5. Fosfatos .....	73
5.1.2.6. Dureza .....	75
5.1.3. Determinación del estado trófico de las lagunas altoandinas.....	76
5.1.3.1. Índice de estado trófico (IET) .....	76
5.1.4. Determinación del volumen de almacenamiento .....	79
5.1.4.1. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Ccomercocha.....	79
5.1.4.2. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Quellhuacocha.....	81
5.1.4.3. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Huincoccocha.....	83
5.1.4.4. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Yanacocha.....	85
5.1.5. Comparación de los parámetros físicos de los periodos 2017-2021 .....	87
5.1.5.1. Prueba estadística de comparación de la conductividad de los periodos 2017- 2021.....	87
5.1.5.2. Prueba estadística de comparación de la transparencia en los periodos 2017- 2021 .....	88
5.1.5.3. Prueba estadística de comparación de la turbiedad en los periodos 2017-2021.	90
5.1.5.4. Prueba estadística de comparación de los STD en los periodos 2017-2021 ..	91
5.1.6. Comparación de los parámetros químicos en los periodos 2017-2021.....	92
5.1.6.1. Prueba estadística de comparación del pH en los periodos 2017-2021 .....	92
5.1.6.2. Prueba estadística de comparación del OD en los periodos 2017-2021 .....	93
5.1.6.3. Prueba estadística de comparación de la clorofila-a en los periodos 2017-2021	

5.1.6.4. Prueba estadística de comparación de los fosfatos en los periodos 2017-2021	96
5.1.6.5. Prueba estadística de comparación del nitrato en los periodos 2017-2021 ....	97
5.1.6.6. Prueba estadística de comparación de la dureza en los periodos 2017-2021 .	98
5.1.7. Comparación de los IET en los periodos 2017-2021. ....	100
5.1.7.1. Prueba estadística de comparación del IET en los periodos 2017-2021 .....	100
5.2. Pruebas de hipótesis .....	101
5.3. Presentación de resultados .....	105
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura química de la clorofila-a. ....	13
<b>Figura 2</b> Etapas de asimilación de compuestos nitrogenados en las plantas. ....	14
<b>Figura 3</b> Clasificación trófica según CEPIS. ....	25
<b>Figura 4</b> Cuadro de probabilidades del IET propuesta por el CEPIS. ....	26
<b>Figura 5</b> Niveles y volúmenes de un embalse. ....	29
<b>Figura 6</b> Plano de ubicación de las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha. ....	52
<b>Figura 7</b> Diagrama de intervalos de la conductividad. ....	58
<b>Figura 8</b> Diagrama de intervalos de la transparencia. ....	60
<b>Figura 9</b> Diagrama de intervalos de la turbiedad. ....	62
<b>Figura 10</b> Diagrama de intervalos de los STD. ....	64
<b>Figura 11</b> Diagrama de intervalos del pH. ....	66
<b>Figura 12</b> Diagrama de intervalos del OD. ....	68
<b>Figura 13</b> Diagrama de intervalos de la clorofila-a. ....	70
<b>Figura 14</b> Diagrama de intervalos de los fosfatos. ....	73
<b>Figura 15</b> Diagrama de intervalos de la dureza. ....	75
<b>Figura 16</b> Diagrama de intervalos del IET. ....	77
<b>Figura 17</b> Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Ccomercocha. ....	79
<b>Figura 18</b> Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Quellhuacocha. ....	81

<b>Figura 19</b> Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Huincoccocha.....	83
<b>Figura 20</b> Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Yanacocha.....	85
<b>Figura 21</b> Diagrama de correlación de parámetros físicos y químicos.....	103

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Rango de valores de la dureza. ....	15
<b>Tabla 2</b> Valores del IET propuesto por Carlson. ....	21
<b>Tabla 3</b> Valores del IET propuesto por Toledo. ....	22
<b>Tabla 4</b> Valores propuestos por la OCDE. ....	23
<b>Tabla 5</b> Valores propuestos por Karydis.....	24
<b>Tabla 6</b> Variables e indicadores.....	50
<b>Tabla 7</b> Localización política de las lagunas altoandinas. ....	51
<b>Tabla 8</b> Localización geográfica de las lagunas altoandinas. ....	51
<b>Tabla 9</b> Parámetros físicos y químicos. ....	54
<b>Tabla 10</b> Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en las lagunas altoandinas. ....	58
<b>Tabla 11</b> Transparencia (m) en las lagunas altoandinas. ....	60
<b>Tabla 12</b> Turbiedad (NTU) en las lagunas altoandinas. ....	62
<b>Tabla 13</b> STD (mg/L) en las lagunas altoandinas.....	64
<b>Tabla 14</b> pH en las lagunas altoandinas.....	66
<b>Tabla 15</b> OD (mg/L) en las lagunas altoandinas.....	68
<b>Tabla 16</b> Clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) en las lagunas altoandinas.....	70
<b>Tabla 17</b> Nitratos (mg/L) en las lagunas altoandinas.....	72
<b>Tabla 18</b> Fosfatos (mg/L) en las lagunas altoandinas.....	73
<b>Tabla 19</b> Dureza (mg/L) en las lagunas altoandinas.....	75
<b>Tabla 20</b> Rango de valores del IET en los cuerpos de agua. ....	77
<b>Tabla 21</b> IET en las lagunas altoandinas. ....	77
<b>Tabla 22</b> Prueba de normalidad para la conductividad 2017 y 2021.....	87

<b>Tabla 23</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para la conductividad 2017 y 2021.....	88
<b>Tabla 24</b> Prueba de normalidad para la transparencia 2017 y 2021. ....	88
<b>Tabla 25</b> Prueba t-Student para la transparencia 2017 y 2021. ....	89
<b>Tabla 26</b> Prueba de normalidad para la turbiedad 2017 y 2021. ....	90
<b>Tabla 27</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para la turbiedad 2017 y 2021. ....	90
<b>Tabla 28</b> Prueba de normalidad para los STD 2017 y 2021. ....	91
<b>Tabla 29</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para los STD 2017 y 2021. ....	92
<b>Tabla 30</b> Prueba de normalidad para el pH 2017 y 2021.....	92
<b>Tabla 31</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para el pH 2017 y 2021.....	93
<b>Tabla 32</b> Prueba de normalidad para el OD 2017 y 2021.....	94
<b>Tabla 33</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para el OD 2017 y 2021.....	94
<b>Tabla 34</b> Prueba de normalidad para la clorofila-a 2017 y 2021.....	95
<b>Tabla 35</b> Prueba t-Student para la clorofila-a 2017 y 2021. ....	95
<b>Tabla 36</b> Prueba de normalidad para los fosfatos 2017 y 2021.....	96
<b>Tabla 37</b> Prueba t-Student para los fosfatos 2017 y 2021. ....	97
<b>Tabla 38</b> Prueba de normalidad para el nitrato 2017 y 2021.....	97
<b>Tabla 39</b> Prueba de rangos de Wilcoxon para el nitrato 2017 y 2021.....	98
<b>Tabla 40</b> Prueba de normalidad para la dureza 2017 y 2021.....	99
<b>Tabla 41</b> Prueba t-Student para la dureza 2017 y 2021. ....	99
<b>Tabla 42</b> Prueba de normalidad para los IET 2017 y 2021. ....	100
<b>Tabla 43</b> Prueba t-Student para el IET 2017 y 2021.....	100
<b>Tabla 44</b> Correlación de parámetros de las lagunas altoandinas. ....	102
<b>Tabla 45</b> Resultados de los parámetros físicos del año 2017.....	105

<b>Tabla 46</b> Resultados de los parámetros físicos del año 2021.....	105
<b>Tabla 47</b> Resultados de los parámetros químicos del año 2017. ....	105
<b>Tabla 48</b> Resultados de los parámetros químicos del año 2021. ....	106
<b>Tabla 49</b> Resultados del volumen de almacenamiento de las lagunas altoandinas represadas. .....	106

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Matriz de consistencia. ....	116
<b>Anexo 2</b> Resumen del análisis estadístico para la conductividad. ....	118
<b>Anexo 3</b> Resumen del análisis estadístico para la transparencia. ....	119
<b>Anexo 4</b> Resumen de análisis estadístico para la turbiedad. ....	120
<b>Anexo 5</b> Resumen de análisis estadístico para sólidos disueltos totales. ....	121
<b>Anexo 6</b> Resumen de análisis estadístico para el pH. ....	122
<b>Anexo 7</b> Resumen de análisis estadístico para OD. ....	123
<b>Anexo 8</b> Resumen de análisis estadístico para clorofila-a. ....	124
<b>Anexo 9</b> Resumen de análisis estadístico para fosfatos. ....	125
<b>Anexo 10</b> Resumen de análisis estadístico para dureza. ....	126
<b>Anexo 11</b> Resumen de análisis estadístico para el IET. ....	127
<b>Anexo 12</b> Panel fotográfico laguna Ccomercocha. ....	128
<b>Anexo 13</b> Panel fotográfico Laguna Quellhuacocha. ....	131
<b>Anexo 14</b> Panel fotográfico Laguna Huincococha. ....	134
<b>Anexo 15</b> Panel fotográfico Laguna Yanacocha. ....	137
<b>Anexo 16</b> Resultados del Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas de la Universidad Nacional José María Arguedas de Apurímac (Resultados del año 2021). ....	140
<b>Anexo 17</b> Resultados del análisis fisicoquímico del agua de las lagunas, los cuales fueron ejecutados por la empresa URANO GROUP S.A.C. (Resultados del año 2017). ....	142
<b>Anexo 18</b> Certificado de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). ....	147
<b>Anexo 19</b> Traducción Certificada TC N° 1598-2019 de la validación de instrumentos y métodos empleados. ....	148



**Anexo 20** Validación de instrumentos y métodos empleados. .... 150

**Anexo 21** Certificados de calibración de los equipos utilizados. .... 172

## RESUMEN

Las lagunas altoandinas, son una fuente de agua de abastecimiento en todas las épocas del año, además son lugares de desarrollo de especies nativas, su estado permite conocer la calidad y la disposición que se atribuya, en la investigación presentada se analizó el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021. De las 4 lagunas altoandinas estudiadas, se recolectaron 3 muestras de agua de diferentes puntos de cada laguna, y se determinó los parámetros físicos, químicos y tróficos en campo y laboratorio, el agua recolectada fue analizada en el laboratorio de investigación en control y análisis de aguas de la Universidad Nacional José María Arguedas de Apurímac, los resultados se procesaron utilizando programas estadísticos mediante pruebas de ANOVA y la ejecución de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%. De los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas, se concluye que el efecto del represamiento no influye en la calidad del agua ni en el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021, puesto que no presentan relación significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ) con la mayoría de los parámetros tróficos, lo que indicaría que las lagunas no muestran contaminación por actividad antrópica y se sitúan dentro de los rangos establecidos por los ECA para el agua, específicamente en la categoría 4: conservación del ambiente acuático (E1: lagunas y lagos), en relación al estado trófico de las lagunas represadas, se detectaron concentraciones reducidas de clorofila-a, lo cual indica que estas lagunas presentan un índice de estado trófico (IET) correspondiente al tipo Oligotrófico, característico de las lagunas altoandinas con una baja actividad biológica.

*Palabras clave:* calidad de agua, estado trófico, represamiento.

## RESUMO

As lagoas altoandinas são uma fonte de abastecimento de água em todas as épocas do ano, além de serem locais de desenvolvimento de espécies nativas. Seu estado permite conhecer a qualidade e a disposição que lhes é atribuída. Na pesquisa apresentada, foi analisado o efeito do represamento na qualidade da água e no estado trófico das lagoas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha e Yanacocha, na região de Cusco, no ano de 2021. Das 4 lagoas altoandinas estudadas, foram coletadas 3 amostras de água de diferentes pontos de cada lagoa, e foram determinados os parâmetros físicos, químicos e tróficos no campo e no laboratório. A água coletada foi analisada no laboratório de pesquisa em controle e análise de águas da Universidade Nacional José María Arguedas de Apurímac. Os resultados foram processados usando programas estatísticos, por meio de testes de ANOVA e execução de comparações múltiplas de Tukey com um nível de significância de 5%. Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água e no estado trófico das lagoas altoandinas, conclui-se que o efeito do represamento não influencia na qualidade da água ou o estado trófico das lagoas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha e Yanacocha, na região de Cusco, no ano de 2021. Isso ocorre porque não apresentam uma relação significativa (valor de  $p > 0,05$ ) com a maioria dos parâmetros tróficos, indicando que as lagoas não mostram contaminação por atividade antrópica e estão dentro dos limites estabelecidos pelos ECA para a água, especificamente na categoria 4: conservação do ambiente aquático (E1: lagoas e lagos). Em relação ao estado trófico das lagoas represadas, foram detectadas concentrações reduzidas de clorofila-a, indicando que essas lagoas apresentam um Índice de Estado Trófico (IET) correspondente ao tipo Oligotrófico, característico das lagoas altoandinas com baixa atividade biológica.

*Palavras-chave:* qualidade da água, estado trófico, represamento.

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para garantizar la continuidad de la vida y la sostenibilidad de los recursos naturales, siendo utilizada en diversas actividades económicas, la preservación es muy importante para garantizar agua para las futuras generaciones, por lo que se deberá de preservar las diferentes fuentes de agua, en el caso de las lagunas altoandinos, son una fuente crucial de alimentación a los acuíferos, formación de las diferentes fuentes a agua y también propician el desarrollo de flora y fauna de las cuencas (Velásquez, 2018).

No obstante, las lagunas altoandinas son hábitats extremadamente sensibles y frágiles, especialmente debido a las precipitaciones pluviales que provocan la acumulación de sedimentos, estas lagunas también actúan como receptores de minerales y acumulan nutrientes derivados de plantas acuáticas y materia orgánica proveniente de sus cuencas. Además, tienen la influencia de los pobladores de los alrededores que alteran su estado natural. En este estudio se analizó el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el 2021.

Asimismo, se abordó los siguientes temas:

En el **capítulo I**; se realizó el planeamiento del problema, abordando la situación problemática a nivel mundial, nacional y local, así mismo se efectuó la formulación del problema, justificación, objetivos y limitaciones de la investigación.

En el **capítulo II**; se desarrolló el marco teórico conceptual, se recopiló la información teórica relacionada con las tres variables: calidad del agua, estado trófico y represamiento de las lagunas altoandinas, en los que adicionalmente se tocó los temas relacionados con el

volumen de agua, así mismo se realizó el marco conceptual con los temas más relevantes de la investigación, también se describió los antecedentes empíricos de la investigación.

En el **capítulo III**, se presentaron las hipótesis y variables, en los que se realizaron la operacionalización de las variables independientes y dependientes, con su respectiva dimensión y sus indicadores.

En el **capítulo IV**, se describió la metodología de la investigación, en los que se consideraron la localización política y geográfica, tipo y nivel de investigación, unidad de análisis, población, tamaño de muestra, técnicas de selección de muestra, técnicas de recolección de información, con el objetivo de poder determinar los parámetros fisicoquímicos del agua, estado trófico y volumen del agua de las cuatro lagunas investigadas.

En el **capítulo V**, se muestra los resultados, la discusión, las pruebas estadísticas para realizar un comparativo de los datos obtenidos antes y después de la construcción de las represas, así mismo se realizó las pruebas de hipótesis y correlación de variables.

En el **capítulo VI**, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se lograron alcanzar con el desarrollo de la investigación, así mismo se presentan las referencias bibliográficas utilizadas y los anexos adjuntos a la investigación.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Situación problemática**

Según Flores y Espinoza (2021), en la actualidad, a nivel internacional nos enfrentamos a un grave problema relacionado con la pérdida acelerada de glaciares y la escasez de recursos hídricos, debido al cambio climático y la contaminación generada por actividades humanas. Ante esta situación, se vienen ejecutando represas en las cabeceras de las cuencas, principalmente en las lagunas altoandinas, con el objetivo de almacenar agua de calidad y sobre todo alimentar los acuíferos de las diferentes cuencas.

Para Atanacio (2018), en el Perú enfrentamos a un problema de escasez de agua, esto originado por el rápido crecimiento demográfico que ha aumentado la demanda de agua, mientras enfrentamos el riesgo de consumir agua contaminada, lo cual amenaza la salud no solo de la población, sino también de los animales. Esta situación requiere encontrar soluciones urgentes para asegurar un suministro saludable de agua en todas las regiones.

En el Cusco, a través del proyecto especial (IMA) y el (PLAN MERISS), se han ejecutado diferentes proyectos de represamiento de lagunas altoandinas, sin embargo, es esencial realizar investigaciones que evalúen la calidad del agua y el estado trófico, para comprender que impacto tienen la construcción de las represas y brindar soluciones adecuadas en el caso de que se alteren su estado natural.

Según Valcárcel (2011), la situación actual en la que estamos es preocupante, puesto que no se tiene agua apta para el consumo humano y animal, resultado de la contaminación ambiental causada principalmente por actividades humanas. Esto ha

llevado a la rápida desaparición de glaciares y pérdida de agua que se tenía como reserva para las futuras generaciones. Con el aumento vertiginoso de los seres humanos, se ha incrementado vertiginosamente el consumo de los recursos naturales, haciendo que algunas especies de flora y fauna se extingan.

Para Atanacio (2018), en las zonas altoandinas, la ganadería es la principal actividad económica, pero ha generado problemas como el sobrepastoreo, que provoca la pérdida de vegetación e infiltración de la lluvia, afectando la recarga de los acuíferos en la región baja. Es fundamental tomar medidas urgentes. La disminución de recursos hídricos transformará áreas productivas y ricas en biodiversidad en zonas áridas e inhabitables, sin beneficios para la humanidad.

En el Cusco afrontamos problemas similares que al resto de los países, puesto que la principal fuente de contaminación es el sobrepastoreo originado por el incremento de animales domésticos oriundos de la zona como son las ovejas, las llamas y la alpaca, así mismo las otras fuentes de contaminación son la quema de los pastizales y la utilización de fertilizantes en la agricultura de las zonas aledañas a las fuentes de agua que alimentan a las lagunas, es por eso que se deberán de desarrollar alternativas de abastecimiento de agua, como es el aprovechamiento del agua de lluvia, con un manejo adecuado de los ríos y arroyos que alimentan los acuíferos, una de las formas es la construcción de represas en las lagunas altoandinas, en los cuales se deberá de evaluar constantemente los parámetros fisicoquímicos del agua represada, con los que se deberá de determinar cómo está el estado trófico del agua de las lagunas represadas, evaluando la interacción entre nutrientes y el desarrollo de materia orgánica para tomar medidas correctivas oportunas y garantizar la calidad del agua almacenada.

## 1.2. Formulación del problema

### a. Problema general

- ✓ ¿Cuál es el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el 2021?

### b. Problemas específicos

- ✓ ¿Cómo son los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, tomando en cuenta los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021?
- ✓ ¿Cuál es la categoría del estado trófico del agua de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021?
- ✓ ¿Cuál es la relación entre el volumen de almacenamiento y la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021?

## 1.3. Justificación de la investigación

El estudio se fundamenta en que actualmente no se tienen investigaciones que aborden el efecto que originan la construcción de represas en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de la región del Cusco, específicamente el estudio se centra en las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha, cuyas represas fueron construidas por el proyecto especial (IMA). El



propósito de este estudio radica en demostrar cual es el efecto que origina la construcción de las represas en el agua de las lagunas investigadas.

Mediante esta investigación, se pretende obtener información acerca del efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de la región del Cusco en el año 2021. Además, se hizo la recopilación de datos en campo, seguida del análisis químico en laboratorio, con el objetivo de determinar los parámetros físicos, químicos y el IET del agua de las lagunas en estudio, identificando los niveles de nutrientes y materia orgánica presentes.

El estudio principalmente beneficiará al proyecto especial (IMA), al proporcionar información necesaria para determinar si la construcción de represas en las lagunas altoandinas, influyen en la calidad y estado trófico del agua, aspectos fundamentales para garantizar agua de calidad.

Dentro del contexto actual de escasez de recursos hídricos, el propósito fue demostrar que el agua de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha están dentro de los ECA exigidos para lagunas altoandinas, así como verificar que el estado trófico de las aguas está dentro de los parámetros establecidos, sin sufrir alteraciones significativas como resultado del represamiento.

En términos sociales, este estudio beneficiará a los habitantes de las zonas donde están ubicadas las lagunas, pues sabrán si el agua represada se encuentra dentro de los parámetros establecidos para lagunas altoandinas de la sierra del Perú.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **a. Objetivo general**

- ✓ Analizar el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el 2021.

##### **b. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua considerando los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.
- ✓ Determinar la categoría del estado trófico del agua de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.
- ✓ Determinar la relación entre el volumen de almacenamiento y la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones, se describen detalladamente en función al nivel de complejidad:

- ✓ Al inicio de la investigación no se tuvo mucha información en lo referente al represamiento de lagunas altoandinas y mucho menos se encontró investigaciones locales que hayan evaluado la calidad y el estado trófico del agua de las lagunas

altoandinas represadas por el proyecto especial (IMA) y el (PLAN MERISS) en las diferentes provincias de la región del Cusco.

- ✓ En lo referente al recurso bibliográfico de la investigación efectuada, no se contó con información local de estudios efectuados en las provincias donde se ubican las lagunas estudiadas, así mismo no se contó con libros y revistas que nos den información sobre la investigación realizada.
- ✓ Una de las limitaciones que hicieron que no se cumpla con la programación de ejecución de la investigación, fue la aparición del coronavirus (COVID-19), que afecto a todo el mundo e hizo que el año 2020 la población este aislada y no realice sus actividades de manera normal.
- ✓ Luego de superado el problema del coronavirus, y la falta de economía hizo que el investigador migre a otra región a trabajar, por lo que fue dificultoso viajar a las provincias donde se hicieron los estudios, ya que las 4 lagunas estudiadas se ubican en puntos muy distantes una de la otra.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.1. Bases Teóricas

#### 2.1.1. Calidad del agua

Según Guevara et al. (2006), son las características del agua en su estado natural o luego de la intervención del hombre, el cual se sustenta en las propiedades físicas, químicas y biológicas.

##### 2.1.1.1. Parámetros físicos

###### a. Conductividad

Según Roldán y Ramírez (2008) es la capacidad de transmitir corriente eléctrica, mediante el cual se puede determinar la calidad del agua. El efecto físico más relevante de la temperatura sobre la conductividad eléctrica, es aumentar la movilidad iónica a temperaturas más altas mediante la disminución de la viscosidad de la solución, alrededor del 2% por 1 °C. La conductividad en los lagos varía principalmente según el tipo, que puede ser oligotrófico o también eutrófico, el cual está directamente relacionada a la profundidad del agua, cuyos valores bajos indican un estado oligotrófico, mientras que los valores altos indican un estado eutrófico, que se expresan en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

###### b. Transparencia

Según Echeverría et al. (2007) se evalúa empleando el disco de Secchi, el cual se expresa en medidas de longitud, siendo inversamente proporcional a la turbidez. Esta medida indica la acumulación de diversos materiales que se encuentran suspendidos, los cuales van desde los coloidales hasta los más grandes, así como plancton y microorganismos, lo que revela el nivel de pureza del agua.

Para Bonansea et al. (2012) la zona fótica es el estrato de agua que comprende hasta una longitud donde el 1% de la intensidad de la luz se registra en la superficie; en la zona afótica, la radiación solar que se alcanza es inferior al 1%, lo cual se refiere a la región oscura del ecosistema acuático.

### **c. Turbiedad**

La OMS (1998) define como la cantidad total de materiales que se encuentran suspendidos, los cuales interfieren con el paso de un haz de luz por medio del agua, se mide en unidad nefelométrica de turbidez (NTU) y para su medición se emplea un turbidímetro.

### **d. Sólidos disueltos totales (STD)**

La OMS (1998) define a los STD como la cantidad de materiales sólidos que se obtienen luego de la evaporación del agua a una temperatura por encima de los 100 °C, se calcula empleando el método de la gravimetría.

Para APHA (1992) los STD se encuentran en forma de materiales disueltos, que se encuentran en forma de sales y en algunos casos como gases, los iones predominantes son el bicarbonato, así mismo se tiene la presencia de cloruros, sulfatos, también se tiene la presencia de nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio, los cuales proporcionan el sabor, dureza y otras características al agua, su unidad de medida es mg/L.

## **2.1.1.2. Parámetros químicos**

### **a. Potencial de hidrógeno (pH)**

Para Roldán y Ramírez (2008) es la acumulación de iones de hidrógeno cuya medición está en el rango de 0 al 14, el agua posee un valor de 7 que es considerado

neutro. En cambio, las soluciones acidas son consideradas así, si están por debajo de 7 y por encima de este valor son consideradas soluciones básicas.

Los valores de pH que poseen los lagos altoandinos se encuentran entre 6.5 y 7.5, mientras que los lagos de turberas están entre 4.0 y 5.0, mientras que en los lagos tropicales están entre 5.0 a 9.0 en función al estado trófico y la alcalinidad de sus aguas (Roldán y Ramírez, 2008).

Según Gómez (2018) la presencia de algas en las aguas, muestra una variación de pH, ya que el desarrollo de las algas consume dióxido de carbono, lo que ocasiona que se incremente el pH y origina que el agua sea básica.

#### **b. Oxígeno disuelto (OD)**

Yaguachi (2013) define como la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, por medio del cual se determina la salud del ecosistema acuático, mientras mayor sea el nivel de oxígeno disuelto es mejor la calidad del agua que permite la respiración de los microorganismos y otras especies, se encuentra ligeramente soluble en el agua y es dependiente de varios parámetros físicos, como la temperatura.

Para conservar en forma balanceada una población de organismos en lagos, ríos y el océano, es necesario del oxígeno disuelto, las algas al descomponerse emplean una cantidad de oxígeno para sus procesos biológicos, la cual empieza a disminuir la calidad del agua (Díaz y Sotomayor, 2013).

Según Roldán y Ramírez (2008) los microorganismos descomponedores son los principales responsables de la pérdida de oxígeno, ya que producen la oxidación de los restos orgánicos.

Para Álamo et al. (2013) se deberá de implementar el análisis detallado de la concentración de OD, puesto que la descomposición de la materia orgánica disminuye la concentración de oxígeno, lo que origina la eutrofización, su unidad de medida es mg/L.

### **c. Clorofila-a**

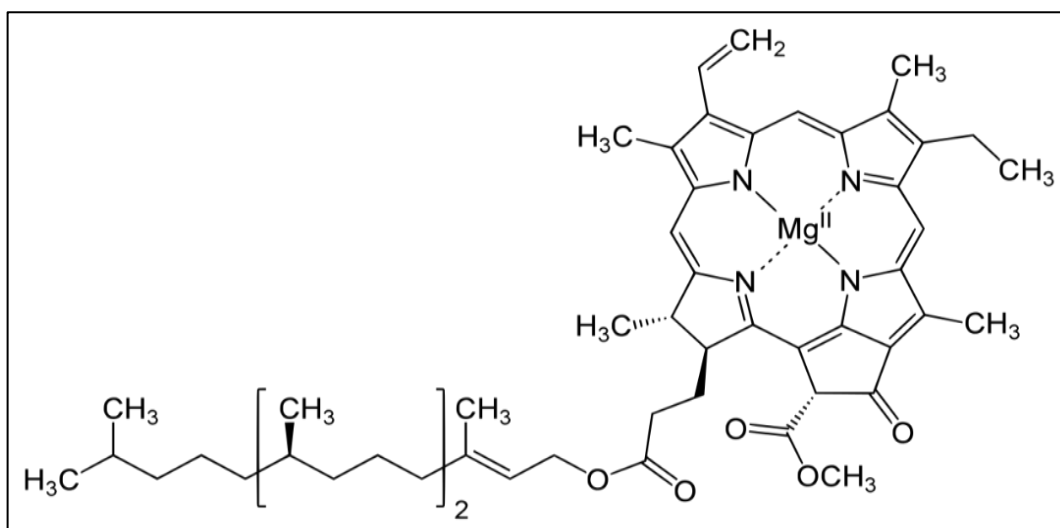
Bonansea et al. (2012) define como un conjunto de organismos fotosintéticos microscópicos, los cuales se localizan en los sistemas acuáticos y que juegan un papel preponderante en el ciclo de los nutrientes como parámetros determinantes de la calidad del agua.

Para Salgado (2014) uno de los métodos para determinar el contenido de fitoplancton en el agua, es por medio de la cantidad de clorofila-a que está presente, el cual se puede expresar en función a la cantidad de pigmentos fotosintéticos que están presentes en una unidad de volumen, que depende de la cantidad de luz y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

Según Streit et al. (2015) en la figura 1, se muestra la estructura química de la clorofila-a, en el cual el 75% corresponde a los pigmentos verdes que se encuentran en la naturaleza y que representan del 1 al 2% del peso total de las algas del plancton.

**Figura 1**

*Estructura química de la clorofila-a.*



*Nota.* Se muestra la estructura química de la clorofila-a. Fuente: Streit et al. (2015).

Para Estruch (2010), los lugares de absorción de la clorofila-a, se encuentran en el espectro visible, que es la parte de la luz azul comprendida entre 400 y 500 nm, y la parte de la luz roja que está comprendida entre 600 y 700 nm y la parte central del espectro que es la luz verde se encuentra entre 500 y 600 nm, la unidad de medida de la clorofila-a es mg/L.

**d. Nitratos**

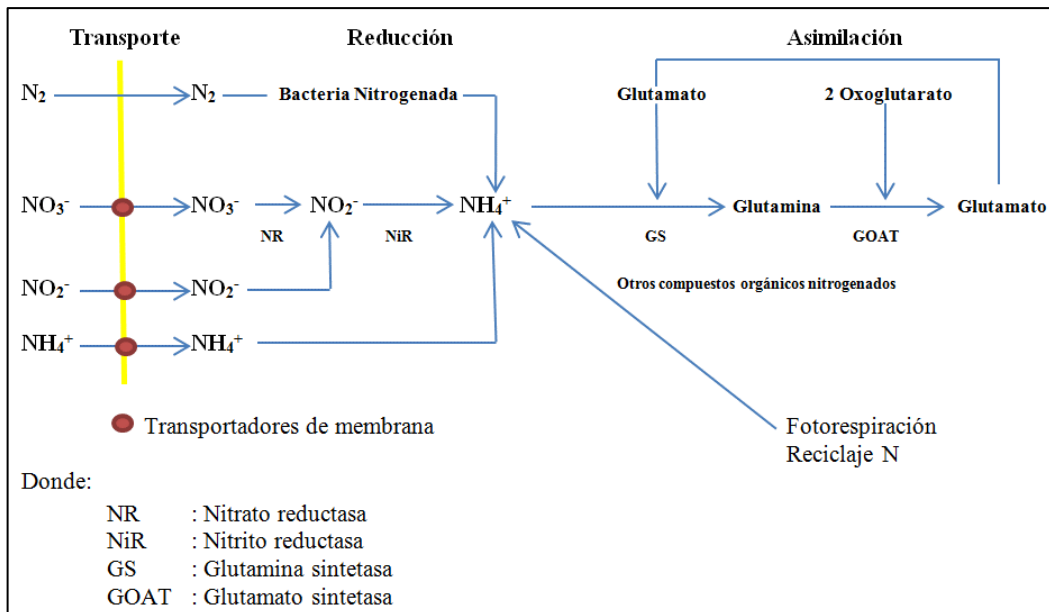
Para la OMS (1998) son iones que se encuentran en estado natural y forman parte del ciclo del nitrógeno, se encuentran en pocas cantidades en zonas donde no hay intervención humana, pero en zonas donde existe prácticas agrícolas y ganaderas se incrementa las cantidades de nitrato, donde las cantidades de nitrato alcanzan varios cientos de miligramos por litro, caso de algunos países donde el contenido de nitrato en el agua potable supera los 50 mg/L.



Según Odum y Barrett (2006) en la mayoría de las plantas se usan nitrato, los cuales deben ser transformados en amonio, dicho proceso es muy costoso, actualmente la mayoría de las plantas vienen usando amonio como se muestra en la figura 2.

## Figura 2

*Etapas de asimilación de compuestos nitrogenados en las plantas.*



*Nota.* Se muestra las etapas de transporte, reducción y asimilación en las plantas.  
Fuente: Odum y Barrett (2006).

### e. Fosfatos

Para Sánchez et al. (2007) son los compuestos que se encuentran formados de fósforo y oxígeno, la misma que se deriva del ácido fosfórico, el ion fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) se produce de forma natural a partir del fósforo inorgánico, la misma que se puede encontrar en forma de solución, esto debido a las infiltraciones de las precipitaciones pluviales en zonas agrícolas que contienen fosfatos y alimentan los cursos de agua natural.

Según Chan et al. (2022), el fosfato es el principal insumo que propicia el desarrollo de las algas, el incremento de fosfatos hacen que las algas crezcan desmesuradamente, el mismo que disminuye la cantidad de oxígeno, haciendo que la materia orgánica viva crezca de manera descontrolada y propicia que la materia orgánica se descomponga en grandes cantidades, originando un proceso franco de eutrofización.

#### **f. Dureza**

Según la OMS (1998) es la concentración de iones metálicos, principalmente de los iones de magnesio y de los iones de calcio, los cuales no originan problemas a la salud, pero originan la alteración del agua principalmente en el sabor, por lo que en lo referente a la cantidad de magnesio deberá mantenerse por debajo de los 125mg/L.

Según APHA (1992) los iones de hierro se pueden eliminar durante el proceso de ablandamiento, que se logra conectando directamente con el suministro de agua, en el que se eliminan los minerales que hacen que el agua sea dura, en la tabla 1 se muestra el rango de valores de la dureza:

**Tabla 1**

*Rango de valores de la dureza.*

<b>Dureza</b>	<b>Clasificación</b>
Menor de 15 ppm	Agua muy blanda
15 a 50 ppm	Agua blanda
50 a a100 ppm	Agua de dureza media
100 a 200 ppm	Agua dura
Mayor a 200 ppm	Agua muy dura

*Nota.* Datos que muestran el rango de valores de la dureza y la clasificación del agua. Fuente: APHA (1992).

## 2.1.2. Estado trófico de las lagunas altoandinas

### 2.1.2.1. Estado trófico

Para Chan et al. (2022) proviene del griego bien nutrido, que es el incremento desmesurado de nutrientes, como son el fósforo y el nitrógeno, los cuales originan que las plantas acuáticas en especial el plancton se desarrollen de manera desmesurada, haciendo que se pierda la vida acuática.

Según Chapa y Guerrero (2014) se tienen etapas del estado trófico, las cuales son las siguientes:

**Primero:** la materia orgánica a causa de las bacterias aeróbicas es oxidada y se convierte en alimento para las plantas acuáticas, propiciando su desarrollo desmesurado.

**Segundo:** tanto el OD, transparencia y pH presentan una disminución debido al consumo de los alimentos por parte de los heterótrofos.

**Tercero:** debido a la eliminación del OD ocurre la extinción de los organismos aeróbicos.

**Cuarto:** el amonio, sulfuros y metano desprenden gases olorosos debido al accionar de las bacterias anaeróbicas.

**Quinto:** la afectación del nivel estructural de la población del humedal, es por la variación del agua a un medio ácido, que por el accionar principalmente de los sulfuros con el agua producen ácido sulfhídrico.

### **2.1.2.2. Causas de la eutrofización**

Según Moreno et al. (2010) se puede originar de manera natural o por intervención del hombre, el cual se incrementa con el crecimiento de nutrientes.

Para Sierra (2011) la eutrofización se produce de manera natural, en función a los comportamientos hidrodinámicos de los ecosistemas (lénticos y lóticos); en las aguas lénticas se acelera el proceso de eutrofización, mientras que en las aguas lólicas no se desarrollan.

Según Moreno et al. (2010) la eutrofización cultural es aquella que se produce por la intervención del ser humano, donde los factores contaminantes como el uso excesivo de fertilizantes, deforestación, presencia de óxidos como el nitrógeno y azufre son los que aceleran la eutrofización.

Las fuentes de contaminación son las principales causantes de la eutrofización, dentro de ellos tenemos las fuentes difusas, que no se conoce el origen de la contaminación (aguas agrícolas o de lixiviación), mientras que las fuentes puntuales son las que se conocen el punto de origen como son los lugares de vertimiento de las aguas residuales (Silva et al., 2017).

### **2.1.2.3. El proceso de eutrofización**

Para García et al. (2018) este proceso inicia cuando se incrementa la cantidad de fósforo y nitrógeno, que cuando se liberan en cantidades sustanciales afectan el ecosistema acuático, propiciando el crecimiento desmesurado de las plantas, en especial del plancton.

Durante mucho tiempo se consideró que la eutrofización era un proceso natural, en el que los sistemas acuáticos recibían de manera regular aportes de nutrientes y

materia orgánica, los cuales originan procesos irreversibles al medio acuático y que la mayor parte es originada por la intervención del ser humano y que cada vez se viene realizando en procesos más cortos (Zouiten, 2012).

Para Moreta (2008) el incremento de nutrientes acelera el crecimiento de plancton, la turbiedad del agua origina la reducción de la fotosíntesis, esto a consecuencia de la ausencia de luz que disminuye la concentración de oxígeno que hace que los organismos mueran y el ecosistema sufra alteraciones que van acabando la vida acuática.

#### **2.1.2.4. Categorías Tróficas**

Según Moreira y Sabando (2016) en los ecosistemas acuáticos, el indicador del estado trófico es el grado de eutrofización, el cual está relacionado por el porcentaje de nutrientes que contiene el agua y en función a ello se puede determinar el orden categórico de eutrofización, los cuales se dividen en eutrófico o hipertrófico, mesotrófico y oligotrófico, los cuales están relacionadas directamente con la clorofila-a, así mismo con el fósforo total y la transparencia, las categorías tróficas se desarrollan a continuación:

##### **a. Oligotrófico**

Según Vásquez et al. (2012) es el agua que tiene pocos nutrientes que deriva del término oligo que significa insuficiente, dichos sistemas acuáticos presentan mayor cantidad de oxígeno disuelto, y al tener menor cantidad de plantas, dejan ingresar la luz a mayores profundidades que originan menor cantidad de descomposición, por lo que sus aguas son claras, transparentes y se encuentran bien oxigenadas.

**b. Mesotrófico**

Para Vásquez et al. (2012) es el agua que tiene cantidades intermedias de nutrientes, los cuales originan que en el medio acuático se incremente las plantas, en especial el plancton.

Son aguas con niveles de nutrientes intermedios, puesto que al generar descomposición de la materia orgánica, generan nutrientes que propician el desarrollo del plancton, originando que se desarrollen los microorganismos (Carvajal, 2011).

**c. Eutrófico**

Para Carvajal (2011) es el agua que tiene una gran cantidad de nutrientes y materia orgánica y presentan una mayor propagación de plancton, algas y diversas plantas acuáticas, los cuales son susceptibles a la pérdida de oxígeno, tienen poca claridad de sus aguas y presentan mayor cantidad de fósforo y clorofila-a.

Contienen muchos nutrientes, aumentan la turbidez del agua debido al incremento de algas, lo que origina la pérdida de oxígeno y genera condiciones anaeróbicas que emanan malos olores, que paralelamente se van acumulando de sedimentos haciendo que se reduzca la altura de sus aguas (Vásquez et al., 2012).

**d. Hipertrófico**

Según Carvajal (2011) es el agua que presenta elevadas cantidades de nutrientes, materia orgánica, en los que existe una mayor propagación algal, que origina la mortandad de especies acuáticas, los cuales tienen poca iluminación y presencia de luz solar.

Para Moreno et al. (2010) por la mayor cantidad de nutrientes se tiene un excesivo crecimiento de las algas que provoca la sofocación del medio acuático, en el

que va originando lugares muertos por la excesiva productividad biológica originada por la ausencia de luz solar y la poca claridad del agua.

#### 2.1.2.5. Índices de estado trófico

Según Calazans (1999) son parámetros que nos proporcionan el nivel de calidad del agua mediante métodos resumidos, los cuales están directamente relacionados con la productividad biológica.

Para Sierra (2011) los IET propuestos para evaluar el estado trófico varían en función a las condiciones en el que se encuentra el agua, existiendo una serie de índices los cuales se desarrollan a continuación:

##### a. IET propuesto por Carlson

Para Carlson (1977) el IET está comprendido entre 0 y 100, en los que se tiene una variación de oligotrófico llegando a hipertrófico; los cuales se determinan por los datos proporcionados por el disco Secchi que mide la transparencia, igualmente se necesitan los valores de la clorofila-a y del fósforo total, tal como se muestra en la tabla 2, las cuales se pueden determinar utilizando las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, que concuerdan con la propuesta de Carlson.

$$IET_{DS} = 10\left(6 - \frac{\ln(DS)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.1})$$

$$IET_{Clorof\ a} = 10\left(6 - \frac{2.04 - 0.68\ln(Cl\ orf\ a)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.2})$$

$$IET_{Pt} = 10\left(6 - \frac{\ln\left(\frac{48}{Pt}\right)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.3})$$

$$IET_{Promedio} = \frac{IET_{DS} + IET_{Clorof\ a} + IET_{Pt}}{3} \quad (\text{ec.4})$$

Donde:

$IET_{DS}$ : índice de la transparencia.

$IET_{Clorf. a}$ : índice de la clorofila-a.

$IET_{Pt}$ : índice del fósforo total.

$IET_{Promedio}$ : índice promedio de Carlson.

**Tabla 2**

*Valores del IET propuesto por Carlson.*

Estado de eutrofización	IET	Transp. (m)	Fósforo t. (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorf. a (mg.m <sup>-3</sup> )
	0	64	0.75	0.04
Oligotrófico (IET < 30)	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
	40	4	12	2.6
Mesotrófico (30 < IET < 60)	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
	70	0.5	96	56
Eutrófico (60 < IET < 90)	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipereutrófico (90 < IET < 100)	100	0.06	768	1 183
Relación de los parámetros de eutrofización		$\frac{IET_{DS}}{2}$	2 x $IET_{Pt}$	$\sqrt{7.8} IET_{Clorf a}$

*Nota.* Tabla de valores del IET propuesto por Carlson. Fuente: Carlson (1977).

### **b. Modificaciones del IET de Carlson**

Para Aizaki et al. (1981) durante los años de 1977 a 1979, se realizaron el análisis de 22 lagos en Japón, con los que se realizaron propuestas para la modificación del IET de Carlson, dichas ecuaciones fueron planteadas y se utilizaron para determinar el IET de los lagos de Japón, las ecuaciones 5, 6 y 7 son las propuestas realizadas por los investigadores en Japón.

$$IET_{DS} = 10\left(2.46 + \frac{3.76 - 1.57 \ln(DS)}{\ln(2.5)}\right) \quad (\text{ec.5})$$

$$IET_{Clorf a} = 10\left(2.46 + \frac{\ln(Clorf a)}{\ln(2.5)}\right) \quad (\text{ec.6})$$

$$IET_{Pt} = 10\left(2.46 + \frac{6.68 - 1.15 \ln(Pt)}{\ln(2.5)}\right) \quad (\text{ec.7})$$



Según Mendoza et al. (2011), Toledo propone la modificación del IET de Carlson que se presenta en la tabla 3, cuya aplicación es principalmente para sistemas acuáticos donde el clima es cálido tropical, cuyas ecuaciones son la 8, 9, 10 y 11:

$$IETM_{DS} = 10\left(6 - \frac{0.64 + \ln(DS)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.8})$$

$$IETM_{Clor\ a} = 10\left(6 - \frac{2.04 - 0.695 \ln(Cl\ a)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.9})$$

$$IETM_{Pt} = 10\left(6 - \frac{\ln\left(\frac{80.32}{Pt}\right)}{\ln(2)}\right) \quad (\text{ec.10})$$

$$IETM_{Promedio} = \frac{IET_{DS} + IET_{Clor\ a} + IET_{Pt}}{3} \quad (\text{ec.11})$$

Donde:

$IETM_{DS}$ : IET para la transparencia en m.

$IETM_{Clor\ a}$ : IET para la clorofila-a en  $\mu\text{g/L}$ .

$IETM_{Pt}$ : IET para el fósforo total en  $\mu\text{g/L}$ .

**Tabla 3**

*Valores del IET propuesto por Toledo.*

<b>Estado trófico</b>	<b>IET</b>
Oligotrófico	< 45
Mesotrófico	45-55
Eutrófico	>55

*Nota.* Valores de los índices de clasificación trófica propuesta por Toledo. Fuente: Mendoza et al. (2011).

### c. IET propuesto por la OCDE

Según Mendoza et al. (2011) en el año 1982 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con la finalidad de clasificar la eutrofización ocasionada por descargas de materia orgánica en lagos y embalses de climas templados, propuso una relación cuantitativa entre los parámetros de los que depende el IET, las cuales se muestran en la tabla 4, mediante el cual se puede clasificar el estado trófico.

**Tabla 4**

*Valores propuestos por la OCDE.*

Estado trófico	Fósforo total (µg/L)	Clorofila-a (µg /L)		Transparencia del Disco Secchi (m)	
		Media	Máx.	Media	Min.
Ultraoligotrófico	< 4	< 1	< 2.5	> 12.0	> 6
Oligotrófico	4-10	1-2.5	2.5-8	12-6	6-3
Mesotrófico	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5
Eutrófico	35-100	25-75	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Hipertrófico	> 100	> 75	> 75	< 1.5	< 0.7

*Nota.* Valores de los parámetros de los que depende el IET propuesto por la OCDE.  
Fuente: Mendoza et al. (2011).

### d. Índice de eutrofización por nutriente o Karydis

Para Moreno et al. (2010) este índice fue propuesto por Karydis, mediante el cual el nivel de eutrofización se clasifica en: oligotrófico, mesotrófico y eutrófico, el mismo que se visualizan en la tabla 5, el cual se puede determinar utilizando las ecuaciones 12, 13 y 14:

$$I_E = \frac{C}{C - \log X} + \log A \quad (\text{ec.12})$$

$$C = \log \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^M X_{ij} \quad (\text{ec.13})$$

$$X = \log \sum_{j=1}^M X_{ij} \quad (\text{ec.14})$$

Donde:

I<sub>E</sub>: Índice de Karydis.

A: Cantidad de estaciones que se evalúan en el periodo de estudio.

C: Es el logaritmo de la concentración total del nutriente.

X: Es la concentración total del nutriente.

**Tabla 5**

*Valores propuestos por Karydis.*

<b>Estado trófico</b>	<b>Rango</b>
Oligotrófico	IET < 3
Mesotrófico	3 < IET < 5
Eutrófico	IET > 5

*Nota.* Rango de valores propuestos por Karydis. Fuente: Moreno et al. (2010).

#### **e. IET propuesto por CEPIS**

Según Sierra (2011) este índice fue propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS), por medio del cual podemos determinar el estado trófico en función a los parámetros de los que depende directamente el IET. Del mismo modo, para la aplicación de este índice, se debe de calcular:

- ✓ El tiempo de detención (T<sub>w</sub>).
- ✓ Profundidad media (Z).
- ✓ Carga puntual y distribuida de P en el afluente (L<sub>p</sub>).
- ✓ El estado trófico (ET) empleando la figura 3.

- ✓ La concentración promedio de P en la columna de agua, para lo cual se utiliza la ecuación 15 y para el cálculo de la distribución de probabilidad del ET se utiliza la figura 4.

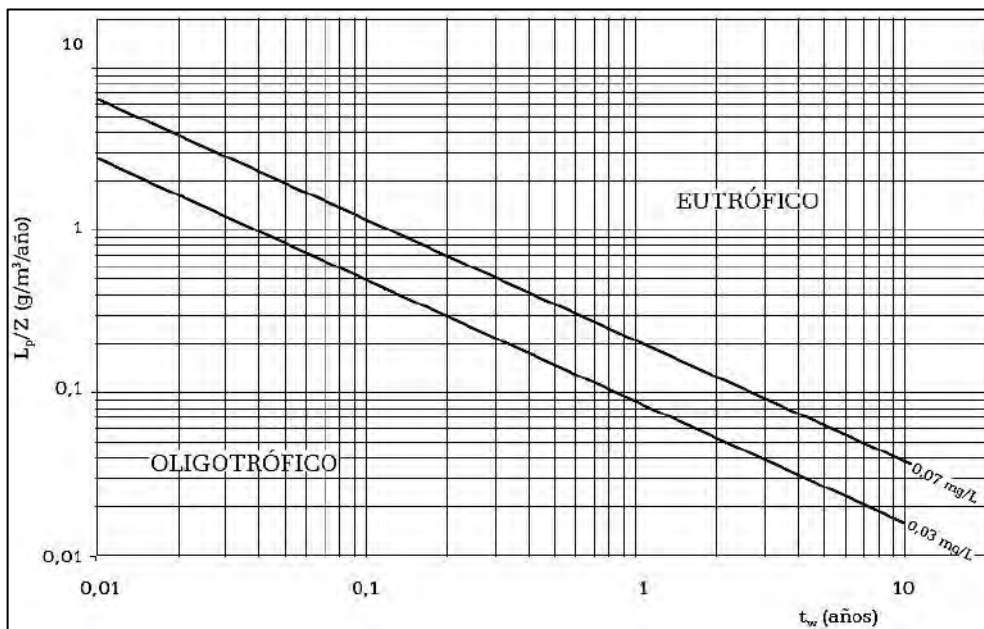
$$P_{\lambda} = \frac{L_p}{Z} * \frac{T_w^{\frac{3}{4}}}{3} \quad (\text{ec.15})$$

Como ejemplo podemos mencionar que para una concentración dada de 8 mg/m<sup>3</sup>, que es la concentración que se tiene en promedio de P en una determinada columna de agua ( $P_{\lambda}$ ), se tiene como resultado:

- ✓ 79% del tiempo ultraoligotrófico.
- ✓ 17% oligotrófico.
- ✓ 4% mesotrófico.

### Figura 3

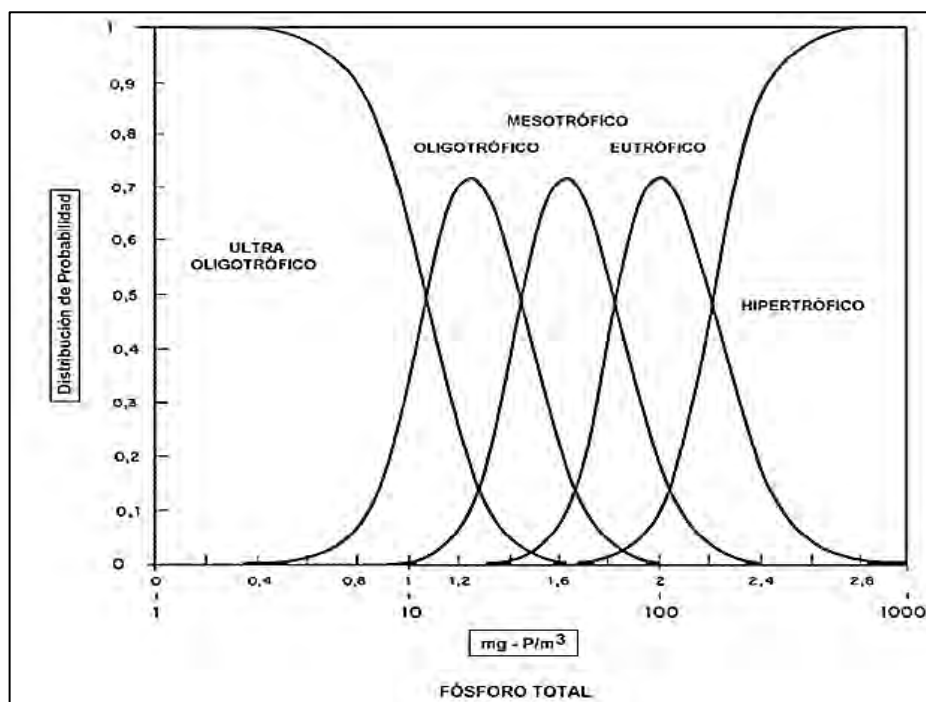
Clasificación trófica según CEPIS.



Nota. Figura para determinar la clasificación trófica propuesta por el CEPIS.  
Fuente: Sierra (2011).

**Figura 4**

*Cuadro de probabilidades del IET propuesta por el CEPIS.*



*Nota.* Determinación de la probabilidad del IET propuesta por el CEPIS.

Fuente: Sierra (2011).

### 2.1.3. Represamiento de las lagunas altoandinas

Según Roldán y Ramírez (2008) es una infraestructura que tiene el objetivo de detener el agua de su curso normal, generando que el agua quede almacenada en un determinado espacio, los materiales de construcción de una represa o presa pueden variar, se pueden construir con hormigón, piedra u otro material para embalsar el agua en diversos cuerpos de agua, los cuales pueden derivarse para su utilización en la agricultura o para la producción de energía eléctrica.

#### 2.1.3.1. Lagunas altoandinas

Son aquellas lagunas que se encuentran ubicadas en los andes de América del Sur, generalmente por encima de los 3000 m de altitud, adoptan las características químicas de los suelos próximos y principalmente de los usos que les dan las

poblaciones humanas y varían en función al país y a la región donde se ubican, que hacen que alberguen una variedad de especies que en muchos casos son nuevas para la ciencia y ecología, lo que amerita plantear nuevas estrategias de manejo de estos ecosistemas (Velásquez, 2018).

#### **2.1.3.2. Elementos de una represa**

Para Roldán y Ramírez (2008) está conformado por los siguientes elementos, que tienen la finalidad de contener una mayor cantidad de agua, regular el caudal de salida y exceso, entre otras funciones:

- ✓ **El embalse:** se refiere al agua contenida.
- ✓ **Los taludes:** son aquellas construcciones que limitan el cuerpo de la represa.
- ✓ **Las compuertas:** son mecanismos de cierre y apertura del caudal de agua, en una determinada infraestructura.
- ✓ **El vertedero:** es aquel que se emplea para regular el exceso de agua cuando se llena la represa.
- ✓ **Las esclusas:** se utilizan para comunicar infraestructuras que se encuentran a diferentes niveles.

#### **2.1.3.3. Tipos de represas**

- ✓ **Represas de gravedad:** son construcciones que por su propio peso son las responsables de resistir el empuje originado por el agua, las cuales pueden ser de diferentes materiales.
- ✓ **Represas de escollera:** Son construcciones de forma triangular, cuyo material predominante es la roca que protege el núcleo de la presa.

#### 2.1.3.4. Volumen de agua

Es el espacio ocupado por un determinado cuerpo de agua, se obtiene de la multiplicación de la longitud por la altura y el ancho, se puede medir en  $m^3$ ,  $cm^3$ , L (Pérez et al., 2016).

##### a. Niveles y volúmenes de los embalses

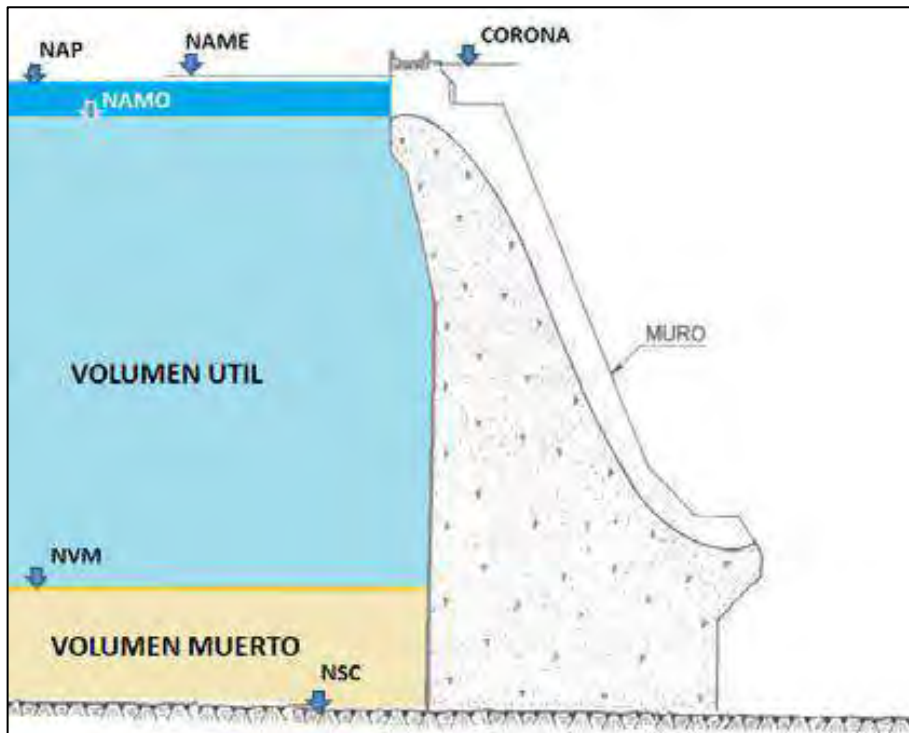
Para Sandoval (2018) se tiene los siguientes niveles:

- **Nivel de desplante.** Es el nivel que está en contacto con el suelo o roca, en caso que sea inclinado es el nivel mínimo (ND).
- **Nivel de la solera del cauce.** Corresponde al nivel natural del río, que puede ser variable dependiendo del lecho móvil (NSC).
- **Nivel muerto.** Es el nivel más bajo de una posible descarga del agua de la presa, que se emplea generalmente para el depósito de sedimentos (NVM-NAMIN).
- **Nivel mínimo de operación.** Corresponde a la superficie más baja del volumen útil o de operación (NAMINO).
- **Nivel máximo de operación.** Es cuando la estructura está llena y es el nivel máximo en su condición de operación (NAMO).
- **Nivel máximo de proyecto.** Corresponde al nivel más alto determinado con el caudal máximo, para un periodo de retorno que sirve principalmente para el dimensionamiento de las estructuras de la presa (NMP).
- **Nivel máximo extraordinario.** Corresponde al nivel calculado para las máximas avenidas las cuales son conocidas como extraordinarias, las mismas que se utilizan para comprobar el funcionamiento de las obras de descarga (NAME).

En la figura 5 se muestra los detalles de los niveles y volúmenes de los embalses:

**Figura 5**

*Niveles y volúmenes de un embalse.*



*Nota.* Se muestra los detalles de los niveles y volúmenes de los embalses.  
Fuente: Sandoval (2018).

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Calidad de agua

Para Guevara et al. (2006), son las características del agua en su estado natural o luego de la intervención del hombre, el cual se sustenta en las propiedades físicas, químicas y biológicas.

#### 2.2.1.1. Parámetros físicos

##### a. Conductividad

Según Roldán y Ramírez (2008) es la capacidad de transmitir corriente eléctrica, mediante el cual se puede determinar la calidad del agua.



**b. Transparencia**

Según Echeverría et al. (2007); se evalúa mediante el disco de Secchi, el cual se expresa en medidas de longitud, siendo inversamente proporcional a la turbidez.

**c. Turbiedad**

La OMS (1998) define como la cantidad total de materiales que se encuentran suspendidos, los cuales interfieren con el paso de un haz de luz por medio del agua, se mide en unidad nefelométrica de turbidez (NTU) y para su medición se emplea un turbidímetro.

**d. Sólidos disueltos totales (STD)**

La OMS (1998) define a los STD como la cantidad de materiales sólidos que se obtienen luego de la evaporación del agua a una temperatura por encima de los 100 °C, se calcula empleando el método de la gravimetría.

**2.2.1.2. Parámetros químicos****a. Potencial de hidrógeno (pH)**

Para Roldán y Ramírez (2008) es la acumulación de iones de hidrógeno cuya medición está en el rango de 0 al 14, el agua posee un valor de 7 que es considerado neutro. En cambio, las soluciones ácidas son consideradas así, si están por debajo de 7 y por encima de este valor son consideradas soluciones básicas.

**b. Oxígeno disuelto (OD)**

Yaguachi (2013) define como la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, por medio del cual se determina la salud del ecosistema acuático, mientras mayor sea el nivel de oxígeno disuelto es mejor la calidad del agua que permite la respiración de los microorganismos y otras especies, se encuentra ligeramente soluble en el agua y es dependiente de varios parámetros físicos, como la temperatura.

**c. Clorofila-a**

Bonanseca et al. (2012) define como un conjunto de organismos fotosintéticos microscópicos, los cuales se localizan en los sistemas acuáticos y que juegan un papel preponderante en el ciclo de los nutrientes como parámetros determinantes de la calidad del agua.

**d. Nitratos**

Para la OMS (1998) son iones que se encuentran en estado natural y forman parte del ciclo del nitrógeno, se encuentran en pocas cantidades en zonas donde no hay intervención humana, pero en zonas donde existe prácticas agrícolas y ganaderas se incrementa las cantidades de nitrato, donde las cantidades de nitrato alcanzan varios cientos de miligramos por litro, caso de algunos países donde el contenido de nitrato en el agua potable supera los 50 mg/L.

**e. Fosfatos**

Para Sánchez et al. (2007) son los compuestos que se encuentran formados de fósforo y oxígeno, la misma que se deriva del ácido fosfórico, el ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se produce de forma natural a partir del fósforo inorgánico, la misma que se puede encontrar en forma de solución, esto debido a las infiltraciones de las precipitaciones pluviales en zonas agrícolas que contienen fosfatos y alimentan los cursos de agua natural.

**f. Dureza**

Para la OMS (1998) es la concentración de iones metálicos, principalmente de los iones de magnesio y de los iones de calcio, los cuales no originan problemas a la salud, pero originan la alteración del agua principalmente en el sabor, por lo que en lo referente a la cantidad de magnesio deberá mantenerse por debajo de los 125mg/L.

**2.2.2. Estado trófico de las lagunas altoandinas.****2.2.2.1. Estado trófico**

Para Chan et al. (2022) proviene del griego bien nutrido, que es el incremento desmesurado de nutrientes, como son el fósforo y el nitrógeno, los cuales originan que las plantas acuáticas en especial el plancton de desarrollen de manera desmesurada, haciendo que se pierda la vida acuática.

**2.2.2.2. Causas de la eutrofización**

Según Moreno et al. (2010) se puede originar de manera natural o por intervención del hombre, el cual se incrementa con el crecimiento de nutrientes.

**2.2.2.3. El proceso de eutrofización**

Según García et al. (2018) este proceso inicia cuando se incrementa la cantidad de fósforo y nitrógeno, que cuando se liberan en cantidades sustanciales afectan el ecosistema acuático, propiciando el crecimiento desmesurado de las plantas, en especial del plancton.

#### **2.2.2.4. Categorías Tróficas**

Según Moreira y Sabando (2016) en los ecosistemas acuáticos, el indicador del estado trófico es el grado de eutrofización, el cual está relacionado por el porcentaje de nutrientes que contiene el agua y en función a ello se puede determinar el orden categórico de eutrofización, los cuales se dividen en eutrófico o hipertrófico, mesotrófico y oligotrófico, los cuales están relacionadas directamente con la clorofila-a, así mismo con el fósforo total y la transparencia.

##### **a. Oligotrófico**

Según Vásquez et al. (2012) es el agua que tiene pocos nutrientes que deriva del término oligo que significa insuficiente, dichos sistemas acuáticos presentan mayor cantidad de oxígeno disuelto y al tener menor cantidad de plantas, dejan ingresar la luz a mayores profundidades que originan menor cantidad de descomposición, por lo que sus aguas son claras, transparentes y se encuentran bien oxigenadas.

##### **b. Mesotrófico**

Para Vásquez et al. (2012) es el agua que tiene cantidades intermedias de nutrientes, los cuales originan que en el medio acuático de incremente las plantas, en especial el plancton.

##### **c. Eutrófico**

Para Carvajal (2011) es el agua que tiene una gran cantidad de nutrientes y materia orgánica y presentan una mayor propagación de plancton, algas y diversas plantas acuáticas, los cuales son susceptibles a la pérdida de oxígeno, tienen poca claridad de sus aguas y presentan mayor cantidad de fosforo y clorofila-a.

#### **d. Hipertrófico**

Según Carvajal (2011) es el agua que presenta elevadas cantidades de nutrientes, materia orgánica, en los que existe una mayor propagación algal, que origina la mortandad de especies acuáticas, los cuales tienen poca iluminación y presencia de luz solar.

##### **2.2.2.5. Índices de estado trófico**

Según Calazans (1999) son parámetros que nos proporcionan el nivel de calidad del agua mediante métodos resumidos, los cuales están directamente relacionados con la productividad biológica.

#### **2.2.3. Represamiento de las lagunas altoandinas.**

Según Roldán y Ramírez (2008) es una infraestructura que tiene el objetivo de detener el agua de su curso normal, generando que el agua quede almacenada en un determinado espacio, los materiales de construcción de una represa o presa pueden variar, se pueden construir con hormigón, piedra u otro material para embalsar el agua en diversos cuerpos de agua, los cuales pueden derivarse para su utilización en la agricultura o para la producción de energía eléctrica.

##### **2.2.3.1. Volumen de agua**

Es el espacio ocupado por un determinado cuerpo, se obtiene de la multiplicación de la longitud por la altura y el ancho, se puede medir en  $m^3$ ,  $cm^3$ , L (Pérez et al., 2016).

### 2.3. Antecedentes empíricos de la investigación

Flores y Espinoza (2021) presentan la investigación “Evaluación del nivel de eutrofización en la laguna de Pacoccocha - Santa Ana, provincia de Castrovirreyna - Huancavelica 2021” a la Universidad Nacional de Huancavelica, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario. El objetivo de su investigación fue: “Evaluar el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha - Santa Ana, provincia de Castrovirreyna - Huancavelica 2021”, los investigadores empleando el nivel descriptivo y el diseño no experimental, desarrollaron su investigación en 11 puntos representativos de la laguna de Pacoccocha, para la recolección de datos emplearon el protocolo de monitoreo establecido por la Autoridad Nacional del Agua aprobada por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA denominado “Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”. Para comparar los parámetros analizados en la laguna de Pacoccocha emplearon la escala Carlson y Simpson, los análisis los efectuaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica en el Laboratorio Central, cuyos resultados mostraron valores promedios de clorofila-a de  $784.85 \text{ mg/m}^3$  que superan el rango de Carlson y Simpson  $>56$  que indican que la laguna se encuentra en estado hipereutrófico, nitratos de  $738.97 \text{ mg/m}^3$  que superan el rango de Carlson y Simpson  $<200$  que indican que la laguna se encuentra en estado hipotrófico, fosforo total de  $417.00 \text{ mg/m}^3$  que superan el rango de Carlson y Simpson  $<24-96$  que indican que la laguna se encuentra en estado eutrófico, transparencia de 0.65 que superan el rango de Carlson y Simpson  $<2-0.5$  que indican que la laguna se encuentra en estado hipertrófico, concluyendo que la laguna se encuentra entre el nivel eutrófico e hipereutrófico. Según las conclusiones obtenidas, se

corroborar uno de los niveles de eutrofización que fue planteada en la hipótesis general, que es el nivel eutrófico, así mismo se puede validar sus resultados puesto que realizaron la comparación con otros valores obtenidos de estudios similares como los de Rodas (2013), Aranda (2004), Ledesma et al. (2013), Ruiz (2017), Gómez (2015) y Ortega (2014).

Gómez (2018), sustenta la tesis “Determinación del estado trófico actual de la laguna Cube a través de la cuantificación de parámetros químicos (fosfatos, nitratos, clorofila-a) y transparencia Secchi” en la Universidad Central del Ecuador, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Ambiental. El objetivo de su investigación fue: “Determinar el estado trófico actual de la laguna Cube a través de la cuantificación de parámetros químicos (fosfatos, nitratos, clorofila-a) y transparencia Secchi”, el investigador para el muestreo empleo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013, “Agua, calidad del agua, técnicas y muestreo”, el cual fue realizado en 2 campañas entre los meses de enero y febrero del 2018, recolectándose ocho muestras (por campaña) en diferentes sitios de la laguna, las mismas que fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, obteniendo como resultados valores promedios de la conductividad eléctrica de 94,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , del oxígeno disuelto de 6.5 mg/L, de la temperatura de 26.2 °C, del pH de 6.8, del nitrato de 0,014 mg/L, del fosfato de 0,188 mg/L, de la clorofila- a de 27 mg/m<sup>3</sup> y de la transparencia de 1,35 m, así mismo se determinó un IE para nitratos de 0.08 y el IE para fosfatos de 1.06; concluyendo que el estado trófico de la laguna corresponde a oligotrófico. Los valores obtenidos por el investigador son aceptables, puesto que son

similares al obtenido por otros investigadores como Roldán (2008), Lara et al. (2011) y Fontanive et al. (2010).

Atanacio (2018) en su tesis “Determinación de los parámetros físicos químicos para evaluar la calidad de agua en la laguna La Encantada provincia de Huaura - 2016”, presentada a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, para optar el grado académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental. El objetivo de su investigación fue: “Determinar los parámetros físico químico para evaluar la calidad de agua en la laguna La Encantada y proponer alternativas de descontaminación- Huaura, 2016”, el investigador realizo su estudio en 2 zonas (zona contaminada y zona no contaminada, empleando el criterio de la observación para la recolección de los datos de la laguna investigada, que para cada zona se utilizó 2 litros para efectuar el análisis de los parámetros físicos y químico, obteniendo como resultados que la laguna presenta DBO5 de 280 a 640 mg/L, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 589.8 a 629.8 mg/L , NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 62 a 77.5 mg/L, fósforo total de 89.1 a 145.3 mg/L, STD de 235 a 385 mg/L y una Turbidez de 42.5 a 99 NTU, con los que concluye que la laguna presenta gran cantidad de nutrientes y descomposición de materia orgánica, que facilitan el crecimiento de diferentes especies de flora y fauna, así mismo originan un proceso de eutrofización, los cuales se pueden reducir tomando medidas correctivas a nivel de acción antrópica motivada por una política municipal de cuidado y protección ecológica de la laguna La Encanada. Los resultados obtenidos por el investigador ya fueron pronosticados con anticipación, puesto que la laguna ya se encontraba contaminada, lo que actualmente viene originando la eutrofización, por lo que se deberá de plantear capacitaciones a los



pobladores de la zona a fin de evitar que el agua de la laguna en estudio se siga contaminando.

Villalba et al. (2017) presentan la investigación “Composición y abundancia del zooplancton en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela”, quienes publican este artículo en la revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El objetivo de su investigación fue: “Determinar la composición y abundancia del zooplancton en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela”, los investigadores realizaron su estudio siguiendo la metodología descrita según los métodos estándares de la American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation, para lo cual seleccionaron seis estaciones de muestreo: 3 dentro del cuerpo lagunar, con profundidades entre 1 y 3.5 metros y 3 estaciones en el canal de entrada que comunica con el área costera aledaña, con profundidades entre 1.5 y 2 m, se realizaron los muestreos a nivel superficial (aprox. 1 metro) entre las 8:00 y 10:30 am, entre marzo y agosto del 2011, con los que se obtuvieron valores de la temperatura de 26.7 a 33.2 °C, salinidad de 32.5 a 37.7 ups, oxígeno disuelto de 3.4 a 7.4 mg.L<sup>-1</sup>, nitrito de 0.001 a 0.3 mg.L<sup>-1</sup>, fosfato de 0.001 a 0.3 mg.L<sup>-1</sup>, de los resultados obtenidos concluyeron que por la abundancia de zooplancton la laguna presento el comportamiento típico del fenómeno de surgencia costera, así mismo encontraron quince grupos de zooplancton y nueve especies del grupo Copépoda y diferentes formas larvarias de distintos grupos taxonómicos. En función a los resultados de la investigación se puede demostrar que la laguna se encuentra en proceso de eutrofización puesto que tiene una abundancia de plancton.

Pulido y Pinilla (2017) en su estudio de la “Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá”, cuyo artículo fue publicado en la revista de la Universidad Nacional de Colombia. El objetivo de su investigación fue: “Determinar el estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá”, los investigadores realizaron su investigación empleando los protocolos indicados por el APHA, AWWA y WPCF del año 2012 y para estimar la concentración de clorofila-a del fitoplancton siguieron los procedimientos espectrofotométricos indicados por la Confederación Hidrográfica del Ebro del año 2005, para lo cual las muestras se tomaron en tres puntos del humedal en los meses de febrero (baja precipitación-temporada seca) y mayo (alta precipitación-temporada lluviosa) del 2014 y los análisis de los parámetros fisicoquímicos los efectuaron en el laboratorio acreditado por el IDEAM, obteniendo un IET ponderado para la temporada seca de 53.82 mostrando un estado mesotrófico y un IET ponderado para la temporada lluviosa de 68.06 con un estado eutrófico, concluyendo que el humedal presentaba un estado que oscila desde oligotrófico a mesotrófico para los compuestos nitrogenados y de eutrófico para los ortofosfatos, siendo el nitrógeno el nutriente limitante, las clases dominantes del fitoplancton fueron Conjugatophyceae (desmidiáceas) y Chlorophyceae (clorococales), con especies que indicaron condiciones de oligotrófica a mesotrófica en todo el sistema. De los resultados que mostraron los investigadores se dan valides principalmente para efectuar proyectos de rehabilitación ambiental de humedales, los cuales servirán para investigadores que evalúen otros humedales similares al investigado.

Herrera y Lara (2016) sustentan la investigación “Bioecología de la laguna Challhuacocha y su potencial de uso, en periodo de sequía, distrito de Conchucos (Ancash, Perú) 2014” en la Universidad Nacional del Santa – Nuevo Chimbote, con la finalidad de optar el título de Biólogo Acuicultor. El objetivo de su investigación fue: “Describir la bioecología de la laguna Challhuacocha y su potencial de uso en periodo de sequía, distrito de Conchucos (Ancash, Perú) 2014”, los investigadores para determinar el perfil batimétrico establecieron ocho transeptos, la profundidad se registró cada 50 m, con un profundímetro de 8 kg de lastre, graduado cada 0.5 m; para lo cual se tendió un cabo entre orillas, guiados por este cabo se desplazó un bote de goma (zodiac), para los cálculos de los parámetros fisicoquímicos se realizaron de 16 estaciones tomando en cuenta a Welch y Hutchinson, para el análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton se utilizó claves taxonómicas de Al-Handal, Al-Rekabi, Hötzel, Croome, Lebour, Mattio, Tilca y Balech, obteniendo como resultados temperatura ambiental de 9.7 °C a 14.8 °C; temperatura del agua en promedio en todas las estaciones fue de 10.9 °C en el caso del agua superficial y de media agua fue de 10.8 °C, así mismo se obtuvieron valores promedios de transparencia de 4.45 m, profundidad de 14.5 m, velocidad de viento de 4.5 m/s, oxígeno disuelto de 3.6 mgL<sup>-1</sup>, pH de 7.8, no se detectaron nitritos, el fitoplancton dominante fue bacillariophyta, en cuanto al zooplancton, la variedad más abundante fue el copépoda, en cuanto a la avifauna, se destacó la presencia de chloephaga melanoptera, en función a la flora, las especies más predominantes fueron: stipa ichu y la distichlis spicata, además, se identificó que las actividades humanas más importantes eran el lavado de ropa con detergentes y la cría de ganado vacuno y ovino, concluyendo que la laguna es relevante en el contexto del

estrés hídrico asociado a la variación climática y tiene potencial para el desarrollo del turismo ecológico. Con los valores que presentaron los investigadores, se puede ratificar las conclusiones indicadas, puesto que los valores presentados indican que la laguna se encuentra sin contaminación, pero con bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua, por lo que se deberá de analizar minuciosamente el desarrollo del turismo ecológico, puesto que alterará el estado actual en el que se encuentra.

Vásquez et al. (2016) en su investigación “Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa – Puno”, quienes publicaron este artículo en la revista de la Sociedad Química del Perú, cuyo objetivo fue la evaluación de los parámetros que determinan la contaminación de la laguna principalmente por la crianza de trucha, para lo cual utilizaron el diseño experimental "BACI" (Before-After-Control-Impact) para evaluar el impacto en la calidad del agua, los análisis físicos y químicos del agua de la laguna Arapa se realizaron in situ utilizando un kit de análisis de agua HANNA instruments, para lo cual los investigadores sembraron 70 000 truchas en periodos de 3 meses, con una cantidad de 70 478 kg de alimento balanceado, con los que se originó 611 kg de fósforo que fueron vertidos en el lago, se alcanzó una biomasa de 65 450 kg de trucha, los resultados obtenidos son 32.79 mg/m<sup>3</sup> de concentración de fósforo, después de 365 días de crianza de trucha, de los 611 kg de fosforo vertidos en la laguna, 246 kg se depositaron en los sedimentos y 365 kg permanecieron disueltos en el agua, concluyendo que la laguna de Arapa, presenta diferencias significativas en los parámetros de acidez, dióxido de carbono, fosfatos y conductividad eléctrica; incrementándose los valores de estos parámetros. Por otro lado, los sólidos suspendidos

totales demostraron una disminución. Con respecto a los parámetros de alcalinidad, pH y oxígeno disuelto, estos permanecieron constantes, con los que el agua de la laguna está en una clasificación eutrófica. Los valores presentados por los investigadores evidencian que la crianza de trucha si altera el estado natural de la laguna, puesto que la cantidad de fósforo se incrementa, por lo que plantearon un modelo matemático para determinar qué cantidad contiene el agua de la laguna en cualquier instante.

Castillo (2015) sustenta la tesis “Caracterización limnológica de la laguna Sausacocha (Huamachuco) – La Libertad, enero 2014 a julio 2015” en la Universidad Nacional de Trujillo, con la finalidad de optar el título de Biólogo Pesquero. El investigador plantea dos estaciones de muestreo, una en la orilla (estación 1) y otra en el centro (estación 2) de la laguna y se georreferenciaron utilizando el GPS, para determinar la temperatura atmosférica se utilizó un termómetro digital con sonda metálica (marca Nahita), para la transparencia el Disco Secchi, el oxígeno disuelto mediante el test del Kit de oxígeno disuelto Modelo HI 3810, los análisis químicos se efectuaron en el laboratorio de química en IMARPE-Huanchaco, obteniendo valores de temperatura atmosférica de 15.30°C a 23.90°C, la velocidad del viento fue de 6-11 km/h en la estación 1 y de 0-1 km/h en la estación 2, temperatura superficial de 16.40°C a 19.60°C, transparencia de 1.60 m a 4.35 m, OD de 5.50 a 6.70 mg/L, alcalinidad de 10 ppm a 40 ppm, fosfatos en promedio 0.61 µg/L, nitratos en promedio de 2.28 µg/L, sílice en promedio de 21.485 µg/L, pH en promedio 8.2, así mismo se identificaron 19 especies de fitoplancton y 13 familias de macroinvertebrados, de los cuales 8 representan indicadores de la calidad del agua, así mismo se obtuvo un índice biological monitoring working party (BMWP) de 4, concluyendo que la laguna se encuentra en la

clase III, con una abundancia de la familia Chironomidae. Los valores obtenidos son relativamente aceptables, puesto que no se hicieron muchos estudios para determinar el resto de parámetros que indiquen el estado de la laguna en estudio y mucho menos se hace un comparativo con otros estudios similares.

López y Madroñero (2015) en su estudio “Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha”, los mismos que fueron publicados en la revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina de Colombia, cuyo objetivo fue determinar el ET de la laguna La Cocha, para lo cual los investigadores realizaron el muestreo en los meses de enero a junio del 2013, las mediciones de los diferentes parámetros se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Bonilla y Guillot, con los cuales se determinó el estado trófico utilizando diferentes índices, como el índice de Carlson, IET de OCDE y el IET de Carlson que fue modificada por Toledo, cuyos resultados nos muestran que la laguna en estudio es clasificada como oligotrófica, así mismo algunos datos lo clasifican como ultraoligotrófica, lo cual es característico de las lagunas de alta montaña, llegando a la conclusión que la biomasa es el mejor indicador para obtener datos confiables en la clasificación del ET de la laguna. Los resultados mostrados en la investigación no son relativamente confiables, puesto que no muestran resultados claros que se pueden comparar con el resultado de otras investigaciones de lagunas similares.

Espinoza (2013) presenta la tesis “Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos” a la Universidad Técnica del Norte-Ecuador, para optar el título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales. El objetivo de su investigación fue: “Evaluar la calidad del agua de la Laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan

de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos”, el investigador realizo 3 muestreos: uno a orillas de la laguna, otro en el canal del rio Tahuando y el ultimo en la quebrada Manzanohuayco ubicada en Santo Domingo, los cuales se ubican en lugares de mayor sensibilidad, para la evaluación de la calidad de agua del sistema léntico se utilizó la metodología del Índice Biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party modificado), obteniendo como resultados valores del nitrógeno de 0.70 a 5.74, DQO de 14 a 90, DBO5 de 10 a 60, oxígeno disuelto de 5.80 a 7.40, pH de 7.42 a 8.24, fosforo total de 0.90 a 2.30, concluyendo que las fuentes de contaminación son producidas por actividad turística y humana, la contaminación del agua se encuentra muy alta, pese a que se encuentra dentro de los LMP que estipula el TULAS para descarga a un agua dulce, por lo que se plantea un plan de monitoreo para las poblaciones aledañas de tal forma que se planteen soluciones que mejoren la calidad ambiental de la laguna. Los datos obtenidos con esta investigación revelan datos lo que los pobladores de las zonas aledañas ya conocían, la cual concluye que la laguna se encuentra altamente contaminada y en proceso de eutrofización, cuyo objetivo del investigador es concientizar a los pobladores para que ya no contaminen la laguna y afecte el ecosistema de la zona.

Benites et al. (2013) en su investigación “Factores abióticos y su influencia en la eutrofización estacional en las aguas de la laguna La Encantada, año 2013”, presentada a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-Huacho-Perú, dicho artículo tiene como objetivo contrastar la influencia de los factores abióticos en la eutrofización, para lo cual los investigadores empleando el diseño cuasi experimental y el tipo correlacional escogieron cuatro Estaciones de muestreo, donde se registraron

diferentes parámetros abióticos, durante las cuatro estaciones del año; dichos parámetros fueron la temperatura del agua, transparencia, pH, oxígeno disuelto, anhídrido carbónico, nitritos y amoníaco y se recogieron muestras de plancton utilizando redes de fito y zooplancton, obteniendo como resultados: temperatura mínima en invierno de 17.50 °C, temperatura máxima en verano de 28.5 °C, transparencia de 0.20 m a 0.40 m, el pH de 7.5 a 8.5, OD de 0.475 a 1.900 mg/L, CO<sub>2</sub> de 7.2 a 67.0 mg/L, nitritos de 0.001 a 0.002 mg/L, amoníaco de 0.20 hasta 1.00 mg/L, de los resultados mostrados la laguna se ubica en la categoría 4 en donde se ubican los lagos y lagunas, así mismo se encontró abundante zooplancton del género Copépodo, concluyendo que la laguna esta camino a la eutrofización principalmente por el accionar del hombre y animales que circundan en la zona adyacente. Los valores mostrados en esta investigación, muestran valores próximos a la eutrofización, esto por contaminación originada por el hombre, por lo que se deberán de tomar las acciones necesarias a fin de evitar que se incremente la contaminación del agua.

Valcárcel (2011) presenta la tesis “Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos” a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para optar el título profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología y Pesquería, cuyo objetivo principal fue la evaluación de la degradación de los sistemas acuáticos de la laguna en referencia, el investigador realizo el muestreo en dos etapas, una en época húmeda (diciembre-mayo del 2009) y la otra en época seca (junio-noviembre del 2009), dichas muestras fueron analizadas en laboratorio según el método de referencia EPA 8270-D, obteniendo una variación de resultados de los sistemas acuáticos, en la estación



de muestreo 6 se encontró mejor estado de conservación %EPT: 68.6, H: 3.52, mientras que en la estación 3 fue menos conservada %EPT: 1.77, H: 1.43, concluyendo que la variación más relevante estuvo ligado a la variación de la temporalidad y la variación en las estaciones estuvieron relacionadas con la perturbación antrópica. De los datos presentados en la tesis, se puede evidenciar que existe una variación de resultados de una estación de muestreo a otra, así mismo varían en función a la estación temporal, pero todos están íntimamente ligados a la contaminación originada por el hombre.

Paredes et al. (2005) en su estudio “Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú” que fue publicada en la revista Colombiana de Entomología, estudiaron el agua del río Rímac, cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua en el río Rímac mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, para lo cual realizaron muestreos mensuales entre octubre del 2002 y setiembre del 2003, el análisis fisicoquímico de las aguas fueron realizadas en el laboratorio de Ecofisiología Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal, donde obtuvieron los siguientes resultados en promedio: temperatura 20.26 °C, pH 7.85, OD 7.29 mg.L<sup>-1</sup>, caudal de 4.13 m/s y una velocidad de 118.83 m/s, valores con los que evidencian que el río se encuentra en estado de perturbación, concluyendo que se tiene 35 familias de macroinvertebrados bentónicos siendo Oligochaeta el de mayor abundancia y que aguas debajo de la Atarjea son aguas muy críticas o muy contaminadas y la DBO mostro variación en el sistema hídrico. Los resultados mostrados por los investigadores dieron como resultado valores esperados, puesto que los que conocen el río Rímac es un río que a simple inspección visual muestra signos

altos de contaminación, por lo que se deberá de plantear alternativas para poder bajar el grado de contaminación y recuperar el ecosistema acuático que se tenía en años anteriores a la sobrepoblación que se presentó en las márgenes del río investigado.

Cardona (2003) en su tesis “Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la cuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras”, presentada a la escuela de posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar el grado de Magister Scientiae. El objetivo de su investigación fue: “Analizar la calidad y el riesgo de contaminación de las aguas superficiales de la cuenca La Soledad, Honduras”, el investigador subdividió la cuenca en estudio en 9 unidades de drenaje, en la cuales se estableció la misma cantidad de puntos de evaluación en época seca y lluviosa, analizando diversos parámetros que dieron como conclusión que el agua analizada no es apta para el consumo humano, esto en función a los parámetros establecidos por la Fundación Nacional de Sanidad de los estados Unidos (NSF WQI, por sus siglas en inglés), así mismo se observó que el comportamiento negativo del ICA se atribuyó a los STD, turbidez y nutrientes, mientras que la presencia de vegetación y el área de drenaje tuvieron un impacto positivo, encontrándose altas concentraciones de plaguicidas organoclorados, lo que sugiere que los cultivos hortícolas afectan negativamente el agua, concluyendo que el agua presenta un deterioro progresivo en la cuenca del Río investigado, principalmente debido a las actividades humanas. La investigación presentada, evidencia la contaminación del río La Soledad, hecho originado por el crecimiento desmesurado de la población, quienes de manera irresponsable vienen contaminado sus aguas.

Gunkel (2002) en su estudio “Limnología de un lago tropical de alta montaña, en Ecuador: características de los sedimentos y tasa de sedimentación”, artículo publicado en la revista de Biología Tropical, el investigador realizó el muestreo en los meses de julio y agosto de 1998, con un equipo Ekman-Birge, y un muestreador de núcleos no comercial, compuesto por un tubo de plexiglas acoplado a un tapón de caucho, los análisis químicos fueron realizados siguiendo una metodología estándar, por lo que clasificó a las lagunas en Ecuador de acuerdo a los lineamientos de la OCDE, investigando las lagunas a 2 660 m sobre el nivel del mar, presentando en su mayoría características propias de un estado eutrófico, originando el crecimiento desmesurado de macrófitos e hipolimnion anóxico, cuyos resultados evidencian datos altos de fósforo (4.3g/kg en peso seco), fosforo total de 0.06 a 0.6 mg/L, concentración de hierro de 25.9 g/kg y un valor de Pb de 3.5 mm/año, concluyendo que la mayor parte de los lagos tropicales tienen una tendencia hacia la eutrofización, cuyos resultados son contradictorios, puesto que los lagos en estudio no presentan zonas pobladas y tienen poca vegetación. Este artículo presenta datos muy importantes a tomar en cuenta, puesto que evidencia que los lagos tropicales pueden sufrir eutrofización no solo por la contaminación efectuada por el hombre, sino también por diferentes procesos propios de la zona donde se ubican los lagos.

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 3.1. Hipótesis

#### a. Hipótesis general

- ✓ El represamiento no afecta la calidad del agua ni el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

#### b. Hipótesis específicas

- ✓ Los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua están dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.
- ✓ La categoría del estado trófico del agua es oligotrófico de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.
- ✓ El volumen de almacenamiento tiene relación directa con la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

### 3.2. Identificación de variables e indicadores

#### 3.2.1. Variables dependientes

- ✓ Calidad del agua.
- ✓ Estado trófico de las lagunas altoandinas.

#### 3.2.2. Variables independientes

- ✓ Represamiento de las lagunas altoandinas.

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 6**

*Variables e indicadores.*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Independientes</b>		
✓ Represamiento de las lagunas altoandinas.	✓ Volumen del agua represada.	✓ Volumen de agua.
<b>Dependientes</b>		
✓ Calidad del agua.	✓ Parámetros de calidad del agua.	✓ Parámetros físicos. ✓ Parámetros químicos.
✓ Estado trófico de las lagunas altoandinas.	✓ Estado trófico.	✓ Eutrofización.

*Nota.* Se muestra las variables, dimensión e indicadores. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

### 4.1. **Ámbito de estudio: localización política y geográfica**

#### 4.1.1. **Localización política**

Políticamente las lagunas altoandinas se localizan según lo mostrado en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Localización política de las lagunas altoandinas.*

N°	Laguna	Sector	Distrito	Provincia	Región
1	Ccomercocha	Songoña	San Pablo	Canchis	Cusco
2	Quellhuacocha	Pucutune	Pitumarca	Canchis	Cusco
3	Huincoccocha	Huatta	Ccapi	Paruro	Cusco
4	Yanacocha	Parcco	Accha	Paruro	Cusco

*Nota.* La tabla muestra la localización política de las lagunas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. **Localización geográfica**

La tabla 8 muestra la ubicación geográfica de las lagunas altoandinas.

**Tabla 8**

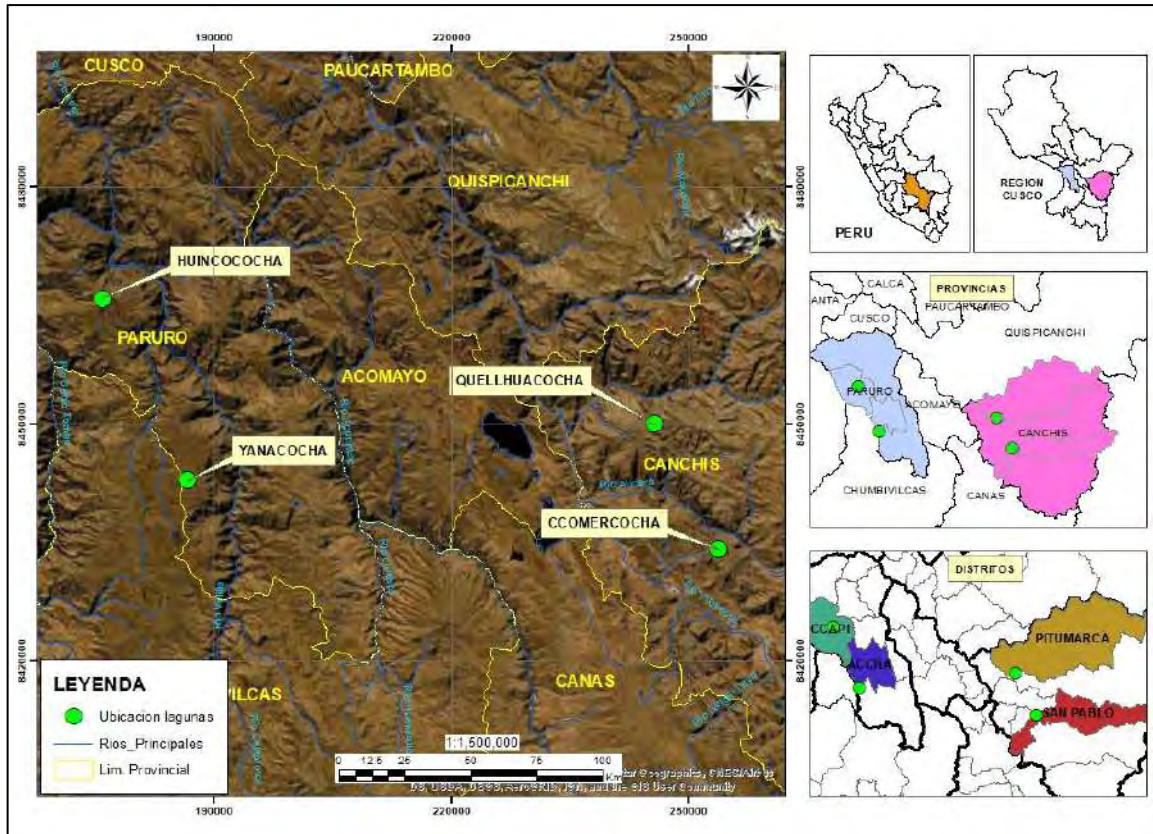
*Localización geográfica de las lagunas altoandinas.*

N°	Laguna	Datum	Zona	Coordenadas (vaso de la presa)		Altitud (msnm)
				Este	Norte	
1	Ccomercocha	WGS 84	19	253822	8434219	4483
2	Quellhuacocha	WGS 84	19	245713	8450002	4697
3	Huincoccocha	WGS 84	19	175866	8465779	4459
4	Yanacocha	WGS 84	19	184806	8441961	4437

*Nota.* La tabla muestra la localización geográfica de las lagunas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6**

*Plano de ubicación de las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa.*



*Nota.* La figura muestra la ubicación de las lagunas estudiadas, se utilizó el programa ArcGIS. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Tipo y nivel de investigación

### 4.2.1. Tipo de investigación

Corresponde a la aplicada, por lo que se utilizaron conceptos y metodologías para obtener datos de las variables e indicadores.

#### **4.2.2. Nivel de investigación**

Corresponde a la correlacional, ya que se relacionó las variables y sus indicadores a fin de conocer la calidad y el estado trófico del agua, luego del represamiento en las 4 lagunas investigadas.

#### **4.3. Unidad de análisis**

Fue el agua de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

#### **4.4. Población de estudio**

Fueron las 4 lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

#### **4.5. Tamaño de muestra**

El tamaño estuvo referido al total de las lagunas estudiadas, que son las 4 lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.

#### **4.6. Técnicas de selección de muestra**

El muestreo del agua, fue realizada de 3 puntos de cada laguna investigada, los criterios tomados en cuenta son: distribución equitativa del área de la laguna, profundidad de agua de la laguna investigada (la toma de muestras de agua fue efectuada de la parte superficial, pero el punto seleccionado fue tomado en cuenta en función a la parte más profunda, a la parte media y a la parte menos profunda), las coordenadas de los puntos de donde se tomaron las muestras en el año 2017 fueron respetadas para la toma de muestras en el año 2021, en ambos años se empleó los protocolos estandarizados para la recolección de muestras de agua.



## 4.7. Técnicas de recolección de información

### 4.7.1. Preparación de materiales

Para la recolección de información de campo, se contó con una camioneta 4x4, equipos, implementos de seguridad, materiales necesarios previamente acondicionados para la toma de muestras y principalmente se contó con personal capacitado y especialistas, con quienes se realizó los procedimientos correctos para la toma de muestras de agua en las lagunas en estudio, se empleó el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales, establecidos por el ANA, los cuales fueron analizados en campo y en laboratorio.

### 4.7.2. Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua

En la tabla 9 se muestran los parámetros analizados, con el respectivo método y la referencia que se utilizó en el desarrollo del estudio.

**Tabla 9**

*Parámetros físicos y químicos.*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Conductividad	Electrodo selectivo (Conductímetro)	Manual de uso
Transparencia	Disco de Secchi	Pietro Ángelo Secchi
Turbiedad	Electrodo selectivo (NTU)	Manual de uso
Sólidos disueltos totales	Método de combustión a 550 °C para fijos y volátiles	2540 E Standard Method (APHA, 1992)
pH	Potenciométrico electrodo selectivo (pH metro)	Manual de uso
Oxígeno disuelto	Electrodo selectivo (oximetría)	Manual de uso
Clorofila-a	Espectrofotométrico	10200H (APHA, 1992)
Nitratos	Reducción por la columna de cadmio/ Colorimétrico	4500-NO3 E, Standard Method (APHA, 1992)
Fosfatos	Espectrométrico (método de ácido ascórbico)	4500-P E, Standard Methods (APHA, 1992)
Dureza	Método de titulación EDTA	2340-C, Standard Methods (APHA, 1992)

*Nota.* Métodos y referencias de los parámetros usados en la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.3. Determinación de clorofila-a

Se determino empleando el método 10200H (APHA, 1992), las muestras homogenizadas se filtraron en un filtro de vidrio hasta saturación, y se anotó el volumen filtrado, el filtro se llevó a un tubo de centrifuga y se adiciono 10 mL de acetona al 90%, y se removió utilizando una bagueta de vidrio hasta decolorar el filtro, enseguida se llevó a la centrifuga a 4000 rpm por 10 min, seguidamente, se envolvió con papel aluminio y se almaceno a 4 °C por 24 h.

Posteriormente se realizó dos lecturas en un espectrofotómetro UV-Vis de la marca y modelo (Thermo Scientific modelo Genesys 50).

**Lectura 1:** El sobrenadante se leyó a 664 y 750 nm y se reportó la absorbancia.

**Lectura 2:** Al sobrenadante se adicionó 300 microlitros de HCl 0.1 M, y se mezcló por inversión 1 vez, luego de 3 min, se hizo la lectura de la absorbancia a 665 y 750 nm.

El contenido de Clorofila-a se calculó a través de la ecuación 18.

$$CLa \left( \frac{\mu g}{L} \right) = \frac{26.7 * (664_b - 665_a) * V_1}{V_2 * L} \quad (\text{ec.18})$$

Donde:

**664<sub>b</sub>:** sustracción de la señal obtenida a 664 y 750 nm.

**665<sub>a</sub>:** sustracción de la señal obtenida a 665 y 750 nm, absorbancia después de la adición del ácido.

**V1:** volumen del extracto (10 mL de acetona).

**V2:** volumen filtrado de la muestra (en litros).

**L:** camino óptico (1 cm).

#### **4.7.4. Determinación de índice trófico**

Se empleo el índice propuesto por Carlson y se utilizó las ecuaciones 8, 9, 10 y 11, con los resultados obtenidos se empleó la tabla 2 para determinar el estado de eutrofia.

#### **4.7.5. Determinación del volumen de almacenamiento**

Para determinar el volumen de almacenamiento en las 4 lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco, para realizar el levantamiento topográfico se utilizó una estación total de marca Topcon, los datos obtenidos de campo fueron procesados utilizando el programa AutoCAD Civil 3D, con los que se obtuvo curvas de nivel cada 0.50 m, dichos resultados fueron corroborados con los planos del expediente técnico del represamiento de las cuatro lagunas en estudio realizadas por el IMA - Cusco.

#### **4.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información**

Los valores obtenidos fueron analizados y presentados en tablas dinámicas, diagramas estadísticos, comparándolas con los ECA para lagunas (D.S. 004-2017-MINAM), asimismo se emplearon de paquetes estadísticos y hojas de cálculo Excel.

#### 4.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Los cálculos estadísticos fueron realizados a través de un análisis de varianza de un factor (ANOVA), cuyo planteamiento es la siguiente:

**Hipótesis nula;**  $H_{0,1}$ : los niveles de los parámetros fisicoquímicos de las cuatro lagunas no muestran diferencia significativa.

**Hipótesis alterna;**  $H_{A,1}$ : los niveles de los parámetros fisicoquímicos de las cuatro lagunas muestran diferencia significativa.

**Hipótesis nula;**  $H_{0,2}$ : el índice trófico de las cuatro lagunas no muestra diferencia significativa.

**Hipótesis alterna;**  $H_{A,2}$ : el índice trófico de las cuatro lagunas muestra diferencia significativa.

Asimismo, para comparar la diferencia significativa se empleó el test de comparación múltiple de medias Tukey. Las pruebas estadísticas se realizaron a un nivel de significancia del 5%, empleando el software estadístico Minitab y SPSS versión 25.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

#### 5.1.1. Determinación de los parámetros físicos

##### 5.1.1.1. Conductividad

###### a. Procesamiento

**Tabla 10**

*Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	13.69 $\pm$ 0.02	0.15		a
Quellhuacocha	14.73 $\pm$ 0.02	0.10		b
Huincoccocha	34.44 $\pm$ 0.01	0.03		c
Yanacocha	15.74 $\pm$ 0.02	0.13		d

*Nota.* Donde:  $\bar{x}$  (media aritmética);  $s$  (desviación estándar); CV (coeficiente de variabilidad), letras diferentes indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7**

*Diagrama de intervalos de la conductividad.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de la conductividad, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

## **b. Análisis**

De los resultados presentados en la tabla 10, se aprecia que la laguna de Huincoccocha presentó el valor más alto de  $34.44 \pm 0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que la laguna Ccomercocha reportó el valor más bajo de  $13.69 \pm 0.02 \mu\text{S}/\text{cm}$ , como se puede apreciar los valores promedios de cada laguna tienen ligera similitud, pero en el caso de la laguna de Huincoccocha presenta un valor de casi el doble del promedio de las tres lagunas estudiadas: Ccomercocha, Quellhuacocha y Yanacocha.

## **c. Interpretación**

Los valores de conductividad en las lagunas muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 2), dichos valores se pueden evidenciar en la figura 7, en los que la laguna de Huincoccocha presenta el valor más alto de conductividad en comparación a las 3 lagunas estudiadas, así mismo se puede observar que todas las lagunas presentan una baja conductividad, demostrando que presentan baja cantidad de sales disueltas, lo que puede originar problemas asociados al agua dura.

## **d. Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos de las 4 lagunas en estudio, muestran valores por debajo de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E1: Lagunas y lagos de la Sierra del Perú, que considera valores menores a **1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$**  que son recomendados por los ECA para lagunas altoandinas; aunque valores demasiado bajos es un indicativo de baja presencia de iones disueltos (Teves, 2016).

### 5.1.1.2. Transparencia

#### a. Procesamiento

**Tabla 11**

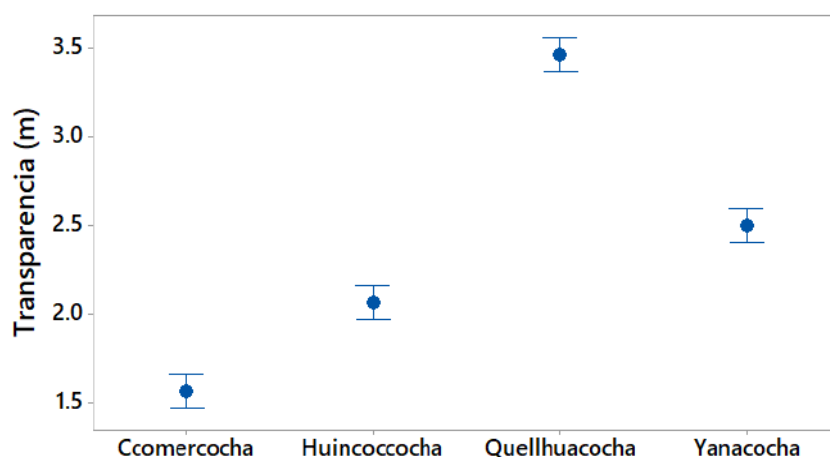
*Transparencia (m) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	1.57	$\pm 0.06$	3.69	a
Quellhuacocha	3.47	$\pm 0.06$	1.67	b
Huincoccocha	2.07	$\pm 0.06$	2.79	c
Yanacocha	2.47	$\pm 0.06$	2.34	d

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8**

*Diagrama de intervalos de la transparencia.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de la transparencia, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados de la transparencia medidos a través del disco Secchi, mostrados en la tabla 11, en ella se muestra que la laguna de Quellhuacocha reportó el valor más alto de transparencia de  $3.47 \pm 0.06$  m, mientras que la laguna Ccomercocha reportó el valor más bajo de  $1.57 \pm 0.06$  m, así mismo la figura 8, muestra valores bajos de

transparencia en las lagunas de Ccomercocha y Huincoccocha, mientras que en las lagunas de Quellhuacocha y Yanacocha presentan valores más altos de transparencia.

### **c. Interpretación**

Los resultados de la transparencia muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 3), en las lagunas de Ccomercocha y Huincoccocha se puede observar valores bajos de la transparencia, es decir que no deja pasar la luz a través del cuerpo hídrico, esto es por la cantidad de materiales que se encuentran en suspensión, esto genera poca actividad trófica y altera el equilibrio acuático de las lagunas mencionadas, así mismo las lagunas de Quellhuacocha y Yanacocha presentan mayor transparencia, tal como se muestra en la figura 8.

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 11, evidencian que las 4 lagunas en estudio presentan valores que en promedio catalogan a las lagunas en un estado mesotrófico, según los valores propuestos por Carlson, quien indica que, para valores de transparencia de 1 a 4 m, le corresponde un estado mesotrófico, estas aguas se encuentran entre aguas pobres en nutrientes y eutróficas, los cuales tienen niveles de nutrientes ligeramente altos y tienen una baja productividad de algas y contienen poca materia orgánica (Carvajal, 2011).



### 5.1.1.3. Turbiedad

#### a. Procesamiento

**Tabla 12**

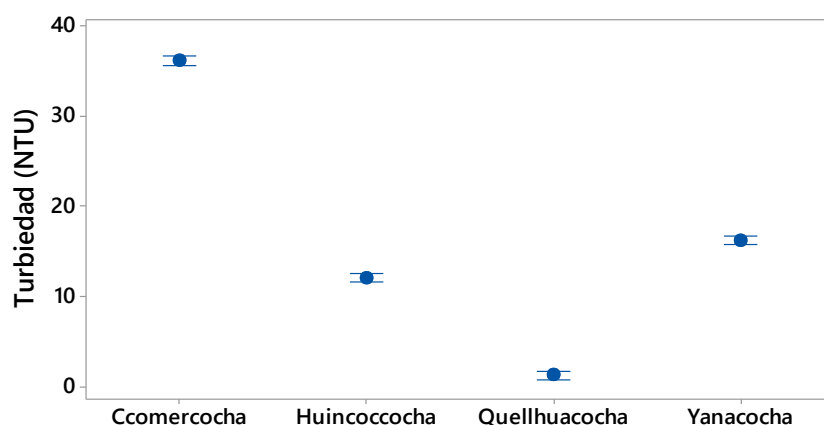
*Turbiedad (NTU) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	36.17 ± 0.21	0.58		a
Quellhuacocha	1.30 ± 0.10	7.69		b
Huincoccocha	12.10 ± 0.36	2.98		c
Yanacocha	16.23 ± 0.60	3.71		d

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9**

*Diagrama de intervalos de la turbiedad.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de la turbiedad, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

De los datos mostrados en la tabla 12, se evidencia que la turbiedad del agua para la laguna Ccomercocha fue la más alta con un valor de  $36.17 \pm 0.21$  NTU, mientras que para la laguna de Quellhuacocha fue la más baja con un valor de 1.30 NTU, así mismo en la figura 9, se aprecia una dispersión de resultados, puesto que no presentan valores similares en las 4 lagunas estudiadas.

### **c. Interpretación**

Los valores de la turbiedad muestran diferencia significativa para las lagunas en estudio ( $p\text{-value} < 0.05$ ), calculado a través del ANOVA (anexo 4), en las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha los valores de turbiedad se encuentran próximos, mientras que en las lagunas de Ccomercocha y Quellhuacocha los valores de la turbiedad se encuentran muy distantes, de los resultados mostrados en la tabla 12, se puede indicar que la Laguna Ccomercocha se encuentra con mayor cantidad de sólidos y algas suspendidas que evitan que la luz pase a través del agua.

### **d. Discusión de resultados**

Los valores de turbiedad son relativamente bajos en las lagunas altoandinas estudiadas, tal como se muestra en la tabla 12, para recursos hídricos lenticos, no se tiene valores referenciales de turbiedad, pero (Herrera y Lara, 2016) recomiendan valores hasta de 40 NTU, la laguna de Ccomercocha está próximo al valor límite, puesto que presenta mayor cantidad de materia orgánica en suspensión, lo que origina que se desarrollen rápidamente las algas que hacen que la luz no pase a través del agua, originando un desequilibrio acuático y altera su ecosistema original.

#### 5.1.1.4. Solidos disueltos totales (STD)

##### a. Procesamiento

**Tabla 13**

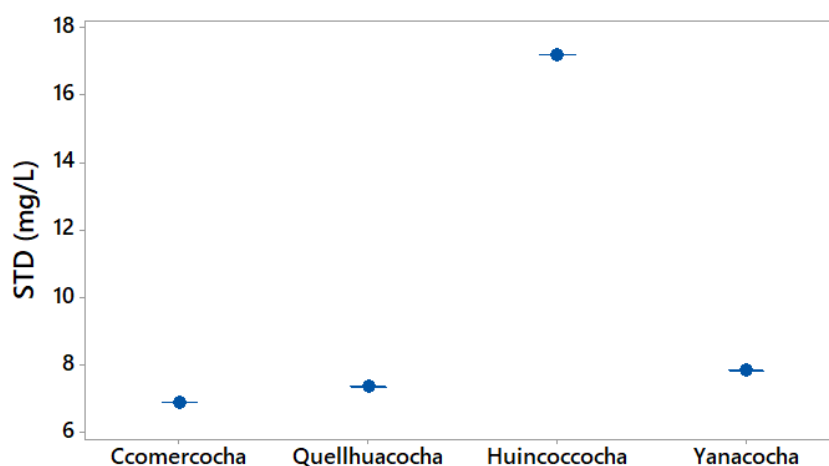
*STD (mg/L) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	6.89 ± 0.01	0.20		a
Quellhuacocha	7.37 ± 0.01	0.08		b
Huincoccocha	17.22 ± 0.01	0.03		c
Yanacocha	7.85 ± 0.00	0.06		d

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10**

*Diagrama de intervalos de los STD.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de los STD, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

##### b. Análisis

De los cálculos mostrados en la tabla 13, la laguna Huincoccocha reportó mayor nivel,  $17.22 \pm 0.01$  mg/L, mientras que la laguna de Ccomercocha reportó menor nivel,  $6.89 \pm 0.01$  mg/L, así mismo se evidencia que las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacocha y Yanacocha reportan valores similares, mientras que la laguna de

Huincoccocha reporta un valor diferente a las 3 lagunas, lo que indica que tiene mayor cantidad de solidos que pueden contener iones de bicarbonato, o puede tener presencia de cloruros y sulfatos.

### **c. Interpretación**

Los resultados de los STD muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 5), en los que las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacocha y Yanacocha reportan valores similares, mientras que la laguna de Huincoccocha reporta un valor diferente, tal como se evidencia en la tabla 13 y figura 10, lo cual demuestra que todas las lagunas presentan solidos disueltos en su contenido, pero en los límites permitidos, lo que indica que el agua de las lagunas no contine mayor cantidad de iones que alteren la calidad del agua.

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 13, evidencian valores por debajo de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que considera valores  $\leq 25$  **mg/L**, los STD en las lagunas altoandinas se deben principalmente al material transportado por escorrentía debido a las lluvias, las mismas que presentan materia orgánica, sales ionizadas y material particulado (Gómez, 2018).

## 5.1.2. Determinación de los parámetros químicos

### 5.1.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

#### a. Procesamiento

**Tabla 14**

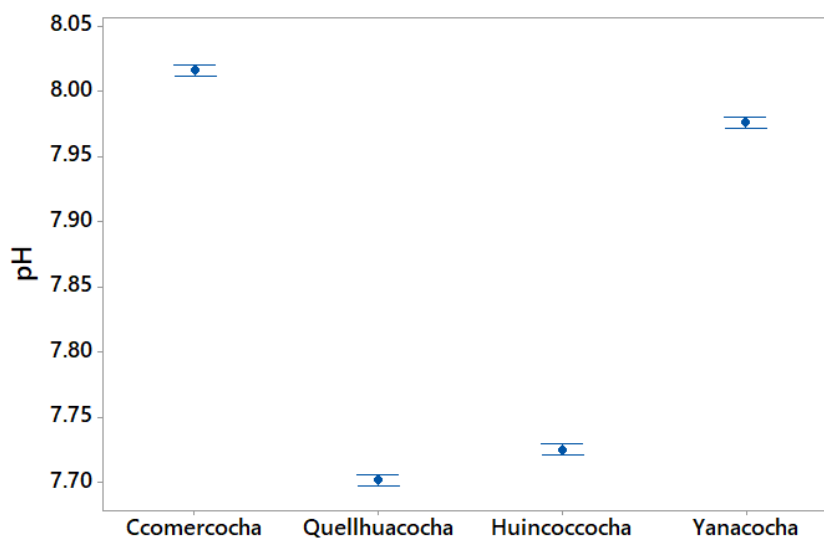
*pH en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	8.02 ± 0.00	0.02	0.02	a
Quellhuacocha	7.70 ± 0.00	0.06	0.06	b
Huincoccocha	7.73 ± 0.00	0.03	0.03	c
Yanacocha	7.98 ± 0.00	0.04	0.04	d

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

*Diagrama de intervalos del pH.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos del pH, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados obtenidos del pH se muestran en la tabla 14, en ella se evidencia que los valores oscilan de 7.70 a 8.02, presentando mayor valor de pH la laguna de

Ccomercocha con  $8.02 \pm 0.00$ , mientras que la laguna de Quellhuacocha reporta un menor valor de pH que es  $7.70 \pm 0.00$ , asimismo se observó que las variabilidades en las medidas de pH son menores a 0.06%, lo que demuestra que el pH del agua de las lagunas estudiadas tienen similitud, puesto que todos los valores están dentro de los valores considerados como ligeramente alcalinos.

### **c. Interpretación**

Los resultados obtenidos del pH, muestran diferencia significativa, p-value < 0.05, evaluadas a través del ANOVA (anexo 6), de la tabla 14 y figura 11, se puede indicar que los valores del pH para las lagunas estudiadas tienen una ligera similitud, puesto que se encuentran dentro de los valores de 7.70 a 8.02, valores que catalogan al agua de las lagunas estudiadas como ligeramente alcalinas, los cuales pueden ocasionar ligeros daños a la salud, al ser consumidas por los animales que viven en los alrededores.

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 14, muestran valores por debajo de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que considera valores **6.5 a 9.0**, los cuales se encuentran dentro de las aguas ligeramente alcalinas, esto se debe a que las lagunas están ubicadas en zonas altoandinas, donde predomina suelos con alto contenido de rocas calcáreas, que otorgan solutos como carbonatos y bicarbonatos, así como sales disueltas, similar comportamiento fue reportado por Benites et al. (2013) y Herrera y Lara (2016) para lagunas altoandinas.

### 5.1.2.2. Oxígeno disuelto (OD)

#### a. Procesamiento

**Tabla 15**

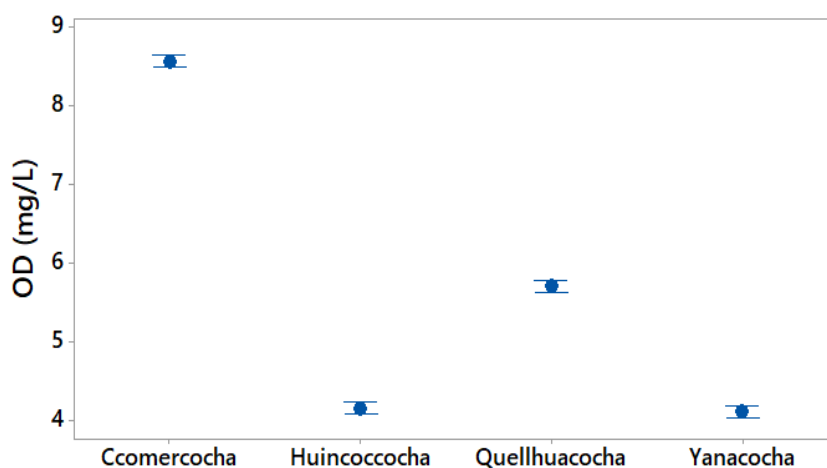
*OD (mg/L) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	8.57	± 0.03	0.31	a
Quellhuacocha	5.71	± 0.01	0.18	b
Huincoccocha	4.16	± 0.05	1.21	c
Yanacocha	4.12	± 0.10	2.46	c

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12**

*Diagrama de intervalos del OD.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos del OD, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados se presentan en la tabla 15, en ella se evidencia que la laguna de Ccomercocha reporta el valor más alto de  $8.57 \pm 0.03$  mg/L de OD, mientras que la laguna de Yanacocha reporta el valor más bajo de  $4.12 \pm 0.10$  mg/L, los valores de OD de las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha están relativamente próximos, mientras

que las otras 2 lagunas estudiadas se encuentran con valores dispersos, los cuales al presentar mayor cantidad de OD en su contenido favorecen crecimiento de las plantas acuáticas.

### **c. Interpretación**

Los resultados de OD del agua de las lagunas estudiadas, muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluados por medio de un ANOVA (anexo 7), los valores de OD de las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha reportaron valores por debajo del límite establecido para Lagunas y lagos de la Sierra del Perú, las lagunas de Ccomercocha y Quellhuacocha si están dentro de los límites establecidos, tal como se muestra en la tabla 15 y figura 12, por lo que deberán de tomarse las precauciones del caso en las 2 laguna que no cumplen con los límites establecidos, a fin de que la vida acuática de la laguna no sufra alteraciones.

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados de OD del agua de las lagunas estudiadas, mostrados en la tabla 15, muestran una variación de resultados, puesto que solo las lagunas de Ccomercocha y Quellhuacocha están dentro de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que considera valores  $\geq 5 \text{ mg/L}$ , y las lagunas Huincoccocha y Yanacocha presentan valores ligeramente por debajo de los establecidos en el ECA, por lo que deberán de tomarse en cuenta a fin de evitar que se pierda mayor oxígeno y por ende se altere el ecosistema de las 2 lagunas estudiadas.



### 5.1.2.3. Clorofila-a

#### a. Procesamiento

**Tabla 16**

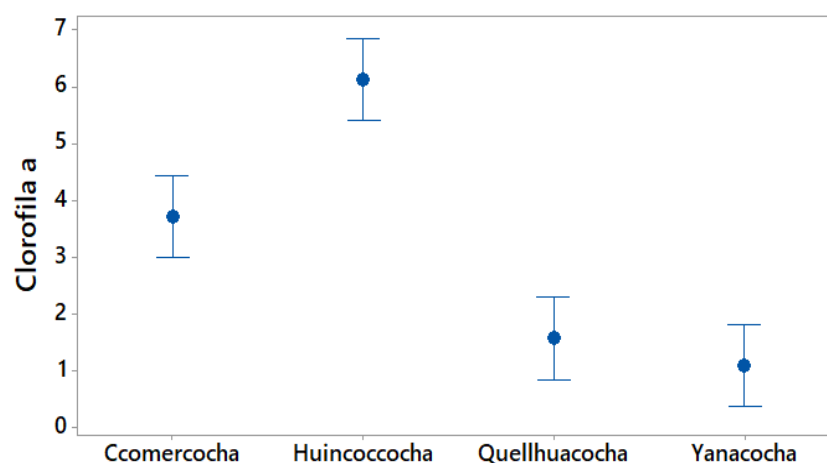
*Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	3.72	$\pm 0.74$	19.92	a
Quellhuacocha	1.57	$\pm 0.42$	26.65	b
Huincoccocha	6.13	$\pm 0.62$	10.19	c
Yanacocha	1.11	$\pm 0.22$	20.00	b

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13**

*Diagrama de intervalos de la clorofila-a.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de la clorofila-a, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados mostrados en la tabla 16 y figura 13, muestran valores dispersos de la clorofila-a, que oscilan entre 1.11 a 6.13  $\mu\text{g/L}$ , siendo la laguna de Huincoccocha el que tiene el valor más alto de  $6.13 \pm 0.62 \mu\text{g/L}$ , y la laguna Yanacocha el que reporta el valor más bajo  $1.11 \pm 0.22 \mu\text{g/L}$ , en todas las lagunas el valor de la clorofila-a es

disperso, solo se aproximan ligeramente los valores en las lagunas de Quellhuacocha y Yanacocha, así mismo los resultados mostrados en la tabla 16 están dentro de los límites establecidos para lagunas altoandinas.

### **c. Interpretación**

Los resultados de la clorofila-a, muestran diferencia significativa ( $p$ -value < 0.05), evaluado a través de un ANOVA (anexo 8), tal como se aprecia en la figura 13, en las lagunas de Quellhuacocha y Yanacocha presentan valores relativamente similares, mientras que en las lagunas de Huincoccocha y Ccomercocha los valores se encuentran dispersos, siendo la laguna Huincoccocha la que esta próxima al límite del valor permisible para lagunas altoandinas.

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados presentados en la tabla 16, muestran valores que están dentro de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que considera valores hasta **8  $\mu\text{g/L}$** , solo la laguna de Huincoccocha es la que esta próxima al límite del valor permisible, este comportamiento es característico de las lagunas altoandinas, a diferencia de lagunas con afluencia antrópica, cuyos valores superan ampliamente los valores nominales, similares resultados fueron obtenidos por (Benites et al., 2013; Herrera y Lara, 2016 y Castillo, 2015).

#### 5.1.2.4. Nitratos

##### a. Procesamiento

**Tabla 17**

*Nitratos (mg/L) en las lagunas altoandinas.*

<b>Laguna</b>	<b>Contenido</b>
Ccomercocha	< L.D.
Quellhuacocha	< L.D.
Huincoccocha	< L.D.
Yanacocha	< L.D.

*Nota.* Los resultados muestran datos por debajo del L.D. (límite de detección), se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

##### b. Análisis

Los valores del nitrato presentados en la tabla 17, muestran que todos los datos obtenidos están por debajo del límite de detección, lo que nos indica que las 4 lagunas estudiadas están dentro de los límites permitidos para lagunas altoandinas.

##### c. Interpretación

El agua de las lagunas estudiadas, presentan valores muy bajos de nitrato, esto es por la baja presencia de materia orgánica, así mismo por la baja cantidad de residuos fecales de animales de la zona, con lo que se puede evidenciar la poca presencia de personas y animales en la zona donde se ubican las lagunas estudiadas.

##### d. Discusión de resultados

Los resultados se muestran en la tabla 17, las cuales están por debajo de los valores considerados en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que considera valores de hasta **13 mg/L**, con los que se garantiza un agua de calidad en las 4 lagunas.

### 5.1.2.5. Fosfatos

#### a. Procesamiento

**Tabla 18**

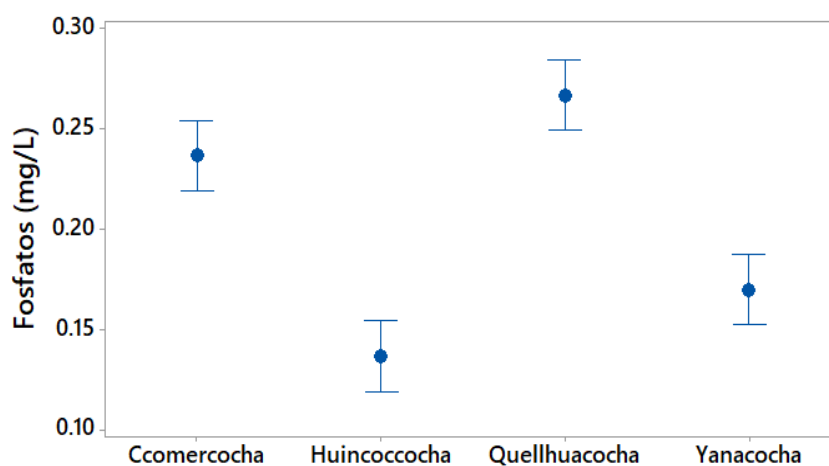
*Fosfatos (mg/L) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	0.24	± 0.02	6.45	a
Quellhuacocha	0.27	± 0.01	4.33	a
Huincoccocha	0.14	± 0.02	11.18	b
Yanacocha	0.17	± 0.01	5.88	b

*Nota.* Los resultados obtenidos no muestran mucha variación, letras iguales (a y b), se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14**

*Diagrama de intervalos de los fosfatos.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de los fosfatos, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados se presentan en la tabla 18, en ella se evidencia que las lagunas Ccomercocha y Quellhuacocha reportaron  $0.24 \pm 0.02$  y  $0.27 \pm 0.01$  mg/L respectivamente cuyos valores no presentan mucha variación (letras iguales “a”), y las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha reportaron  $0.14 \pm 0.02$  y  $0.17 \pm 0.01$  mg/L

respectivamente, y se considera estadísticamente similares (letras iguales “b”). Es decir, el nivel de fosfatos se agrupa en dos grupos, tal como se evidencia en la figura 14, donde los intervalos de las lagunas de Ccomerccochoa y Quellhuacocha se superponen, y el mismo hecho sucede para las lagunas Huincoccocha y Yanacocha.

### **c. Interpretación**

Los resultados obtenidos de los fosfatos se presentan en la tabla 18, en los que se evidencia que las lagunas estudiadas presentan diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 9), de los resultados mostrado en la figura 14, las lagunas de Ccomerccochoa y Quellhuacocha presentan valores próximos, de igual manera las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha presentan valores similares, en ambos casos están representadas por las letras iguales “a” y “b”

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 18, evidencian que las 4 lagunas tienen valores similares, puesto que lagunas de Ccomerccochoa y Quellhuacocha presentan valores próximos, de igual manera que las lagunas de Huincoccocha y Yanacocha, los cuales presentan valores que en promedio catalogan a las lagunas en un estado oligotrófico, según los valores propuestos por Carlson, quien indica que, para valores de fosfatos de **0 a 6 mg/L**, le corresponde un estado oligotrófico, lo que garantiza la no presencia de eutrofización, los fosfatos se presentan por actividad antrópica, pero en las zonas investigadas, existe poca actividad antrópica, la mayor parte de fosfatos encontrados son por los restos fecales de los animales de la zona, así mismo la poca cantidad de fosfatos evita el desarrollo de las algas, similares valores para lagunas altoandinas fueron obtenidas por Chan et al. (2022).

### 5.1.2.6.Dureza

#### a. Procesamiento

**Tabla 19**

*Dureza (mg/L) en las lagunas altoandinas.*

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación
Ccomercocha	20.67 ± 0.58		2.79	a
Quellhuacocha	30.67 ± 1.15		3.77	b
Huincoccocha	39.00 ± 1.00		2.56	c
Yanacocha	14.00 ± 1.00		7.14	d

*Nota.* Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15**

*Diagrama de intervalos de la dureza.*



*Nota.* Se muestra el diagrama de intervalos de la dureza, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

Los resultados se presentan en la tabla 19, en la que se evidencia que los resultados de la laguna de Huincoccocha reportan el mayor valor de dureza que es  $39.00 \pm 1.00$  mg/L y la laguna de Yanacocha presenta el menor valor que es  $14.00 \pm 1.00$  mg/L, así mismo se puede apreciar que los valores de la dureza en las 4 lagunas

estudiadas, presentan valores relativamente dispersos tal como se evidencia en la figura 15.

### **c. Interpretación**

Los resultados de la dureza muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 10), tal como se aprecia en la tabla 19 y figura 15, de los resultados obtenidos de las 4 lagunas, se puede verificar que la laguna de Yanacocha está dentro de las aguas muy blandas, mientras que las lagunas de Ccomercocha, Quellhuacocha y Huincoccocha están dentro de las aguas blandas, esto según la tabla 1 propuesta por APHA (1992).

### **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 19, evidencian que las 4 lagunas en estudio presentan valores dispersos, que agrupando se tienen 2 grupos según la tabla 1 propuesta por APHA (1992), que clasifican a las aguas de las 4 lagunas estudiadas como aguas muy blandas y aguas blandas, de los que se puede indicar que existe poca presencia de carbonatos y bicarbonatos, así mismo existe poca existencia de rocas calcáreas, similar resultado fue reportado por Solano (2021).

## **5.1.3. Determinación del estado trófico de las lagunas altoandinas**

### **5.1.3.1. Índice de estado trófico (IET)**

El IET permite conocer el nivel trófico de sistemas lacustres, esta se determina a través del conocimiento de la transparencia, fósforo total y clorofila-a, el cálculo del IET permite clasificar a los cuerpos hídricos principalmente lagunas, basados en valores referenciales propuesto por Carlson (1977), los cuales se muestra en la tabla 20.

**Tabla 20**

Rango de valores del IET en los cuerpos de agua.

Estado trófico	Transparencia Ds (m)	P total (ug/L)	Clorofila-a (ug/L)	Escala IET
Oligotrófico	> 8	< 6	< 0.95	< 30
Mesotrófico	8 - 1	6 - 48	0.95 - 20	30 - 60
Eutrófico	1 - 0.5	48 - 384	20 - 427	60 - 90
Hipereutrófico	< 0.5	> 384	> 427	> 90

Nota. Se muestra el rango de valores para la determinación del estado Trófico. Fuente: Carlson (1977).

### a. Procesamiento

**Tabla 21**

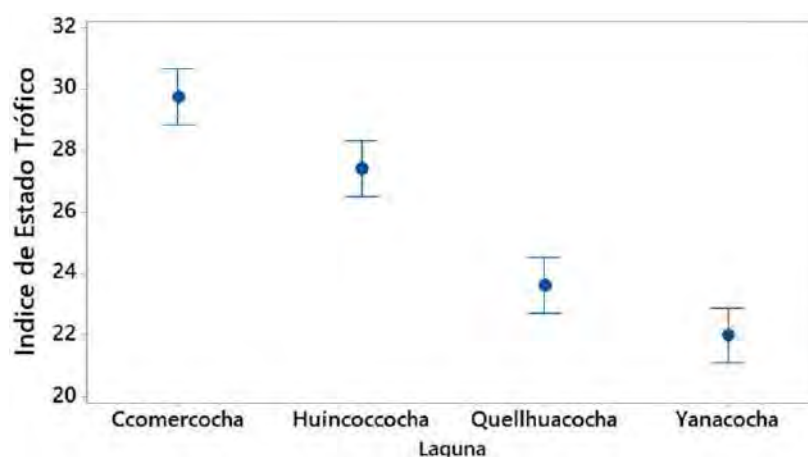
IET en las lagunas altoandinas.

Laguna	$\bar{x}$	$s$	CV (%)	Agrupación	Estado trófico
Ccomercocha	29.74	± 0.54	1.81	a	Oligotrófico
Quellhuacocha	23.64	± 0.80	3.39	b	Oligotrófico
Huincoccocha	27.42	± 0.49	1.78	c	Oligotrófico
Yanacocha	21.94	± 0.90	4.08	b	Oligotrófico

Nota. Los resultados obtenidos indican diferencia significativa, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16**

Diagrama de intervalos del IET.



Nota. Se muestra el diagrama de intervalos del IET, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.



## **b. Análisis**

De los datos mostrados en la tabla 21 y figura 16, la laguna de Ccomercocha presenta el valor más alto del IET que es de  $29.74 \pm 0.54$ , mientras que la laguna de Yanacocha presenta el valor más bajo del IET que es de  $21.94 \pm 0.90$ , de los que resultados mostrados, se evidencia que existe una similitud relativa de los resultados, puesto que todas las lagunas están dentro del margen del IET de  $21.94 \pm 0.90$  a  $29.74 \pm 0.54$ , de la figura 16 se puede verificar que los resultados tienen una tendencia lineal.

## **c. Interpretación**

Los resultados del IET evidencian diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), evaluado a través de un ANOVA (anexo 11), en la tabla 21 se muestra los resultados del IET de las 4 lagunas estudiadas, y de acuerdo a la clasificación del IET propuesto por Carlson (1977) (tabla 20), las aguas de las lagunas estudiadas se encuentran dentro del estado **oligotrófico**, puesto que todos los resultados del IET son menores a 30.

## **d. Discusión de resultados**

Los resultados mostrados en la tabla 21, evidencian que las 4 lagunas en estudio presentan valores que en promedio catalogan a las lagunas en un estado **oligotrófico**, según los valores propuestos por Carlson (1977), de los resultados obtenidos del IET de las 4 lagunas indican que sus aguas presentan baja concentración de nutrientes, ya que sus aguas son claras y dejan pasar la luz, lo que impide el crecimiento de algas y origina poca productividad biológica y apenas se observa peces como la trucha, otro aspecto que se observó en las lagunas es la escasa actividad antrópica alrededor del cuerpo hídrico, similar comportamiento fue reportado por Gómez (2018).

#### 5.1.4. Determinación del volumen de almacenamiento

##### 5.1.4.1. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Ccomercocha

###### a. Procesamiento

###### Figura 17

*Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Ccomercocha.*



*Nota.* Para obtener el plano topográfico se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D.  
Fuente: Elaboración propia.

###### b. Análisis

El plano topográfico mostrado en la figura 17, para la laguna de Ccomercocha, luego del procesamiento de datos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se

determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de **140 500.25 m<sup>3</sup>**, datos corroborados con los planos del IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas y que fueron culminadas en el 2019.

### **c. Interpretación**

De los resultados obtenidos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de 140 500.25 m<sup>3</sup>, con los que se tiene agua almacenada para poder mejorar la flora y fauna, así mismo viene alimentando dos cuencas que son la cuenca del sector de Songoña y la cuenca del sector de Huallatayre, es de indicar que no llega al límite de almacenamiento para el cual fue diseñada la represa, esto es porque a cierto nivel de altura presenta una falla geológica por donde se infiltra el agua almacenada.

### **d. Discusión de resultados**

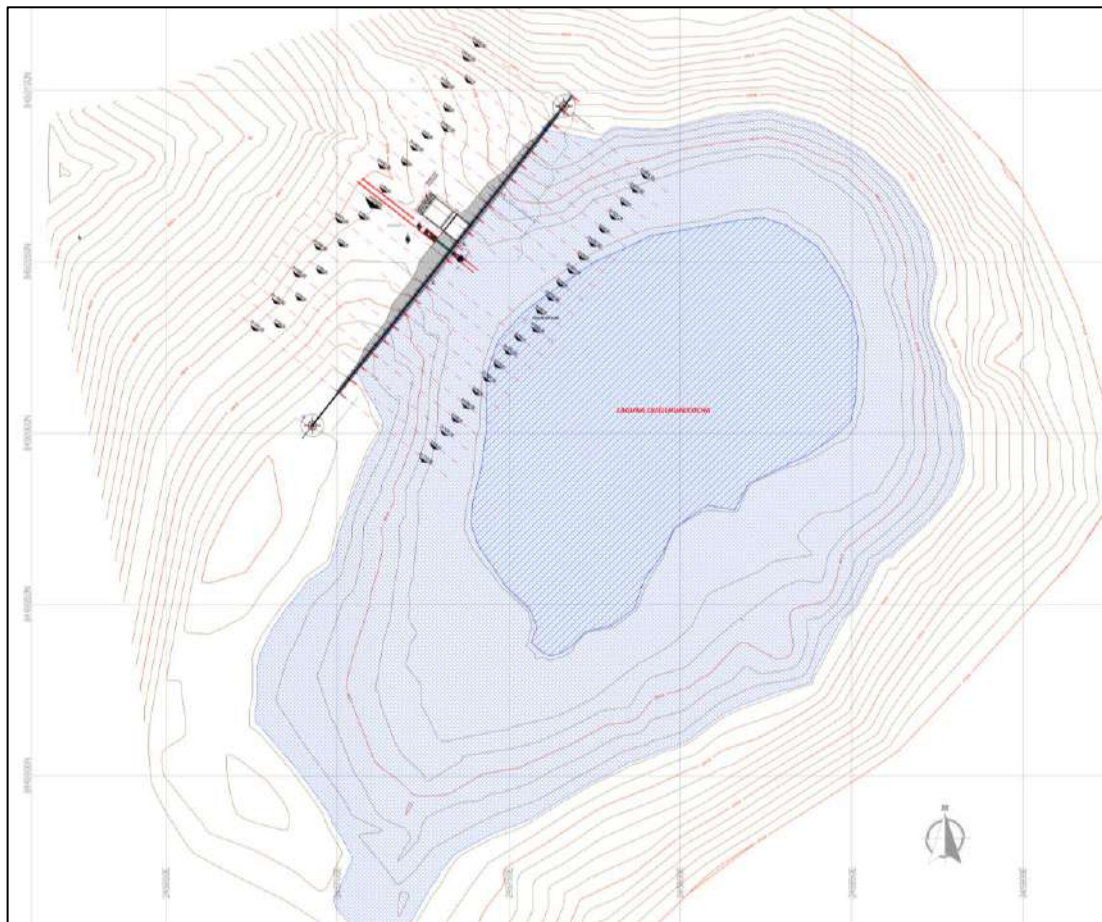
En la laguna Ccomercocha se ha construido una presa de tierra, con escollera de piedra, dicha construcción hidráulica ha aumentado el volumen de almacenamiento de la laguna, así como el mantenimiento de manantes que se emplean para consumo humano y otras actividades económicas. La figura 17, presenta un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de 140 500.25 m<sup>3</sup>, datos que fueron obtenidos y corroborados por el del IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas.

### 5.1.4.2. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Quellhuacocha

#### a. Procesamiento

#### Figura 18

*Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Quellhuacocha.*



*Nota.* Para obtener el plano topográfico se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D.

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

El plano topográfico mostrado en la figura 18, para la laguna de Quellhuacocha, luego del procesamiento de datos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de **135 120.55 m<sup>3</sup>**, datos corroborados con los planos del IMA, del proyecto

ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas y que fueron culminadas en el 2019.

### **c. Interpretación**

De los resultados obtenidos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de 135 120.55 m<sup>3</sup>, con los que se tiene agua almacenada para poder mejorar la flora y fauna, así mismo viene alimentando a los acuíferos de la cuenca del sector de Pucutune, es de indicar que esta laguna presenta menor cantidad de almacenamiento en comparación que la laguna de Ccomercocha, esto se debe principalmente por la formación más estrecha que presenta la laguna de Quellhuacocha tal como se muestra en la figura 18.

### **d. Discusión de resultados**

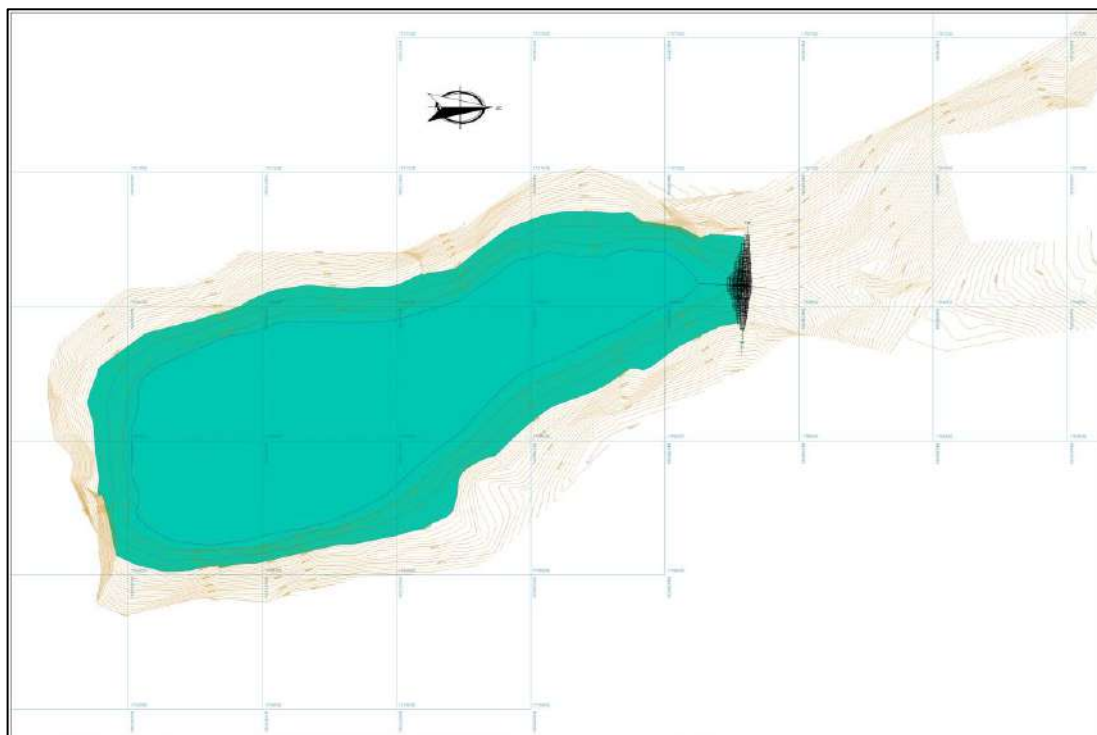
En la laguna Quellhuacocha se ha construido una presa de concreto ciclopeo con el objetivo de satisfacer las demandas hídricas durante los periodos de estiaje, dicha construcción hidráulica ha aumentado la capacidad de almacenamiento. La figura 18, muestra el volumen total de almacenamiento de 135 120.55 m<sup>3</sup> en la laguna, evaluado a través de curvas de nivel a 0.5 m, los datos fueron obtenidos y corroborados por el IMA del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas.

### 5.1.4.3. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Huincoccocha

#### a. Procesamiento

#### Figura 19

*Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Huincoccocha.*



*Nota.* Para obtener el plano topográfico se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D.  
Fuente: Elaboración propia.

#### b. Análisis

El plano topográfico mostrado en la figura 19, para la laguna de Huincoccocha, luego del procesamiento de datos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de **87 960.52 m<sup>3</sup>**, datos corroborados con los planos del IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas y que fueron culminadas en el 2019.

### **c. Interpretación**

De los resultados obtenidos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en la laguna con la nueva presa que es de 87 960.52 m<sup>3</sup>, con los que se tiene agua almacenada para poder mejorar la flora y fauna, así mismo viene alimentando a los acuíferos de la cuenca del sector de Huatta, es de indicar que esta laguna presenta menor cantidad de almacenamiento en comparación con las lagunas de Ccomercocha y Quelhuacocha, esto se debe principalmente por la formación más estrecha que presenta la laguna de Huincoccocha tal como se muestra en la figura 19.

### **d. Discusión de resultados**

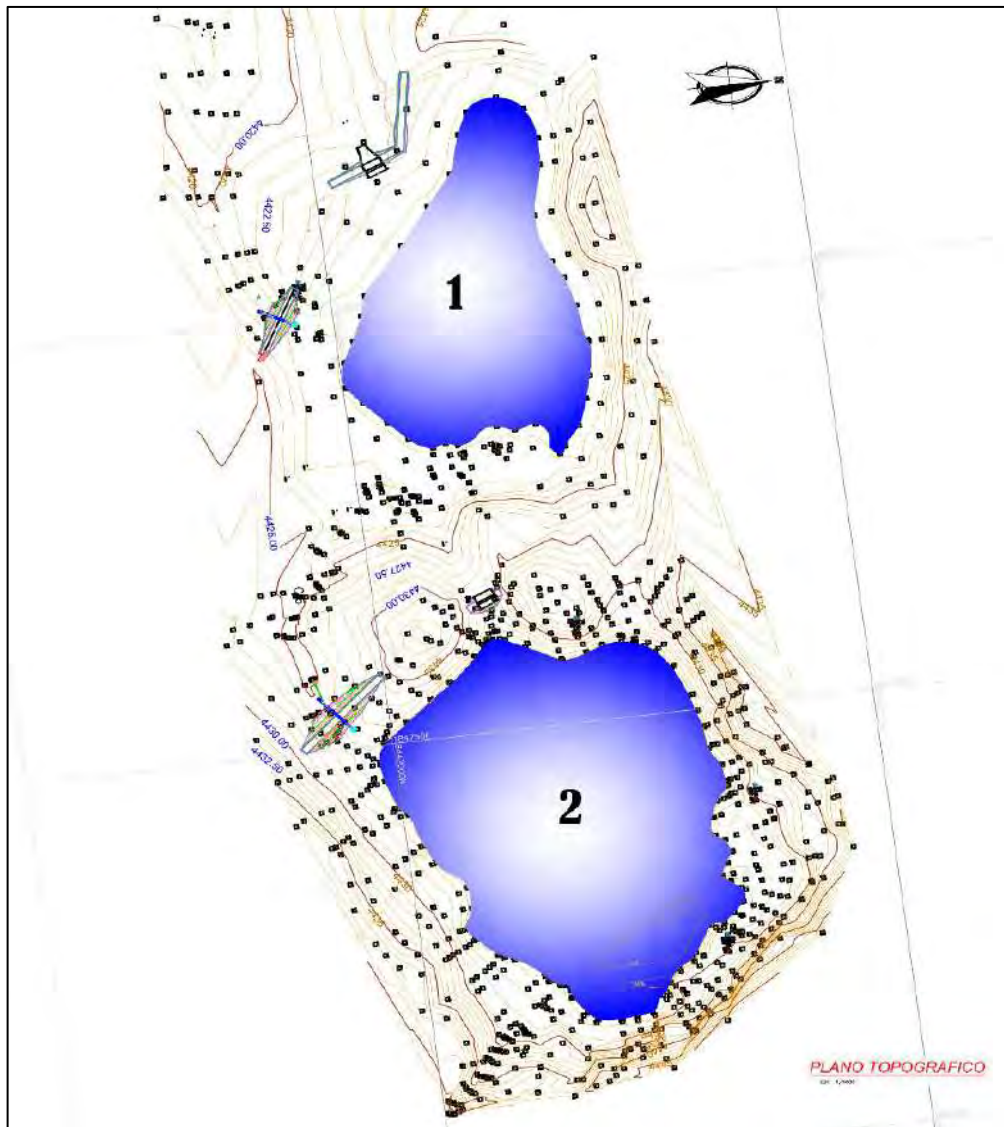
En la laguna Huincoccocha se ha construido una presa de concreto con pantalla de gaviones de piedra, para incrementar el volumen de la laguna en época de estiaje, en la figura 19 se muestra el volumen total de almacenamiento alcanzada con la construcción de la presa, que es de 87 960.52 m<sup>3</sup> en la laguna, el cual fue evaluado a través de curvas de nivel a 0.5 m, los datos fueron obtenidos y corroborados por el IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas.

#### 5.1.4.4. Volumen de almacenamiento de la laguna represada de Yanacocha

##### a. Procesamiento

**Figura 20**

*Plano topográfico para determinar el volumen de almacenamiento en la laguna Yanacocha.*



*Nota.* Para obtener el plano topográfico se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D.  
Fuente: Elaboración propia.

##### b. Análisis

El plano topográfico mostrado en la figura 20, para la laguna de Yanacocha, luego del procesamiento de datos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se



determinó un volumen total de almacenamiento de agua en las lagunas con las nuevas presas que sumados nos dan un total de **154 686.21 m<sup>3</sup>**, datos corroborados con los planos del IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas y que fueron culminadas en el 2019.

### **c. Interpretación**

De los resultados obtenidos empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se determinó un volumen total de almacenamiento de agua en las lagunas con las nuevas presas que sumados nos dan un total de 154 686.21 m<sup>3</sup>, con los que se tiene agua almacenada para poder mejorar la flora y fauna, así mismo viene alimentando a los acuíferos de la cuenca del sector de Parcco, es de indicar que esta laguna presenta mayor cantidad de almacenamiento en comparación con las lagunas de Ccomercocha, Quelhuacocha y Huincoccocha, esto es porque en el mismo lugar se tiene 2 lagunas que se represaron tal como se muestra en la figura 20.

### **d. Discusión de resultados**

En la laguna Yanacocha se construyó 02 presas de tierra homogénea con escollera de piedra para aumentar la capacidad de almacenamiento, debido a que la laguna cuenta con dos desniveles pronunciados. La figura 20, muestra el volumen total de almacenamiento de las 02 presas. La primera presa (1) tiene una capacidad de almacenamiento de 99 645.35 m<sup>3</sup>, la segunda presa (2) tiene una capacidad de almacenamiento de 55 040.86 m<sup>3</sup>, haciendo un total de 154 686.21 m<sup>3</sup> entre ambas presas, las mismas que fueron evaluados a través de curvas de nivel a 0.5 m, los datos fueron obtenidos y corroborados por el IMA, del proyecto ejecutado de cosecha de agua en las 4 lagunas estudiadas.

### 5.1.5. Comparación de los parámetros físicos de los periodos 2017-2021

#### 5.1.5.1. Prueba estadística de comparación de la conductividad de los periodos 2017-2021.

##### Prueba de normalidad

En el cálculo de los resultados de la conductividad para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 22, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 22**

*Prueba de normalidad para la conductividad 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Conductividad 2017	0.656	12	0.000
Conductividad 2021	0.656	12	0.000

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25, “a” Corrección de significación de Lilliefors. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 22 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para la conductividad en el año 2017 como para el año 2021. En la tabla 22 se observa que la significancia de la conductividad para el año 2017 es de 0.000 y para el año 2021 es de 0.000, los cuales son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que indica que la muestra no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro conductividad para el año 2017 y 2021 se realizó mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

**Tabla 23**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para la conductividad 2017 y 2021.*

	<b>2017-2021</b>
<b>Z</b>	<b>-1,177<sup>b</sup></b>
Sig. asintótica(bilateral)	0.239

*Nota.* Para realizar la prueba de rangos de Wilcoxon para la conductividad se utilizó el programa SPSS versión 25, “b” se basa en rangos negativos. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23, se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.239 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados de conductividad para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantiene la calidad del agua en lo que respecta al parámetro físico de conductividad.

#### **5.1.5.2. Prueba estadística de comparación de la transparencia en los periodos**

##### **2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados de la transparencia para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 24, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 24**

*Prueba de normalidad para la transparencia 2017 y 2021.*

	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Transparencia 2017	0.892	12	0.123
Transparencia 2021	0.881	12	0.091

*Nota.* \* esto es un límite inferior de la significación verdadera. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 24, nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para la transparencia en el año 2017 como para el año 2021. En la tabla 24 se observa que la significancia de la transparencia para el año 2017 es de 0.123 y para el año 2021 es de 0.091 los cuales son mayores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro transparencia del 2017 y 2021 se realizó mediante la prueba paramétrica de t-Student para muestras relacionadas.

**Tabla 25**

*Prueba t-Student para la transparencia 2017 y 2021.*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Transparencia 2017 - Transparencia 2021	- 0.03408	0.05888	0.01700	-0.07149	0.00333	-2.005	11	0.070

*Nota.* Para realizar la prueba de t-Student para la transparencia 2017 y 2021, se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de t-Student es de 0.07 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del parámetro transparencia para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro físico de transparencia.

### 5.1.5.3. Prueba estadística de comparación de la turbiedad en los periodos 2017-2021.

#### Prueba de normalidad

En el cálculo de los resultados de la turbiedad para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 26, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 26**

*Prueba de normalidad para la turbiedad 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Turbiedad 2017	0.845	12	0.031
Turbiedad 2021	0.847	12	0.033

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26 se presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para la conductividad en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 26 se observa que la significancia de la turbiedad para el año 2017 es de 0.031 y para el año 2021 es de 0.033 los cuales son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro turbiedad para el año 2017 y 2021 se realizó mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

**Tabla 27**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para la turbiedad 2017 y 2021.*

	2017-2021
<b>Z</b>	<b>-1,334<sup>b</sup></b>
Sig. asintótica(bilateral)	0.182

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.182 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados de la turbiedad para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro físico de turbiedad.

#### **5.1.5.4. Prueba estadística de comparación de los STD en los periodos 2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados de los STD para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 28, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 28**

*Prueba de normalidad para los STD 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
STD 2017	0.634	12	0.000
STD 2021	0.618	12	0.000

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 28 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para los STD en el año 2017 como para el año 2021. En la tabla 28 se observa que la significancia de los STD para el año 2017 es de 0.000 y para el año 2021 es de 0.000 los cuales son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación de los STD para el año 2017 y 2021 se realizó mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

**Tabla 29**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para los STD 2017 y 2021.*

	<b>2017-2021</b>
<b>Z</b>	<b>-1,569<sup>b</sup></b>
<b>Sig. asintótica(bilateral)</b>	<b>0.117</b>

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.117 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados de los STD para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro físico de los STD.

#### **5.1.6. Comparación de los parámetros químicos en los periodos 2017-2021.**

##### **5.1.6.1. Prueba estadística de comparación del pH en los periodos 2017-2021**

###### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados del pH para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 30, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 30**

*Prueba de normalidad para el pH 2017 y 2021.*

	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
pH 2017	0.984	12	0.995
pH 2021	0.739	12	0.002

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 30 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para el pH en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 30 se observa que la significancia del pH para el año 2017 es de 0.995 y para el año 2021 es de 0.002 lo cual nos indica que el pH para el año 2017 proviene de una distribución normal y para el año 2021 no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro pH para el año 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

**Tabla 31**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para el pH 2017 y 2021.*

	<b>2017-2021</b>
<b>Z</b>	<b>-1,569<sup>b</sup></b>
Sig. asintótica(bilateral)	0.117

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 31 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.117 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del pH para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico del pH.

#### **5.1.6.2. Prueba estadística de comparación del OD en los periodos 2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados del OD para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 32, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.



**Tabla 32**

*Prueba de normalidad para el OD 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
OD 2017	0.789	12	0.007
OD 2021	0.758	12	0.003

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 32 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para el OD en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 32 se observa que la significancia del OD para el año 2017 es de 0.007 y para el año 2021 es de 0.003 los cuales son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro OD para el año 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

**Tabla 33**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para el OD 2017 y 2021.*

	2017-2021
<b>Z</b>	<b>-1,647<sup>b</sup></b>
Sig. asintótica(bilateral)	0.099

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 33 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.099 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del OD para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico del OD.

### 5.1.6.3. Prueba estadística de comparación de la clorofila-a en los periodos 2017-2021

#### Prueba de normalidad

En el cálculo de los resultados de la clorofila-a para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 34, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 34**

*Prueba de normalidad para la clorofila-a 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Clorofila-a 2017	0.867	12	0.060
Clorofila-a 2021	0.867	12	0.061

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 34 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para la clorofila-a en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 34 se observa que la significancia de la clorofila-a para el año 2017 es de 0.060 y para el año 2021 es de 0.061 los cuales son mayores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro clorofila-a del 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba paramétrica de t-Student para muestras relacionadas.

**Tabla 35**

*Prueba t-Student para la clorofila-a 2017 y 2021.*

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 Clorofila-a 2017 - Clorofila-a 2021	- 0.03467	0.05732	0.01655	-0.07109	0.00175	-2.095	11	0.060

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 35 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de t-Student es de 0.06 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del parámetro Clorofila-a para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico de Clorofila-a.

#### **5.1.6.4. Prueba estadística de comparación de los fosfatos en los periodos 2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados de los fosfatos para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 36, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 36**

*Prueba de normalidad para los fosfatos 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Fosfatos 2017	0.886	12	0.103
Fosfatos 2021	0.919	12	0.279

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 36 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para los fosfatos en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 36 se observa que la significancia de los fosfatos para el año 2017 es de 0.103 y para el año 2021 es de 0.279 los cuales son mayores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra proviene de una distribución normal, por

consiguiente, la comparación del parámetro fosfatos del 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba paramétrica de t-Student para muestras relacionadas.

**Tabla 37**

*Prueba t-Student para los fosfatos 2017 y 2021.*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Fosfatos 2017 - Fosfatos 2021	- 0.00342	0.00614	0.00177	-0.00732	0.00049	-1.927	11	0.080

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 37 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de t-Student es de 0.080 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del parámetro fosfatos para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico de fosfatos.

#### **5.1.6.5. Prueba estadística de comparación del nitrato en los periodos 2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados del nitrato para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 38, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 38**

*Prueba de normalidad para el nitrato 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Nitratos 2017	0.608	12	0.000
Nitratos 2021	0.418	12	0.000

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 38 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para el nitrato en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 38 se observa que la significancia del nitrato para el año 2017 es de 0.000 y para el año 2021 es de 0.000 los cuales son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra no proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro nitrato para el año 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

### **Tabla 39**

*Prueba de rangos de Wilcoxon para el nitrato 2017 y 2021.*

	<b>2017-2021</b>
<b>Z</b>	<b>-1.933<sup>b</sup></b>
Sig. asintótica(bilateral)	0.053

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 39 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de rangos de Wilcoxon es de 0.053 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del nitrato para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantiene la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico de nitrato.

#### **5.1.6.6. Prueba estadística de comparación de la dureza en los periodos 2017-2021**

##### **Prueba de normalidad**

En el cálculo de los resultados de la dureza para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 40, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 40**

*Prueba de normalidad para la dureza 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Dureza 2017	0.908	12	0.203
Dureza 2021	0.905	12	0.182

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 40 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para la dureza en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 40 se observa que la significancia de la dureza para el año 2017 es de 0.203 y para el año 2021 es de 0.182 los cuales son mayores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro dureza del 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba paramétrica de t-Student para muestras relacionadas.

**Tabla 41**

*Prueba t-Student para la dureza 2017 y 2021.*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Dureza 2017 - Dureza 2021	- 0.16825	0.40361	0.11651	-0.42469	0.08819	-1.444	11	0.177

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 41 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de t-Student es de 0.177 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del parámetro dureza para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha mantienen la calidad del agua en lo que respecta al parámetro químico de la dureza.

### 5.1.7. Comparación de los IET en los periodos 2017-2021.

#### 5.1.7.1. Prueba estadística de comparación del IET en los periodos 2017-2021

##### Prueba de normalidad

En el cálculo de los resultados del IET para el año 2017 y 2021, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk que se encuentra en la tabla 42, para así de esa manera encontrar la prueba adecuada para comparar los resultados.

**Tabla 42**

*Prueba de normalidad para los IET 2017 y 2021.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
IET 2017	0.922	12	0.302
IET 2021	0.918	12	0.270

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 42 nos presenta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad, tanto para el IET en el año 2017 como para el año 2021.

En la tabla 42 se observa que la significancia del IET para el año 2017 es de 0.302 y para el año 2021 es de 0.270 los cuales son mayores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que la muestra proviene de una distribución normal, por consiguiente, la comparación del parámetro IET del 2017 y 2021 lo realizaremos mediante la prueba paramétrica de t-Student para muestras relacionadas.

**Tabla 43**

*Prueba t-Student para el IET 2017 y 2021.*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	IET 2017 - IET 2021	0.38683	0.96525	0.27864	-0.22646	1.00013	1.388	11	0.193

*Nota.* Se utilizó el programa SPSS versión 25. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 43 se evidencia que la significancia obtenida en la prueba de t-Student es de 0.193 mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en los resultados del parámetro IET para el año 2017 y 2021, con lo que también podemos decir que el represamiento de las aguas de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha no alteraron el IET.

## 5.2. Pruebas de hipótesis

Se empleó el test de comparación múltiple de medias Tukey, los cálculos estadísticos se ejecutaron a un nivel de significancia del 5%, empleando el software estadístico MINITAB, a través de un análisis de varianza de un factor (ANOVA), cuyo desarrollo es el siguiente:

### Paso 1: Planteamiento de hipótesis

**Hipótesis nula;**  $H_{0,1}$ : los niveles de los parámetros fisicoquímicos de las cuatro lagunas no muestran diferencia significativa.

**Hipótesis alterna;**  $H_{A,1}$ : los niveles de los parámetros fisicoquímicos de las cuatro lagunas muestran diferencia significativa.

**Hipótesis nula;**  $H_{0,2}$ : el índice trófico de las cuatro lagunas no muestra diferencia significativa.

**Hipótesis alterna;**  $H_{A,2}$ : el índice trófico de las cuatro lagunas muestra diferencia significativa.

### Paso 2: Determinación del error $\alpha$

Alfa = 5 % = 0.05



### Paso 3: Prueba estadística utilizada

Se utilizó el análisis de varianza de un factor (ANOVA).

### Paso 4: Cálculo de la correlación de variables

La correlación de los parámetros fisicoquímicos y tróficos de las lagunas, se evaluó a través del coeficiente de Pearson ( $R_s$ ), donde si el valor:

- ✓ Es -1, “existe una correlación negativa perfecta”.
- ✓ Esta entre -1 y -0.5, “existe una fuerte correlación negativa”.
- ✓ Esta entre -0.5 y 0, “existe una débil correlación negativa”.
- ✓ Esta entre 0 y 0.5, “existe una débil correlación positiva”.
- ✓ Esta entre 0.5 y 1, “existe una fuerte correlación positiva”.
- ✓ Es 1, “existe una correlación positiva perfecta”.

Los valores y la tendencia de la correlación de Pearson ( $R_s$ ), se presentan en la tabla 44 y figura 21:

**Tabla 44**

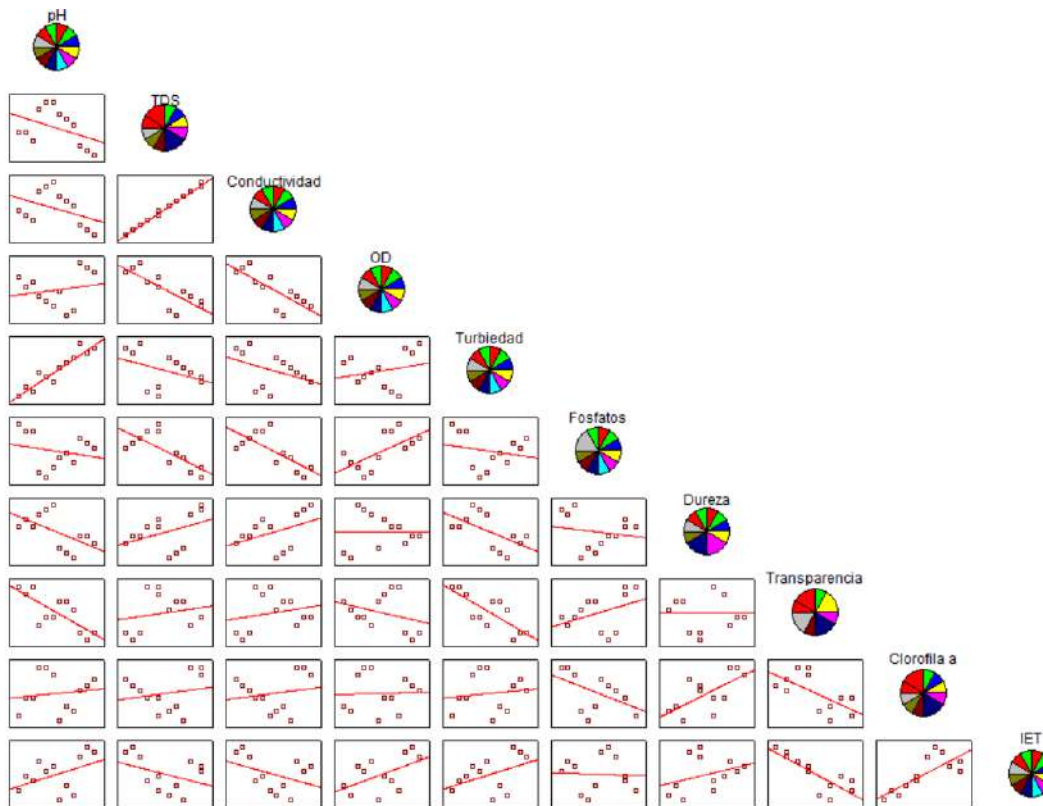
*Correlación de parámetros de las lagunas altoandinas.*

	pH	STD	Conductividad	OD	Turbiedad	Fosfatos	Dureza	Transparencia	Clorofila- a	IET
pH	1.00									
STD	-0.41	1.00								
Conductividad	-0.41	1.00	1.00							
OD	0.19	-0.79	-0.78	1.00						
Turbiedad	0.94	-0.40	-0.41	0.23	1.00					
Fosfatos	-0.21	-0.73	-0.72	0.64	-0.21	1.00				
Dureza	-0.58	0.42	0.42	0.01	-0.59	-0.17	1.00			
Transparencia	-0.76	0.21	0.21	-0.31	-0.78	0.40	0.01	1.00		
Clorofila-a	0.13	0.19	0.17	0.04	0.13	-0.51	0.65	-0.64	1.00	
IET	0.44	-0.39	-0.39	0.52	0.44	-0.05	0.34	-0.81	0.78	1.00

*Nota.* Los resultados obtenidos muestran la correlación de los parámetros estudiados, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21**

Diagrama de correlación de parámetros físicos y químicos.



Nota. Se muestra el diagrama de correlación de los parámetros estudiados, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

#### Paso 4: Interpretación

De la tabla 44 y figura 21, se verifica que:

- ✓ El pH muestra fuerte relación positiva con la turbiedad, mientras que con la dureza y transparencia es negativa.
- ✓ Los sólidos disueltos totales (STD) tienen dependencia con la conductividad, mientras que el oxígeno disuelto (OD) y fosfatos reportaron relación inversa.
- ✓ La conductividad muestra fuerte relación inversa con OD y fosfatos.
- ✓ El oxígeno disuelto (OD) muestra regular relación positiva con los fosfatos y el IET (es decir el incremento de OD resulta en incremento de fosfatos y el IET).

- ✓ La turbiedad muestra relación inversa con la dureza y transparencia (es decir la turbiedad disminuye considerablemente la dureza y transparencia del agua), mientras que con el IET muestra regular relación positiva.
- ✓ Los fosfatos muestran regular relación con la transparencia y mediana relación inversa con la clorofila-a (es decir que la clorofila-a tiene dependencia del nivel de fosfatos).
- ✓ La dureza muestra dependencia de la clorofila-a, por ende, el IET también depende de la dureza.
- ✓ La transparencia muestra relación inversa con la clorofila-a y el IET.
- ✓ La clorofila-a tiene dependencia con el IET, esto se debe a que el desarrollo de clorofila-a depende de los nutrientes ricos en fosfatos y como consecuencia se incrementa el IET.

### **Paso 5: Conclusión**

De los resultados obtenidos se concluye con lo siguiente:

- ✓ **Se acepta la hipótesis nula ( $H_{0,1}$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_{A,1}$ ),** pues los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las cuatro lagunas no muestran diferencia significativa.
- ✓ **Se acepta la hipótesis nula ( $H_{0,1}$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_{A,1}$ ),** pues el resultado del índice trófico de las cuatro lagunas no muestra diferencia significativa.

### 5.3. Presentación de resultados

Los resultados se presentan en las tablas 45, 46, 47, 48 y 49.

**Tabla 45**

*Resultados de los parámetros físicos del año 2017.*

<b>Laguna Altoandina Represadas</b>	<b>Conductividad (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>Transparencia (m)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>Sólidos disueltos totales – STD (mg/L)</b>
Ccomercocha	13.56	1.56	36.02	6.88
Quellhuacocha	14.68	3.45	1.28	7.12
Huincoccocha	33.63	2.01	12.19	17.01
Yanacocha	15.89	2.41	15.93	7.89

*Nota.* Se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 46**

*Resultados de los parámetros físicos del año 2021.*

<b>Laguna Altoandina Represadas</b>	<b>Conductividad (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>Transparencia (m)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>Sólidos disueltos totales – STD (mg/L)</b>
Ccomercocha	13.69	1.57	36.17	6.89
Quellhuacocha	14.73	3.47	1.30	7.37
Huincoccocha	34.44	2.07	12.10	17.22
Yanacocha	15.74	2.50	16.23	7.85

*Nota.* Se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 47**

*Resultados de los parámetros químicos del año 2017.*

<b>Laguna Altoandina Represadas</b>	<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>	<b>Oxígeno disuelto (OD) (mg/L)</b>	<b>Clorofila-a (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>Nitratos (mg/L)</b>	<b>Fosfatos (mg/L)</b>	<b>Dureza (mg/L)</b>	<b>IET</b>
Ccomercocha	7.93	8.54	3.72	< L.D.	0.23	20.50	30.28
Quellhuacocha	7.68	5.65	1.52	< L.D.	0.26	30.52	24.25
Huincoccocha	7.67	4.14	6.06	< L.D.	0.14	38.83	27.39
Yanacocha	7.87	3.97	1.10	< L.D.	0.16	13.80	22.37

*Nota.* Se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 48***Resultados de los parámetros químicos del año 2021.*

<b>Laguna Altoandina Represadas</b>	<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>	<b>Oxígeno disuelto (OD) (mg/L)</b>	<b>Clorofila-a (µg/L)</b>	<b>Nitratos (mg/L)</b>	<b>Fosfatos (mg/L)</b>	<b>Dureza (mg/L)</b>	<b>IET</b>
Ccomercocha	8.02	8.57	3.72	< L.D.	0.24	20.67	29.74
Quellhuacocha	7.70	5.71	1.57	< L.D.	0.27	30.67	23.64
Huincoccocha	7.81	4.16	6.13	< L.D.	0.14	39.00	27.42
Yanacocha	7.70	4.12	1.11	< L.D.	0.17	14.00	21.94

*Nota.* Se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.**Tabla 49***Resultados del volumen de almacenamiento de las lagunas altoandinas represadas.*

<b>Lagunas Altoandinas Represadas</b>	<b>Volumen de almacenamiento (m<sup>3</sup>)</b>
Ccomercocha	140,500.25
Quellhuacocha	135,120.55
Huincoccocha	87,960.52
Yanacocha	154,686.21

*Nota.* Se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

- ✓ El efecto del represamiento no influye en la calidad del agua ni en el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021, puesto que no presentan relación significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ) con la mayoría de los parámetros tróficos, lo que indicaría que las lagunas no muestran contaminación por actividad antrópica y están dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA).
- ✓ Los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021, específicamente se encuentran en la categoría 4: conservación de lagunas de la sierra del Perú, lo que indicaría que las lagunas no muestran contaminación potencial por alguna fuente externa.
- ✓ La categoría del estado trófico del agua en las cuatro lagunas es oligotrófico, puesto que los resultados obtenidos del IET son menores que 30 en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021, así mismo se observó bajos niveles de clorofila-a y fósforo total, siendo característico de lagunas altoandinas, con poca productividad biológica y de aguas transparentes.
- ✓ El volumen de almacenamiento varía de 87 960.52 m<sup>3</sup> a 154 686.21m<sup>3</sup>, el cual tiene relación directa con la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas, puesto

que al ser lagunas pequeñas tienen poca profundidad, con un contenido adecuado de pH que oscila entre 7.70 a 8.02, oxígeno disuelto de 4.12 a 8.57 mg/L, clorofila-a de 1.11 a 6.13  $\mu\text{g/L}$ , fosfatos de 0.17 a 0.27 mg/L y valores de nitrato por debajo del límite de detección, los cuales garantizan que se tenga reserva de agua de calidad óptima para la alimentación de los acuíferos de las cuencas.

#### **RECOMENDACIONES:**

- ✓ Realizar monitoreos de las lagunas represadas cada año, a fin de conocer la dinámica de los parámetros fisicoquímicos, con los cuales se puede saber el estado trófico de las lagunas altoandinas represadas por el proyecto especial (IMA) y el (PLAN MERISS).
- ✓ Realizar estudios de los parámetros fisicoquímicos y el estado trófico de las aguas de las lagunas altoandinas de la región del Cusco antes de iniciar la construcción de las represas por parte del proyecto especial (IMA) y el (PLAN MERISS), con el objetivo de saber cómo está el agua antes de construir las represas y como va comportándose luego de su conclusión, de tal forma que se tenga conocimiento si se altera o no la calidad del agua de las lagunas altoandinas.
- ✓ Realizar estudios complementarios que no se realizaron en esta investigación, como es el caso del análisis de metales pesados, debido a la naturaleza mineralógica de la zona, los cuales afectan la calidad del agua para el consumo humano y animal.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aizaki, M., Otsuki, A., Fukushima, T., Hosomi, M. y Muraoka, K. (1981). Aplicación del índice de estado trófico de Carlson a lagos japoneses y relaciones entre el índice y otros parámetros. *Revista Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 21(1), 675-681.
- Álamo, B., Loza, S., Sánchez, M., Montalvo, J. F., García, I., Reyes, T. y Carmenate, M. (2013). Evaluación del estado trófico de seis bahías interiores del archipiélago Sabana Camaguey, Cuba, mediante el empleo de clorofila-a como bioindicador. *Revista Serie Oceanológica*, 13(1), 9-21. <http://hdl.handle.net/1834/12716>.
- APHA. (1992). *Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual*. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Atanacio Rojas, R. A. (2018). *Determinación de los parámetros físicos químicos para evaluar la calidad de agua en la laguna la encantada provincia de Huaura - 2016* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2226>.
- Benites E. S., Calderón, H. D., Cotos, D. E. y Salvador, M. (2013). Factores abióticos y su influencia en la eutrofización estacional en las aguas de la laguna la encantada, año 2013. *Repositorio de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/1625>.
- Bonanseña, M., Ledesma, C., Rodríguez, C. y Sánchez, Á. R. (2012). Concentración de clorofila-a y límite de zona fótica en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. *Revista Ambiente y Agua*, 7(3), 445-458. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.847>.
- Calazans Duarte, M. A. (1999). *Utilização dos índices do estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das Lagoas de Bonfim, Extremóz e Jiqui (RN)* [Tesis de Maestría, Universidad Federal de Paraíba]. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3437>.
- Cardona, A. J. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la cuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras* [Tesis de Maestría, Centro



Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3733>.

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Revista Limnology and Oceanography*, 22(2), 361–369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>.

Carvajal, G. (2011). *Ocurrencia de floraciones de cianobacterias tóxicas en cuerpos de agua dulce, Argentina. Estudio de campo y análisis de datos* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2702>.

Castillo Fernández, A. L. (2015). *Caracterización limnológica de la laguna Sausacocha (Huamachuco) – La Libertad, enero 2014 a julio 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4666>.

Chan C. A., Agraz, C. M., Pérez, R. A. y Gutiérrez, E. J. (2022). *Química Ambiental*. Ediciones ECORFAN Books. <https://doi.org/10.35429/b.2022.10.1.166>.

Chapa C., y Guerrero, R. (2014). Abundancia que mata: la eutrofización. *Revista Cómo Ves*, 134, 22-25. <https://www.researchgate.net/publication/236649916>.

Díaz, A. C. y Sotomayor, L. F. (2013). *Evaluación de la eutrofización de la laguna Conococha – Ancash a agosto de 2012* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].

[https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis\\_Diaz\\_y\\_Sotomayor\\_2013.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf).

Echeverría, F., Aguirre, N., Castaño, J. G., Valderrama, A. C., Peña, J. D. y Giudice, C. (2007). Caracterización fisicoquímica y biológica de la bahía de Cartagena en la zona de Mamonal para la evaluación de pinturas antiincrustantes en condiciones estáticas. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 39, 7–20. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n39/n39a01.pdf>.

Espinoza Manosalvas, C. (2013). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2156>.

- Estruch Benito, F. (2010). *Análisis de la clorofila a en el agua a partir de una imagen multispectral Quickbird en la zona costera de Gandia* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9176/Proyecto Final de Carrera - Clorofila a Quickbird.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9176/Proyecto%20Final%20de%20Carrera%20-%20Clorofila%20a%20Quickbird.pdf).
- Flores, L. M. y Espinoza, O. Y. (2021). *Evaluación del nivel de eutrofización en la laguna de Pacoccocha - Santa Ana, provincia de Castrovirreyna - Huancavelica 2021* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4428>.
- García, F. G., Miranda, V. y De la Rosa, I. (2018). Evaluación del estado trófico de los lagos del Nevado de Toluca mediante Sistemas de información Geográfica. *Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 224–246. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/3783>.
- Gómez Gómez, G. M. (2018). *Determinación del estado trófico actual de la laguna “Cube” a través de la cuantificación de parámetros químicos (fosfatos, nitratos, clorofila “a”) y transparencia Secchi* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15588>.
- Guevara G., Jara, C., Mercado, M. y Elliott, S. (2006). Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la Reserva Costera Valdiviana, Sur de Chile. *Revista del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile*.
- Gunkel, G. (2002). Limnología de un lago tropical de alta montaña en el Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación. *Revista de Biología Tropical*, 51(2), 381–390. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442003000200010&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442003000200010&script=sci_arttext&tlng=en).
- Herrera, J. A. y Lara, K. E. (2016). *Bioecología de la laguna Challhuacocha y su potencial de uso, en periodo de sequía, distrito de Conchucos (Ancash, Perú) 2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2575>.
- López, M. L. y Madroñero, S. M. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: Caso laguna de La Cocha. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21.

<https://doi.org/10.15665/re.v13i1.348>.

- Manrique Michca, E. M. (2020). *Diseño hidráulico del represamiento ancestral de la laguna de Cachu Cachu, Distrito de San Pedro de Casta, Provincia de Huarochirí* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4665>.
- Méndez, W., Córdova, J. y Bravo, L. (2015). Modelos predictivos de caudales máximos instantáneos para cuencas de drenaje de ambientes montañosos, sustentados en parámetros morfométricos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia*, 38(3), 229-238. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702015000300006&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702015000300006&script=sci_arttext).
- Mendoza, M. C., Martínez, J. M., Moreira, P., Bonnet, M. P., Espinoza, R., Villagra, A., Gwenaël, A. y Seyler, P. (2011). Monitoreo espacial y temporal del estado trófico de los lagos de planicies de inundación en la Amazonía central mediante sensores remotos. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto de la Universidad Nacional de Tucumán, INPE*, 5324–5331. <http://urlib.net/rep/3ERPFQRTRW/3A63D2B?languagebutton=em>.
- Moreira, J. Y. y Sabando, B. V. (2016). *Determinación del nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballén mediante índices de estado trófico* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/285>.
- Moreno, D. P., Quintero, J. y López, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Revista Contactos* 78(1), 25–33. <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>.
- Moreta Pozo, J. C. (2008). La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Ibarra 2008. *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/720>.
- Odum, E. P. y Barrett, G. W. (2006). *Fundamentos de ecología quinta edición*. Ediciones Thomson, 1–14.
- OMS. (1998). Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad Volumen 3. *Biblioteca de la Organización*

*Mundial de la Salud Ginebra*, 3, 271.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41985/9243545035-spa.pdf>.

Paredes, C., Iannacone, J. y Alvariano, L. (2005). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2), 219-225.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v31n2/v31n2a19.pdf>.

Pérez, R. A., Ortiz, K. A. y Xajil, C. R. (2016). Manual de prácticas de laboratorio. *Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. <https://www.academia.edu/30993571>.

Pulido, P. C. y Pinilla, G. A. (2017). Evaluación del estado trófico del salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 41. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.411>.

Roldán, G. y Ramírez, J. J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. *Editorial Universidad Católica de Oriente Antioquia*.

<https://repositorio.accefyn.org.co/bitstream/001/71/1/ACCEFVN-AC-spa-2008-Fundamentos%20de%20limnolog%C3%ADa%20neotropical.pdf>.

Salgado Costa, L. (2014). Variabilidad de la clorofila a en las aguas costeras de la Península Ibérica entre 1998 y 2007 usando datos de SeaWifs. *Congreso Nacional del Medio ambiente*.

<http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711648.pdf>.

Sánchez, Ó., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. *Repositorio del Instituto Nacional de Ecología de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo*. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>.

Sandoval Erazo, W. (2018). Diseño de obras Hidrotécnicas. *Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas*. <https://www.researchgate.net/publication/328891298>.

Sierra Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. *Repositorio de la Universidad de Medellín*. <http://hdl.handle.net/11407/2568>.

- Silva, A. R. E., Cobelas, M. Á. y González, E. M. (2017). Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Revista Científica de Ecología y medio ambiente - Ecosistemas*, 26(1), 37–44. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.06>.
- Solano Reynoso, A. M. (2021). *Monitoreo del índice de calidad de agua y su relación con la cafeína como contaminante emergente en la subcuenca del río Chumbao, Andahuaylas, Apurímac, Perú*. [Tesis doctoral, Universidad Andina del Cusco].  
<http://repositorio.uandina.edu.pe:8080/xmlui/handle/UAC/3945>.
- Streit, N., Ramírez, L. G., Queiroz, L., Jacob, E. y Queiroz, M. (2015). Producción de pigmentos naturales (clorofila-a) en biorrefinerías agroindustriales. *Revista Ciencia y Tecnología*, 8(2), 27–34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5327571>.
- Teves Aguirre, B. M. (2016). Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/17950>.
- Valcárcel Rojas, D. R. (2011). *Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1356>.
- Vásquez, W., Talavera, M. e Inga, M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa-Puno. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(1), 15–28. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2016000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- Vásquez, G. L., Herrera, L., Cantera, J. R., Galvis, A., Cardona, D. A. y Hurtado, I. C. (2012). Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24(1), 112–128.  
<https://www.revistaacsb.org/r/index.php/acsb/article/view/81>.
- Velásquez Guarniz, M. N. (2018). *Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores de Calidad de Agua En Lagunas de La Cabecera de Cuenca del Río Rímac y Cuenca Del Mantaro de la Región Central del Perú, 2015* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del

Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3137>.

Villalba, W., Marquez Rojas, B., Troccoli, L., Alzolar, M. y López, J. (2017). Composición y abundancia del zooplancton en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela. *Revista Peruana de Biología*, 24(4), 343–356. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i4.14062>.

Yaguachi Cuenca, T. M. (2013). *Diagnóstico Ambiental y desarrollo del Plan de Manejo y Conservación de la Subcuenca del río Chillayacu de la Cuenca Media del río Jubones en la provincia de El Oro* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282>.

Zouiten, H. (2012). *Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: Aplicación a masas de agua atlántica y mediterránea* [Tesis Doctoral, Universidad Cantabria].

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1239/TesisHZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Anexo 1**

*Matriz de consistencia.*

**Título:** Efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la región del Cusco en el 2021.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Operacionalización			Recolección de datos		Metodología	
						Dimensión	Indicadores	Unidad	Método	Técnica		Instrumento
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>									<b>Nivel:</b> Aplicado	
✓ ¿Cuál es el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la región del Cusco en el 2021?	✓ Analizar el efecto del represamiento en la calidad del agua y el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la región del Cusco en el 2021.	✓ El represamiento no afecta la calidad del agua ni el estado trófico de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la región del Cusco en el año 2021.		Son las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.	Es el estado del agua de las lagunas.						<b>Enfoque:</b> Cuantitativo y Cualitativo	
						Parámetros físicos	Conductividad	µS/cm	Electrodo selectivo (Conductímetro)	Medida en campo	Equipo Multiparámetro de campo.	<b>Tipo:</b> Correlacional
							Transparencia	m	Distancia visible	Medida en campo	Disco Sechi	<b>Diseño:</b>
							Turbiedad	NTU	Electrodo selectivo	Medida en campo	Equipo Multiparámetro de campo.	O <sub>1</sub>
							Sólidos disueltos totales	mg/L	Electrodo selectivo	Medida en campo	Equipo Multiparámetro de campo.	M r ↗ ↘ O <sub>2</sub>
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>	✓ <b>Calidad del agua</b>				Potencial de hidrógeno (pH)	---	Potenciométrico	Medida en laboratorio	Multiparámetro	Donde: O <sub>1</sub> , observación de la variable 1. O <sub>2</sub> , observación de la variable 2.
✓ ¿Como son los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, tomando en cuenta los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la	✓ Determinar los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua considerando los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la	✓ Los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua están dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacochoa, Huincoccocha y Yanacochoa de la					Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	Electrodo selectivo (oximetría)	Medida en campo	Equipo Multiparámetro de campo.	<b>Tamaño de muestra:</b> 4 lagunas altoandinas represadas.
						Parámetros químicos	Clorofila-a	mg/L	Espectrofotométrico	Medida en laboratorio	Espectrofotómetro UV-Vis	<b>Unidad de Análisis:</b> Agua de las 4 lagunas altoandinas represadas.
							Nitratos	mg/L	Reducción por columna de cadmio/Colorimétrico	Medida en laboratorio	Espectrofotómetro	
							Fosfatos	mg/L	Espectrométrico (método de ácido ascórbico)	Medida en laboratorio	Espectrofotómetro	

región del Cusco en el año 2021?	región del Cusco en el año 2021.	región del Cusco en el año 2021.				Dureza	mg/L	EPA 130.1	Medida en laboratorio	Espectrofotómetro	Técnicas estadísticas ANOVA y test Tukey.
✓ ¿Cuál es categoría del estado trófico del agua de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021?	✓ Determinar la categoría del estado trófico del agua en las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.	✓ La categoría del estado trófico del agua es oligotrófico de las lagunas altoandinas represadas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.	✓ <b>Estado trófico de las lagunas altoandinas.</b>	Es la relación entre el estado de nutrientes en un lago y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo.	Cantidad de nutrientes y materia orgánica de las lagunas.	Eutrofización	---	Calculo indirecto	Calculo indirecto	Ecuación	
<b>Independientes</b>											
✓ ¿Cuál es la relación entre el volumen de almacenamiento y la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021?	✓ Determinar la relación entre el volumen de almacenamiento y la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.	✓ El volumen de almacenamiento tiene relación directa con la calidad del agua represada de las lagunas altoandinas de Ccomercocha, Quellhuacocha, Huincoccocha y Yanacocha de la región del Cusco en el año 2021.	✓ <b>Represamiento de las lagunas altoandinas.</b>	Es una infraestructura que tiene la finalidad de contener o retener el agua de su flujo normal.	Infraestructura construida para retener agua.	Volumen de almacenamiento.	Volumen de agua	m <sup>3</sup>	Levantamiento topográfico	Medida en campo	Batimetría.

Nota. Se muestra la matriz de consistencia. Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 2**

*Resumen del análisis estadístico para la conductividad.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Conductividad</b>
Ccomercocha	R1	13.670
Ccomercocha	R2	13.690
Ccomercocha	R3	13.710
Quellhuacocha	R1	14.720
Quellhuacocha	R2	14.730
Quellhuacocha	R3	14.750
Huincoccocha	R1	34.430
Huincoccocha	R2	34.440
Huincoccocha	R3	34.450
Yanacocha	R1	15.720
Yanacocha	R2	15.750
Yanacocha	R3	15.760

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	13.69	± 0.02	0.15	a
Quellhuacocha	14.73	± 0.02	0.10	b
Huincoccocha	34.44	± 0.01	0.03	c
Yanacocha	15.74	± 0.02	0.13	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	881.104	293.701	1006976.040	0.000
Error	8	0.002	0.000		
Total	11	881.106			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de la conductividad, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 3**

*Resumen del análisis estadístico para la transparencia.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Transparencia</b>
Ccomercocha	R1	1.600
Ccomercocha	R2	1.500
Ccomercocha	R3	1.600
Quellhuacochoa	R1	3.500
Quellhuacochoa	R2	3.400
Quellhuacochoa	R3	3.500
Huincoccocha	R1	2.000
Huincoccocha	R2	2.100
Huincoccocha	R3	2.100
Yanacochoa	R1	2.400
Yanacochoa	R2	2.500
Yanacochoa	R3	2.500

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	1.57	± 0.06	3.69	a
Quellhuacochoa	3.47	± 0.06	1.67	b
Huincoccocha	2.07	± 0.06	2.79	c
Yanacochoa	2.47	± 0.06	2.34	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	5.843	1.948	584.250	0.000
Error	8	0.027	0.003		
Total	11	5.869			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de la transparencia, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 4***Resumen de análisis estadístico para la turbiedad.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Turbiedad</b>
Ccomercocha	R1	36.100
Ccomercocha	R2	36.000
Ccomercocha	R3	36.400
Quellhuacocha	R1	1.300
Quellhuacocha	R2	1.400
Quellhuacocha	R3	1.200
Huincoccocha	R1	12.500
Huincoccocha	R2	12.000
Huincoccocha	R3	11.800
Yanacocha	R1	16.800
Yanacocha	R2	16.300
Yanacocha	R3	15.600

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	36.17	± 0.21	0.58	a
Quellhuacocha	1.30	± 0.10	7.69	b
Huincoccocha	12.10	± 0.36	2.98	c
Yanacocha	16.23	± 0.60	3.71	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	1911.720	637.239	4662.720	0.000
Error	8	1.090	0.137		
Total	11	1912.810			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de la turbiedad, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 5**

*Resumen de análisis estadístico para sólidos disueltos totales.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>STD</b>
Ccomercocha	R1	6.880
Ccomercocha	R2	6.895
Ccomercocha	R3	6.907
Quellhuacochoa	R1	7.362
Quellhuacochoa	R2	7.372
Quellhuacochoa	R3	7.372
Huincoccocha	R1	17.210
Huincoccocha	R2	17.220
Huincoccocha	R3	17.220
Yanacochoa	R1	7.850
Yanacochoa	R2	7.851
Yanacochoa	R3	7.858

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	6.89	± 0.01	0.20	a
Quellhuacochoa	7.37	± 0.01	0.08	b
Huincoccocha	17.22	± 0.01	0.03	c
Yanacochoa	7.85	± 0.00	0.06	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	219.449	73.150	1089075.830	0.000
Error	8	0.001	0.000		
Total	11	219.449			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de los sólidos disueltos totales, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 6**

*Resumen de análisis estadístico para el pH.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>pH</b>
Ccomercocha	R1	8.018
Ccomercocha	R2	8.016
Ccomercocha	R3	8.014
Quellhuacocha	R1	7.707
Quellhuacocha	R2	7.701
Quellhuacocha	R3	7.698
Huincoccocha	R1	7.723
Huincoccocha	R2	7.726
Huincoccocha	R3	7.727
Yanacocha	R1	7.980
Yanacocha	R2	7.976
Yanacocha	R3	7.973

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	8.02 ± 0.00	0.00	0.02	a
Quellhuacocha	7.70 ± 0.00	0.00	0.06	b
Huincoccocha	7.73 ± 0.00	0.00	0.03	c
Yanacocha	7.98 ± 0.00	0.00	0.04	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	0.243	0.081	7763.060	0.000
Error	8	0.000	0.000		
Total	11	0.243			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados del pH se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 7***Resumen de análisis estadístico para OD.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>OD</b>
Ccomercocha	R1	8.550
Ccomercocha	R2	8.560
Ccomercocha	R3	8.600
Quellhuacochoa	R1	5.710
Quellhuacochoa	R2	5.700
Quellhuacochoa	R3	5.720
Huincoccocha	R1	4.210
Huincoccocha	R2	4.170
Huincoccocha	R3	4.110
Yanacochoa	R1	4.100
Yanacochoa	R2	4.030
Yanacochoa	R3	4.230

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	8.57	± 0.03	0.31	a
Quellhuacochoa	5.71	± 0.01	0.18	b
Huincoccocha	4.16	± 0.05	1.21	c
Yanacochoa	4.12	± 0.10	2.46	c

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	39.242	13.081	3837.870	0.000
Error	8	0.027	0.003		
Total	11	39.270			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados del OD, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 8***Resumen de análisis estadístico para clorofila-a.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Clorofila-a</b>
Ccomercocha	R1	4.369
Ccomercocha	R2	3.884
Ccomercocha	R3	2.913
Quellhuacochoa	R1	1.816
Quellhuacochoa	R2	1.816
Quellhuacochoa	R3	1.090
Huincoccocha	R1	6.495
Huincoccocha	R2	6.495
Huincoccocha	R3	5.412
Yanacochoa	R1	1.108
Yanacochoa	R2	1.329
Yanacochoa	R3	0.886

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	3.72	± 0.74	19.92	a
Quellhuacochoa	1.57	± 0.42	26.65	b
Huincoccocha	6.13	± 0.62	10.19	c
Yanacochoa	1.11	± 0.22	20.00	b

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	47.648	15.883	54.510	0.000
Error	8	2.331	0.291		
Total	11	49.979			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de la clorofila-a se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 9**

*Resumen de análisis estadístico para fosfatos.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Fosfatos</b>
Ccomercocha	R1	0.220
Ccomercocha	R2	0.240
Ccomercocha	R3	0.250
Quellhuacocha	R1	0.260
Quellhuacocha	R2	0.260
Quellhuacocha	R3	0.280
Huincoccocha	R1	0.140
Huincoccocha	R2	0.120
Huincoccocha	R3	0.150
Yanacocha	R1	0.160
Yanacocha	R2	0.180
Yanacocha	R3	0.170

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	0.24	± 0.02	6.45	a
Quellhuacocha	0.27	± 0.01	4.33	a
Huincoccocha	0.14	± 0.02	11.18	b
Yanacocha	0.17	± 0.01	5.88	b

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	0.032	0.011	61.000	0.000
Error	8	0.001	0.000		
Total	11	0.033			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de fosfatos, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 10**

*Resumen de análisis estadístico para dureza.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>Dureza</b>
Ccomercocha	R1	20.000
Ccomercocha	R2	21.000
Ccomercocha	R3	21.000
Quellhuacocha	R1	30.000
Quellhuacocha	R2	32.000
Quellhuacocha	R3	30.000
Huincoccocha	R1	38.000
Huincoccocha	R2	39.000
Huincoccocha	R3	40.000
Yanacocha	R1	13.000
Yanacocha	R2	14.000
Yanacocha	R3	15.000

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>
Ccomercocha	20.67	± 0.58	2.79	a
Quellhuacocha	30.67	± 1.15	3.77	b
Huincoccocha	39.00	± 1.00	2.56	c
Yanacocha	14.00	± 1.00	7.14	d

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	1089.580	363.194	396.210	0.000
Error	8	7.330	0.917		
Total	11	1096.920			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados de la dureza, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 11**

*Resumen de análisis estadístico para el IET.*

<b>Laguna</b>	<b>Replica</b>	<b>IET</b>
Ccomercocha	R1	29.864
Ccomercocha	R2	30.207
Ccomercocha	R3	29.153
Quellhuacochoa	R1	24.033
Quellhuacochoa	R2	24.172
Quellhuacochoa	R3	22.718
Huincoccocha	R1	27.913
Huincoccocha	R2	26.937
Huincoccocha	R3	27.414
Yanacochoa	R1	21.896
Yanacochoa	R2	22.862
Yanacochoa	R3	21.072

<b>Laguna</b>	$\bar{x}$	$s$	<b>CV (%)</b>	<b>Agrupación</b>	<b>Estado trófico</b>
Ccomercocha	29.74	± 0.54	1.81	a	Oligotrófico
Quellhuacochoa	23.64	± 0.80	3.39	b	Oligotrófico
Huincoccocha	27.42	± 0.49	1.78	c	Oligotrófico
Yanacochoa	21.94	± 0.90	4.08	b	Oligotrófico

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajustado</b>	<b>MC Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-value</b>
Lagunas	3	112.944	37.648	76.330	0.000
Error	8	3.946	0.493		
Total	11	116.890			

*Nota.* Para el análisis de datos y obtención de resultados del IET, se utilizó el programa Minitab. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 12***Panel fotográfico laguna Ccomercocha.*

*Nota.* Preparación de sensores del multiparámetro. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de parámetros fisicoquímicos con el multiparámetro.  
Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos.  
Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de la transparencia con Disco de Secchi. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Levantamiento topográfico de la laguna Ccomercocha. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Vista aérea de la laguna Ccomercocha, tomada con Dron. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 13***Panel fotográfico Laguna Quellhuacocha.*

*Nota.* Toma de muestras de agua. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de parámetros fisicoquímicos. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Conservación de muestras de agua. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de la transparencia con disco de Secchi. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Levantamiento topográfico de la laguna Quellhuacocha. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Vista aérea de la laguna Quellhuacocha, tomada con Dron. Fuente: Elaboración propia



**Anexo 14***Panel fotográfico Laguna Huincococha.*

*Nota.* Medida de parámetros fisicoquímicos. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de la transparencia con disco de Sechi. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Toma de muestras de agua. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Conservación de muestras de agua. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Levantamiento topográfico de la laguna Huincococha.  
Fuente: Elaboración propia.



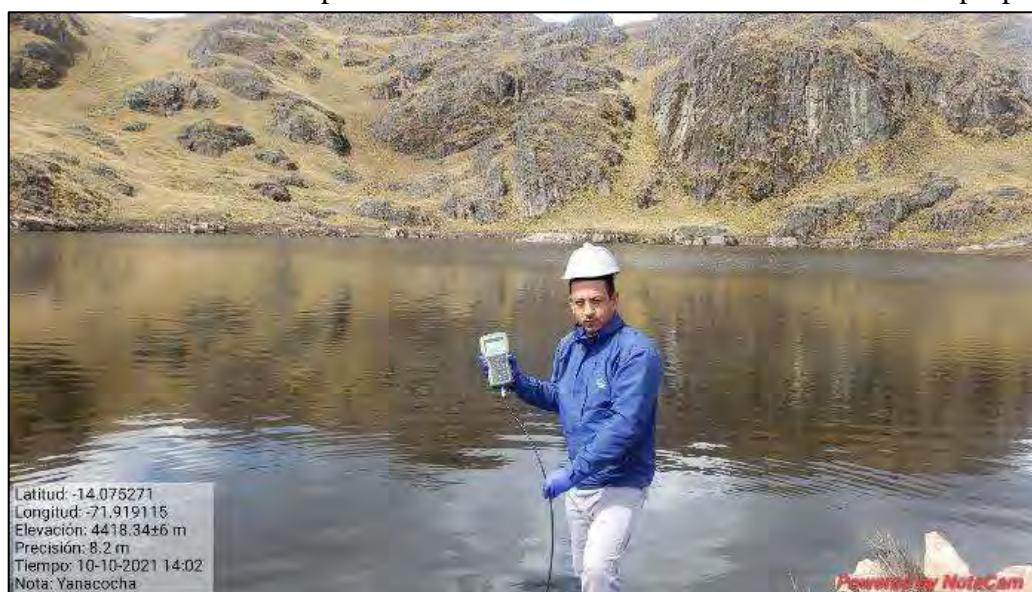
*Nota.* Vista aérea de la laguna Huincococha, tomada con Dron.  
Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 15

### Panel fotográfico Laguna Yanacocha.



*Nota.* Medida de la transparencia con disco de Sechi. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Medida de parámetros fisicoquímicos. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Toma de muestras de agua. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Equipo de trabajo para la toma de muestras. Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Levantamiento topográfico de la laguna Yanacocha.  
Fuente: Elaboración propia.



*Nota.* Vista aérea de la laguna Yanacocha, tomada con Dron.  
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 16**

*Resultados del Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas de la Universidad Nacional José María Arguedas de Apurímac (Resultados del año 2021).*



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL  
Y ANÁLISIS DE AGUAS**



**INFORME DE ENSAYO N° 012-2021**

**Solicitado por:** Michel Palma Vargas

**Muestreado por:** Investigador

**Fecha de muestreo:** 09/10/2021 y 10/10/2021

**Fecha de recepción de muestras:** 11/10/2021

**Fecha de inicio de análisis:** 11/10/2021

**Tipo de análisis:** Laboratorio

**Lugar de muestreo:** Lagunas altoandinas – Región del Cusco.

**DE LA MUESTRA**

Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de agua	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
Ccomercocha	L1	Refrigerada	AS	09/10/2021	10:56
Quellhuacocha	L2	Refrigerada	AS	09/10/2021	14:41
Huincoccocha	L3	Refrigerada	AS	10/10/2021	10:42
Yanacocha	L4	Refrigerada	AS	10/10/2021	14:02

\* AS: Agua superficial.

**RESULTADOS**

Muestra	PARÁMETROS FÍSICOS			
	Conductividad (µS/cm)	Transparencia (m)	Turbiedad (NTU)	STD (mg/L)
L1	13.670	1.600	36.100	6.880
	13.690	1.500	36.000	6.895
	13.710	1.600	36.400	6.907
L2	14.720	3.500	1.300	7.362
	14.730	3.400	1.400	7.372
	14.750	3.500	1.200	7.372
L3	34.430	2.000	12.500	17.210
	34.440	2.100	12.000	17.220
	34.450	2.100	11.800	17.220
L4	15.720	2.400	16.800	7.850
	15.750	2.500	16.300	7.851
	15.760	2.500	15.600	7.858
Método	Electrodo selectivo	Disco Secchi	Electrodo selectivo	Electrodo selectivo



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL  
Y ANÁLISIS DE AGUAS



Muestra	PARÁMETROS QUÍMICOS					
	pH	OD (mg/L)	Clorofila-a (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Dureza (mg/L)
L1	8.018	8.550	4.369	<LD	0.220	20.000
	8.016	8.560	3.884	<LD	0.240	21.000
	8.014	8.600	2.913	<LD	0.250	21.000
L2	7.707	5.710	1.816	<LD	0.260	30.000
	7.701	5.700	1.816	<LD	0.260	32.000
	7.698	5.720	1.090	<LD	0.280	30.000
L3	7.723	4.210	6.495	<LD	0.140	38.000
	7.726	4.170	6.495	<LD	0.120	39.000
	7.727	4.110	5.412	<LD	0.150	40.000
L4	7.980	4.100	1.108	<LD	0.160	13.000
	7.976	4.030	1.329	<LD	0.180	14.000
	7.973	4.230	0.886	<LD	0.170	15.000
Método	Potencio métrico	Electrodo selectivo	Espectrofotométrico	Reducción por cadmio	Ácido ascórbico	EPA 130.1

<LD: Bajo el límite de detección.

**COMENTARIO:** Los análisis se realizaron de acuerdo a los métodos mencionados en los resultados.

Andahuaylas, 15 de octubre de 2021.

  
 Ing. Diego E. Peralta Guevara  
 CIP. N° 233878  
 Especialista LICAA

Servicio pagado por depósito en CTA corriente BN de la UNAJMA, N° OP: 0919919 de fecha 17/09/2021.



## Anexo 17

Resultados del análisis fisicoquímico del agua de las lagunas, los cuales fueron ejecutados por la empresa URANO GROUP S.A.C. (Resultados del año 2017).



ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS LAGUNAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACOCHA, HUINCOCOCHA Y YANACOCHA



### INFORME DE LABORATORIO N° 008-2017

#### I. AREA DE ESTUDIO

##### I.1 UBICACIÓN POLÍTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende los distritos de San Pablo, Pitumarca, Ccapi y Accha, de las provincias de Canchis y Paruro, de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 1: UBICACIÓN POLÍTICA

PROVINCIA	DISTRITO	MICROCUENCA	LAGUNA
Canchis	Pitumarca	Songoña	Quellhuacocha
	San Pablo	Pucutuni	Ccomercocha
Paruro	Ccapi	Huatta - Coyabamba	Huincoccocha
	Accha	Parco	Yanacocha

#### II. UBICACIÓN FÍSICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Las estaciones de muestreo de acuerdo a las coordenadas de ubicación, por punto evaluado para el agua de las lagunas se presentan a continuación:

TABLA 2: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS POR LAGUNA

N°	COD. ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84			LAGUNA	MICROCUENCA	DISTRITO	IE
		NORTE	ESTE	ZONA				
01	CA-01	8449902	0245747	19 L	Quellhuacocha	Pucutuni	Pitumarca	IE-19-8170
02	CA-02	8450463	0244686	19 L	Quellhuacocha	Pucutuni	Pitumarca	IE-19-8170
03	CA-03	8450060	0245219	19 L	Quellhuacocha	Pucutuni	Pitumarca	IE-19-8170
04	CA-04	8434266	0253878	19 L	Ccomercocha	Songoña	San Pablo	IE-19-8224
05	CA-05	8432829	0252900	19 L	Ccomercocha	Songoña	San Pablo	IE-19-8224
06	CA-06	8432681	0253008	19 L	Ccomercocha	Songoña	San Pablo	IE-19-8224
07	CA-07	8465752	0175824	19 L	Huincoccocha	Huatta Coyabamba	Ccapi	IE-19-8297
08	CA-08	8465785	0175816	19 L	Huincoccocha	Huatta Coyabamba	Ccapi	IE-19-8297
09	CA-09	8465771	0175885	19 L	Huincoccocha	Huatta Coyabamba	Ccapi	IE-19-8297
10	CA-10	8442043	0184429	19 L	Yanacocha	Parco	Accha	IE-19-8357
11	CA-11	8442051	0184652	19 L	Yanacocha	Parco	Accha	IE-19-8357
12	CA-12	8442043	0184429	19 L	Yanacocha	Parco	Accha	IE-19-8357

Dirección: Pasaje Los Libertadores J\_3\_9, AV SAN ANTONIO (cerca al Colegio Bolívariano)  
Teléfonos celulares: 984278232 RPC – 977502473  
Teléfono fijo: 084-773548



Distrito: San Sebastián – Cusco  
Email: uranogroupconsulting@gmail.com  
uraniconsultoresambientalesmail.com



ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DE LAS LAGUNAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACOCHA, HUINCOCOCHA Y YANACOCHA



**TABLA 3: FOTOGRAFÍAS DE LA TOMA DE MUESTRAS DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS**



Medición de transparencia Quellhuacocha



Medición de transparencia Ccomercocha



Medición de transparencia Huincococha



Medición de transparencia Yanacocha



Medición de parámetros en campo



Medición de parámetros en campo



ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS LAGUNAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACOCHA, HUINCOCCOCHA Y YANACOCHA



### III. RESULTADOS

**TABLA 4: RESULTADOS CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA LAGUNA CCOMERCOCHA**

PARÁMETRO	UNIDAD	CA1	CA2	CA3	VALORES DE ECA
Temperatura	°C	16.9	10.4	8.1	Δ3
pH	pH	7.921	8.003	7.879	6.5-8.5
Conductividad	(μS/cm)	13.125	14.023	13.526	2500
Transparencia	m	1.562	1.482	1.622	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.600	8.298	8.723	>=4
Clorofila-a	mg/L	4.473	3.782	2.891	-
Nitratos (NO3)	mg/L	0.221	0.236	0.247	13
Fosfatos	mg/L	0.001	0.001	0.002	<=0,1
Turbidez	UNT	35.955	36.123	35.968	<=5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	6.725	6.910	7.004	1000
Dureza	mg/L	19.864	20.687	20.952	<= 400
Calcio	mg/L	24.321	30.386	17.704	-
Magnesio	mg/L	0.001	0.002	0.002	-
Sodio	mg/L	1.965	2.489	3.457	-
Cloruro	mg/L	<5	<5	<5	500
Sulfato	mg/L	69.24	75	77.3	250
Carbonatos	mg/L	<5	<5	<5	-
Bicarbonatos	mg/L	42	69	39	518

**TABLA 5: RESULTADOS CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA LAGUNA QUELLHUACOCHA**

PARÁMETRO	UNIDAD	CA4	CA5	CA6	VALORES DE ECA
Temperatura	°C	11.5	12.4	9.2	Δ3
pH	pH	7.685	8.007	7.356	6.5-8.5
Conductividad	(μS/cm)	14.252	15.157	14.625	2500
Transparencia	m	3.614	3.352	3.398	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.526	5.783	5.642	>=4
Clorofila-a	mg/L	1.725	1.782	1.063	-
Nitratos (NO3)	mg/L	0.3258	0.266	0.261	13
Fosfatos	mg/L	0.001	0.001	0.002	<=0,1
Turbidez	UNT	1.256	1.397	1.198	<=5



ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS  
LAGUNAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACocha, HUINCOCCHOA Y YANACocha



Sólidos Totales Disueltos	mg/L	7.219	7.036	7.102	1000
Dureza	mg/L	29.864	31.932	29.768	<= 400
Calcio	mg/L	9.230	3.016	9.230	-
Magnesio	mg/L	2.591	0.843	2.591	-
Sodio	mg/L	1.369	1.553	1.369	-
Cloruro	mg/L	<5	<5	<5	500
Sulfato	mg/L	85.2	68.35	78.4	250
Carbonatos	mg/L	<5	<5	<5	-
Bicarbonatos	mg/L	24	31	28	518

**TABLA 6: RESULTADOS CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA LAGUNA HUINCOCCHOA**

PARÁMETRO	UNIDAD	CA7	CA8	CA9	VALORES DE ECA
Temperatura	°C	8.6	10.24	11.04	Δ3
pH	pH	7.685	7.723	7.591	6.5-8.5
Conductividad	(μS/cm)	33.867	32.951	34.058	2500
Transparencia	m	1.987	2.011	2.023	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.009	4.267	4.138	>=4
Clorofila-a	mg/L	6.445	6.396	5.342	-
Nitratos (NO3)	mg/L	0.138	0.121	0.147	13
Fosfatos	mg/L	0.002	0.001	0.001	<=0,1
Turbidez	UNT	12.954	11.863	11.762	<=5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	16.854	17.221	16.968	1000
Dureza	mg/L	37.895	38.641	39.965	<= 400
Calcio	mg/L	7.287	5.234	3.249	-
Magnesio	mg/L	0.067	0.254	1.032	-
Sodio	mg/L	1.101	1.002	1.143	-
Cloruro	mg/L	<5	<5	<5	500
Sulfato	mg/L	65.234	76.28	55.941	250
Carbonatos	mg/L	<5	<5	<5	-
Bicarbonatos	mg/L	18	14	27	518



ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS LAGUNAS DE CCOMERCOCHA, QUELLHUACOCHA, HUINCOCCOCHA Y YANACOCHA



**TABLA 7: RESULTADOS CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA LAGUNA YANACOCHA**

PARÁMETRO	UNIDAD	CA10	CA11	CA12	VALORES DE ECA
Temperatura	°C	9.5	8.5	10.23	Δ3
pH	pH	7.58	7.824	8.193	6.5-8.5
Conductividad	(μS/cm)	16.364	15.267	16.032	2500
Transparencia	m	2.346	2.419	2.475	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.969	3.867	4.065	>=4
Clorofila-a	mg/L	1.127	1.298	0.873	-
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0.153	0.172	0.169	13
Fosfatos	mg/L	0.001	0.001	0.002	<=0,1
Turbidez	UNT	16.853	15.967	14.967	<=5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	7.684	8.120	7.871	1000
Dureza	mg/L	12.654	13.877	14.882	<= 400
Calcio	mg/L	16.530	12.350	11.243	-
Magnesio	mg/L	0.932	0.354	0.849	-
Sodio	mg/L	2.102	1.854	1.756	-
Cloruro	mg/L	<5	<5	<5	500
Sulfato	mg/L	12	14.36	18.27	250
Carbonatos	mg/L	<5	<5	<5	-
Bicarbonatos	mg/L	16	17.5	21.6	518

Cusco, 10 de octubre del 2017.

INGENIERÍA SOSTENIBLE

Autor: Lindsay Noé C.  
Cargo: Supervisor de Lab. Hidrobiología

Revisión: José Luis Chipana  
Cargo: Director Técnico





**INACAL**  
Instituto Nacional de Calidad  
Acreditación

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

**ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**

Prolongación Zaramilla Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

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

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019

Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023



ESTELA CONTRERAS INGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

Cedula N° : 0347-2019-INACAL-DA  
 Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
 PDUJ-16-INACAL-DA  
 Registro N° : LI 096

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y solo de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: [www.inacal.gob.pe/la-credenciacion/categoria-credenciada](http://www.inacal.gob.pe/la-credenciacion/categoria-credenciada) al momento de su uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-01-01P-02-MAR-19  
 DE-LAB-06  
 Documento de alcance de acreditación

**Anexo 19**

Traducción Certificada TC N° 1598-2019 de la validación de instrumentos y métodos empleados.





INTERNATIONAL  
ACCREDITATION  
SERVICE®

# CERTIFICATE OF ACCREDITATION

*This is to attest that*

## ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

OFFICE: PROLONGACION ZARUMILLA MZ D2 LOTE 3  
BELLAVISTA-PROV. CONSTITUCIONAL DEL CALLAO-LIMA, PERU  
LABORATORY: AV. GUARDIA CHALACA NO. 1877 BELLAVISTA, PROV.  
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, LIMA, PERU

Testing Laboratory TL-833

has met the requirements of AC89, IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation on the following pages.

*This certificate is valid up to February 1, 2022.*

This accreditation certificate supersedes any IAS accreditation bearing an earlier effective date. The certificate becomes invalid upon suspension, cancellation or revocation of accreditation. See [www.iasonline.org](http://www.iasonline.org) for current accreditation information, or contact IAS at 562-364-8201.



**Raj Nathan**  
President



DE-LAB-56-1

DNC: Documento No controlado



**Anexo 20***Validación de instrumentos y métodos empleados.*


**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
CTP N° 456

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019  
Página 1 de 22

**International Accreditation Service® (IAS)**

**CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN**

Se certifica que

**Analytical Laboratory E.I.R.L.**  
Oficina: Prolongación Zarumilla Mz D2 lote 3 Bellavista-Callao-Lima, Perú  
Laboratorio: Av. Guardia Chalaca N° 1877 Bellavista, Prov.  
Constitucional del Callao, Lima, Perú

Laboratorio de Ensayo TL-833

ha cumplido los requisitos de AC89, *Criterios para la Acreditación de Laboratorios de Ensayo del IAS*, y ha demostrado cumplimiento de la Norma ISO/IEC 17025:2005, *Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración*. Esta organización está acreditada para brindar los servicios que se especifican en el alcance de la acreditación en las siguientes páginas.

*Este certificado es válido hasta el 1 de febrero de 2022.*

Este certificado de acreditación reemplaza cualquier acreditación del IAS que tenga una fecha de entrada en vigencia anterior. El certificado deja de ser válido después de la suspensión, cancelación o revocación de la acreditación.  
Consultar [www.iasonline.org](http://www.iasonline.org) para más información sobre la acreditación vigente o contactarse con el IAS al 562-364-8201.

(Logo)  
**International Accreditation  
Service® (IAS)**

(Logo)  
**ilac-MRA**

(Firma)  
**Raj Nathan  
Presidente**



Av. Amaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300253  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)



**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 2 de 22

**International Accreditation Service® (IAS)**

**ALCANCE DE ACREDITACIÓN**

Número de acreditación del IAS	TL-833
Nombre de la empresa	Analytical Laboratory E.I.R.L.
Dirección	Oficina: Prolongación Zarumilla Mz D2 lote 3 Bellavista-Callao, Perú Laboratorio: Av. Guardia Chalaca N° 1877 Bellavista, Prov. Constitucional del Callao, Lima, Perú
Nombre de contacto	Brenda P. Ruiz
Teléfono	511-713-0636
Fecha de vigencia del alcance	18 de noviembre de 2019
Norma de Acreditación	ISO/IEC 17025:2005

**Química ambiental - Inorgánicos**

**Sedimentos, lodos y suelos**

**MÉTODO EPA 3050B / MÉTODO EPA 200.7**

Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos, determinación de metales y oligoelementos en agua y desperdicios por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.

ALAB-LAB-33  
(MÉTODO EPA 3050B / MÉTODO EPA 200.7)

Determinación en metales en la calidad de Suelo, Lodo y Sedimentos basados en el Método EPA 3050 / 200.7

**Metales**

Elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Ti, V, Zn, B, Si y SiO<sub>2</sub> (por cálculo)

Elementos agregados: As, Bi, Ce, Li, P, Se, Sn, Sr, Ti, U (Validado)

(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)

**Química ambiental - Inorgánicos**

**Agua natural, agua potable, agua salina, agua procesada y residual**

Av. Amalfo Márquez N° 971, Dpto. 3 - Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

*P. Rocio*  
MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 3 de 22

<p><b>Método EPA 200.7</b></p>           <p>ALAB-LAB-29 (Método EPA 200.7)</p>	<p>Determinación de metales y oligoelementos en agua y desperdicios por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.</p> <p>Determinación de metales en agua basado en el Método EPA 200.7</p> <p>Metales disueltos: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, SiO<sub>2</sub>, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Hg.</p> <p>Elementos agregados: U, Bi (Validado)</p> <p>Total, de Metales: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, SiO<sub>2</sub>, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Hg.</p> <p>Elementos agregados: U, Bi (Validado)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>SMEWW 4500-S2- D, H</p>	<p>Método del azul de metileno de sulfuro de hidrógeno no ionizado. Cálculo del sulfuro de hidrógeno no ionizado.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>SMEWW 4500-N C</p>	<p>Nitrógeno Total: Método del persulfato</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>SMEWW 2310 B</p>	<p>Acidez: Método de valoración</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>SMEWW 2530 B</p>	<p>Flotadores de partículas</p> <p>(Recopilación de datos de campo)</p>
<p>UNE-EN ISO 748</p>	<p>Medición del flujo de líquido en canales abiertos usando medidores de corriente o flotadores.</p> <p>Flujo</p> <p>(Recopilación de datos de campo).</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 4 de 22

<b>Química ambiental - Inorgánicos</b>	
<b>Agua potable, agua natural, agua residual, agua salina</b>	
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-SiO <sub>2</sub> C. 23ra Ed.	Silice (SiO <sub>2</sub> ) por el método del molibdosilicato.  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
MVAL-LAB-37 / 2019 (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-SiO <sub>2</sub> C. 23ra Ed. VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)	Silicatos (Si-SiO <sub>3</sub> ; SiO <sub>3</sub> ) por el método del molibdosilicato.  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
<b>Química ambiental - Inorgánicos</b>	
<b>Aire - Atmósfera/Emisión/Fuentes estacionarias</b>	
CTM-034 / 1999	Método de prueba del ICAC para monitoreo periódico. Método de prueba - Determinación de oxígeno, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de fuentes estacionarias para monitoreo periódico (Procedimiento con analizador electroquímico portátil).  NO <sub>x</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub>  (Recopilación de datos de campo + Medición de campo)
<b>MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4</b>	Determinación de metales en materia de partícula ambiental usando espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (ICP).
ALAB-LAB-30 (MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4)	Determinación de metales en filtros de calidad del aire y ambientales (volumen alto, volumen bajo) - basado en el MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4.  <b>Metales</b>  <u>Elementos de alto volumen:</u> (PTS, PM10, PM2.5): Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, Ti, V, Zn, Hg. <u>Elementos agregados:</u> SiO <sub>2</sub> (Validado)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Amalto Márquez N° 971. Dpto. 3 - Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 5 de 22

	<p>Determinación de metales en materia de partícula ambiental mediante espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (ICP).</p> <p>Determinación de metales en filtros de calidad del aire y ambientales (alto volumen, bajo volumen) - basado en el MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4.</p> <p><b>Metales</b></p> <p><u>Elementos de bajo volumen:</u>  (PM10, PM2.5): Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Hg, SiO2 (Validado).</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>ALAB-LAB-30  <b>(MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4)</b></p>	<p>Determinación de metales en filtros de calidad de aire y ambientales (alto volumen, bajo volumen) basados en el MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4.</p> <p><b>Determinación de Metales</b></p> <p><u>Elementos de alto volumen:</u> (PTS, PM10, PM2.5): Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Hg, SiO2 (Validado).</p> <p>(Pruebas de laboratorio)</p>
	<p>Determinación de metales en filtros de Calidad de Aire y Ambientales (alto volumen, bajo volumen) basados en el MÉTODO DEL COMPENDIO DE LA EPA IO-3.4.</p> <p><b>Determinación de metales</b></p> <p><u>Elementos de bajo volumen:</u> (PM10, PM2.5): Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, Tl, V, Zn, Hg, SiO2. (Validado).</p>

Av. Amaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular: 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

*P. Oro*  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 6 de 22

	(Pruebas de laboratorio)
Método EPA 7 / 2019	Determinación de las emisiones de óxido de nitrógeno de fuentes estacionarias.  Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> )  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
MVAL-LAB-38 / 2019 (Método EPA 8: 2019, VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)	Determinación de la emisión de ácido sulfúrico y dióxido de azufre de fuentes estacionarias.  Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> ) (incluyendo emisiones de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y SO <sub>3</sub> )  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
Método EPA 18 / 2019	Medición de emisiones de compuestos orgánicos gaseosos mediante cromatografía de gases.  <b>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</b> Etilbenceno Estireno Cis-1,3-Dicloropropeno Trans-1,3-Dicloropropeno (m + p) Xileno 1,2-Dicloroetano Acetato de vinilo Tolueno Clorobenceno Clorodibromometano Tetracloroetano Cis-1,2-Dicloroetano Benceno Trans-1,2-Dicloroetano Tetracloruro de carbono Acetona Cloroformo 1,1,1-Tricloroetano Tolueno Bromoclorometano Cloruro de vinilo Disulfuro de carbono Bromoformado

*P. Orrego*  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: contacto@globaltranslation.com.pe

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 7 de 22

	<p>Bromodichlorometano 1,1-Dicloroetano 1,1,2 Triclorotrifluoroetano 1,2-Dicloropropano 1,1,2-Tricloroetano Tricloroetano 1,1,2,2-Tetracloroetano o-Xileno Trimetilamina Acilonitrilo Metil-isobutil-cetona (MIBK) Metil-butil-cetona (2-Hexanona) Metil-etil-cetona (2-Butanona) Total de xilenos</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
METODO EPA 29	<p>Determinación de las emisiones de metales de fuentes estacionarias.</p> <p>Metales</p> <p>Elementos: Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Se, Ti, Zn.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
MVAL-LAB-28 / 2019 (Método EPA 29 / 2017 (En filtro y solución absorbente))	<p>Determinación de metales en filtro y solución de captura basada en el Método EPA 29 (En filtro y solución absorbente).</p> <p><b>Elementos:</b> Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Se, Ti, Zn, Fe, V (Validado)</p> <p>(Pruebas de laboratorio)</p>
MVAL-LAB-10 / 2019 (Método NIOSH 6009, 2014, VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)	<p>Mercurio gaseoso total</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
ALAB-LAB-32 (MÉTODO NIOSH 7303)	<p>Determinación de metales de SSO basada en el MÉTODO NIOSH 7303 – Elementos por ICP (Hot Block/HCl/Digestión con HNO<sub>3</sub>).</p>

*PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO*  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 8 de 22

	<p>Metales (Gases metálicos)</p> <p>Elementos: Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Se, Sr, Tl, Ti, V, Zn Elementos agregados: Ba, Pb, Sb, Sn. (Validado)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
ALAB-LAB-32 (MÉTODO NIOSH 7303)	<p>Determinación de metales de SSO basada en el MÉTODO NIOSH 7303.</p> <p>Determinación de metales (Gases metálicos – en Filtro de Membrana celulosa)</p> <p>Elementos: Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, Ti, V, Zn. (Validado)</p> <p>(Pruebas de laboratorio)</p>
NIOSH 7907 / Rev. 1 2014	<p>ÁCIDOS VOLÁTILES mediante cromatografía iónica.</p> <p>Ácidos volátiles Cloruro de hidrógeno, bromuro de hidrógeno, ácido nítrico</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
NIOSH 7908 / Rev. 1 2014	<p>Ácidos no volátiles (Ácido sulfúrico y ácido fosfórico).</p> <p>Ácidos no volátiles Ácido sulfúrico, ácido fosfórico</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
EPA CFR 40 Parte 50 Anexo B	<p>Determinación del Material Particulado Suspendido en la atmósfera (Método de alto volumen).</p> <p>Total del Material Particulado Suspendido (PTS).</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Amalfo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)



**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCION CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 9 de 22

	(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
<b>Química ambiental - Inorgánicos</b>	
<b>Tejidos biológicos – animales, vegetales, tejidos</b>	
MÉTODO EPA 200.3 MÉTODO EPA 200.7	<p>Procedimiento de preparación de muestras para la determinación espectroquímica del total de elementos recuperables en tejidos biológicos / Determinación de metales y elementos de oligoelementos en agua y desperdicios por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.</p> <p>Metales: tejidos biológicos: elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Th, U, V, Zn, Hg.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<b>Ambiental - Microbiología</b>	
<b>Agua natural, agua potable, agua salina y aguas residuales</b>	
SMEWW 9221 B	<p>Técnica de fermentación en tubos múltiples para los miembros del grupo Coliforme. Técnica total de fermentación estándar de Coliforme.</p> <p>Total de Coliformes (NMP)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
SMEWW 9221 F.2	<p>Técnica de fermentación en tubos múltiples para los miembros del grupo Coliforme. Procedimiento de Escherichia coli utilizando sustrato fluorogénico. Determinación simultánea de Coliformes termotolerantes y E.coli.</p> <p>Fecal (Termotolerantes) Coliforme (NMP)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
SMEWW 9221 F.2	<p>Técnica de fermentación en tubos múltiples para los miembros del grupo Coliforme. Procedimiento de Escherichia coli utilizando sustrato fluorogénico. Determinación simultánea de Coliformes termotolerantes y E.coli.</p> <p>Escherichia Coli (NMP)</p>

*P. Orrego*  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
 Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 10 de 22

	(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9222 B	Técnica de filtración por membrana para los miembros del Grupo Coliforme. Procedimiento de filtración estándar con total de membrana coliforme utilizando un Medio Endo.  Total de Coliforme (UFC/100ml)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9222 D	Técnica de filtración por membrana para los miembros del Grupo Coliforme. Procedimiento de filtración de membrana coliforme termotolerante (fecal).  Fecal (Termotolerante) Coliforme (UFC/ 100mL)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9222 H	Técnica de filtración por membrana para los miembros del Grupo Coliforme. División de E. coli desde el total de MF Coliforme usando caldo E.C. con MUG.  Escherichia Coli (UFC/100ml)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9215 B	Conteo de placas heterótrofas. Método de conteo de vertido en placa.  Heterótrofo (UFC/mL)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9224 B	Detección de Coliphages. Ensayo de Coliphages somáticos.  Virus (Coliphages somáticos)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)

  
 PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
 CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
 Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
 e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 11 de 22

ALAB – LAB - 27	Cuantificación e identificación de huevos de helmintos en agua.  Huevos de helmintos (Validado)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9230 B	Grupos de enterococcus/ streptococcus fecales. Técnica de tubos múltiples.  Enterococcus fecal o enterococcus intestinal (NMP)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
SMEWW 9260 H	Detección de bacterias patógenas. Vibrio  Vibrio cholerae (Detección)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
ISO 19250	Calidad del agua. Detección de Salmonella spp.  Salmonella spp. (Detección)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
<b>Ambiental – Microbiología</b>	
<b>Aire - Atmósfera/ Ambiental</b>	
APHA. Cap. 3, Parte 3.101 Pág. 10-11. 5ta Ed. 2015 // ICMSF Método 1, pág. 117- 124, 2da Ed. Reimpresión 2000	Monitoreo microbiológico del ambiente de procesamiento de alimentos. Métodos de muestreo de aire. Métodos de sedimentación. // Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos. Métodos de recuento en placa. Método 1 (Recuento estándar en placa, recuento en placa por siembra en todo el medio o recuento) en placa de microorganismos aerobios.  Aerobio mesófilos (Enumeración)  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
APHA. Cap. 3, Parte 3.101 Pág. 10-11. 5ta Ed. 2015 // ICMSF. Pág. 165-167, 2da Ed. Reimpresión 2000	Monitoreo microbiológico del ambiente de procesamiento de alimentos. Métodos de muestreo de aire. Métodos de sedimentación. // Recuentos de

*P. Rocio Muguerza Orrego*  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Marquez N° 971, Dpto. 3 – Jesus Maria, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: contacto@globaltranslation.com.pe

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 12 de 22

	<p>mohos y levaduras. Método de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa por todo el medio.</p> <p>Levaduras (Enumeración)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>APHA. Cap. 3, Parte 3,101 Pág. 10-11. 5ta Ed. 2015 // ICMSF Pág. 165-167, 2da Ed. Reimpresión 2000</p>	<p>Monitoreo microbiológico del ambiente de procesamiento de alimentos. Métodos de muestreo de aire. Métodos de sedimentación. // Recuentos de mohos y levaduras. Método de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa por todo el medio.</p> <p>Moho (Enumeración)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p><b>Química Ambiental - Orgánicos</b></p>	
<p><b>Sedimentos, lodos y suelos</b></p>	
<p>Método EPA 8082 A</p>	<p>Bifenilos policlorados (PCB) mediante cromatografía de gases.</p> <p>Bifenilos policlorados PCB (como congéneres)</p> <p>PCB 28 PCB 52 PCB 101 PCB 118 PCB 138 PCB 153 PCB 180</p> <p>Referencia en ECA suelo (D.S N° 011-2017-MINAM): Suma de siete indicadores de PCB: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>Método EPA 8270 E</p>	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP):</p> <p>Acenafteno Acenaftileno</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 - Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 13 de 22

	<p>Benzo (a) antraceno  Benzo (b) fluoranteno  Benzo (k) fluoranteno  Benzo (g,h,i) perileno  Criseno  Dibenzo (a,h) antraceno  Fenantreno  Fluoreno  Indeno (1,2,3-cd) pireno  Naftaleno  Pireno  Antraceno  Benzo(a) pireno  Fluoranteno</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8270 E	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p>Plaguicidas organoclorados</p> <p>Aldrin  4,4'-DDT  Endrin  Heptacloro</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8260 D	<p>Compuestos orgánicos volátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS).</p> <p>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</p> <p>Tricloroetano  Tetracloroetano  Benceno  Etilbenceno  m,p-Xileno  o-Xileno  Tolueno  Naftaleno</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**


Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 14 de 22

	(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
<b>Química Ambiental - Orgánicos</b>	
<b>Agua natural, agua potable, agua salina y aguas residuales</b>	
Método EPA 8082 A	Bifenilos policlorados (PCB) mediante cromatografía de gases.  Bifenilos policlorados PCB (Como Aroclor).  Aroclor 1016 Aroclor 1221 Aroclor 1232 Aroclor 1242 Aroclor 1248 Aroclor 1254 Aroclor 1260  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
ALAB-LAB-28 (Método EPA 8070 E)	Determinación de Aldicard en agua basado en el Método EPA 8070 E.  Aldicard  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)
Método EPA 8081 B	Pesticidas organoclorados mediante cromatografía de gases. Pesticidas organoclorados α-BHC (alfa BHC) β-BHC (beta BHC) δ-BHC (delta BHC) γ-BHC (lindano) cis-clordano trans- Clordano Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de Endosulfán 4,4'-DDT 4,4'-DDD 4,4'-DDE Endrin Aldehído de endrin Cetona de endrin Metoxicloro

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 15 de 22

	<p>Heptacloro  Epóxido de heptacloro</p> <p>D.S. N° 004-2017-MINAM, DDT (Suma) = 4,4'-DDD + 4,4'-DDE; Aldrin + Dieldrin; Heptacloro + Epóxido de heptacloro; clordano.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>Método EPA 8260 D</p>	<p>Compuestos orgánicos volátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS).</p> <p>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</p> <p>1,1,1,1,2-Tetracloroetano  1,1,1-Tricloroetano  1,1,2,2-Tetracloroetano  1,1,2-Tricloroetano  1,1-Dicloroetano  1,1-Dicloroetileno  1,1-Dicloropropeno  1,2,3-Triclorobenceno  1,2,3-Tricloropropano  1,2,4-Triclorobenceno  1,2,4-Trimetilbenceno  1,2-Dibromo-3-cloropropano  1,2-Dibromoetano  1,2-Diclorobenceno  1,2-Dicloroetano  1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)  1,3,5-Trimetilbenceno  1,3-Diclorobenceno  1,3-Dicloropropano  1,4-Diclorobenceno  2,2-Dicloropropano  2-Clorotolueno  4-Clorotolueno  Benceno  Bromobenceno  Bromoclorometano  Tetracloruro de carbono  Clorobenceno  cis-1,2-Dicloroetano  Dibromometano</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 0456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 16 de 22

	<p>Etilbenceno  Hexaclorobutadieno  m,p-Xileno  n-Butilbenceno  n-Propilbenceno  Naftaleno  o-Xileno  sec-butilbenceno  Estireno  Terc-butilbenceno  Tetracloroetano  Tolueno  trans-1,2-Dicloroetileno  Tricloroetano (1,1,2-Tricloroetano)  p-Isopropiltolueno  Bromodichlorometano  Bromoformo  Dibromoclorometano  Cloroformo  Cumeno (isopropilbenceno)  cis-1,3-Dicloropropeno  trans-1,3-Dicloropropeno  Diclorometano  Cloruro de vinilo</p> <p>Trihalometano: Referencia en ECA agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) y D.S. N° 031-2010-SA:  Trihalometano total: Bromodichlorometano, bromoformo, dibromoclorometano, cloroformo y total de xileno.</p>
<p>Método EPA 8270 E (HAP)</p>	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS).</p> <p>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP):</p> <p>1-Metilnaftaleno  2-Metilnaftaleno  Acenafteno  Acenaftileno  Benzo (a) antraceno  Benzo (b) fluoranteno  Benzo (k) fluoranteno  Benzo (g,h,i) perileno  Criseno</p>

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)



**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 17 de 22

	<p>Dibenzo (a,h) antraceno  Fenantreno  Fluoreno  Indeno (1,2,3-cd) pireno  Naftaleno  Pireno  Antraceno  Benzo (a) pireno  Fluoranteno</p> <p>Referencia en ECA agua (D.S. N° 004-2017-MINAM): Total de hidrocarburos de aceite (fracción aromática)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8270 E	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS).</p> <p>Fenoles</p> <p>Pentaclorofenol (PCP)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8270 E	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS).</p> <p>Pesticida organoclorado de fosfato</p> <p>Malatión  Paratión</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2130 B. 23ra Ed.	<p>Método nefelométrico</p> <p>Turbidez</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Medición de campo)</p>
<b>Química Ambiental - Orgánicos</b>	
<b>Agua potable, agua natural, agua procesada y aguas residuales</b>	

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 - Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 18 de 22

<p>MVAL-LAB-36 / 2019 (EPA 300.0 Rev. 2.1;1993, VALIDADO – Modificado y aplicado fuera del alcance)</p>	<p>Determinación de aniones inorgánicos mediante cromatografía iónica.</p> <p><b>Aniones</b> Cloruro Fluoruro Nitrito N-Nitrito Nitrato N-Nitrato N-Nitrato + N-Nitrito Sulfato Ortofosfato Bromuro Bromato Flúor Clorito Clorato Monocloroacetato Dicloroacetato</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p><b>Agua potable, agua natural</b></p>	
<p>MVAL-LAB-39 / 2019 (EPA 8270E Rev. 6: 2018, VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)</p>	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p><b>Pesticidas organoclorados y organofosforados</b> Hexaclorobenceno, trifluralina, cloropirifós</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p><b>Agua potable, agua natural, aguas residuales, agua salina, agua procesada</b></p>	
<p>Método EPA 8015C / Rev. 3 2007</p>	<p>Orgánicos no halogenados mediante cromatografía de gases.</p> <p><b>Hidrocarburos totales de petróleo (C10-C40):</b> Rango diésel DRO (C10-C28) Hidrocarburo disuelto o emulsionado Aceite mineral</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>Método EPA 8015C / Rev. 3 2007</p>	<p>Orgánicos no halogenados mediante cromatografía de gases.</p>

  
 PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
 CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-8900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 19 de 22

	<p><b>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</b>  Rangos: (C8-C40), (C8-C28), (C28-C40)</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8260D / Rev. 4 2018	<p>Compuestos orgánicos volátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p><b>Gasolina</b>  Benceno  Isooctano  Heptano  Tolueno  Etilbenceno  m-Xileno  p-Xileno  o-Xileno  1,2,4-Trimetilbenceno</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8270E / Rev. 6 2018	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p><b>Ésteres de ftalatos</b>  Ftalato de dimetilo  Ftalato de dietilo  Di-n-butil ftalato  Butil bencil ftalato  Di (2-Etilhexil) ftalato  Di-n-octil ftalato</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
Método EPA 8270E / Rev. 6 2018	<p>Compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p><b>Fenoles</b>  2,3,4,6-Tetraclorofenol  2,4,5-Triclorofenol  2,4,6-Triclorofenol  2,4-Diclorofenol  2,4-Dimetilfenol  2,6-Diclorofenol</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 20 de 22

	<p>2-Clorofenol 2-Metilfenol (o-cresol) 2-Nitrofenol 4-Cloro-3-Metilfenol 4-Metilfenol Ácido benzoico 4 Nitrofenol Pentaclorofenol (PCP) Fenol</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<b>Agua potable, agua natural, agua procesada</b>	
Método EPA 8260D / Rev. 4 2018	<p>Compuestos orgánicos volátiles mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas.</p> <p><b>Contaminantes Orgánicos Volátiles</b> Cloruro de vinilo, epiclorhidrina.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<b>Agua potable, agua natural, aguas residuales</b>	
MVAL-LAB-31 / 2019	<p>Cuantificación e identificación de quistes y ooquistes de protozoarios patógenos en agua.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
MVAL-LAB-32 / 2019	<p>Cuantificación e identificación de larvas de helmintos (Nematodos) en agua.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
MVAL-LAB-33 / 2019	<p>Identificación de Giardia sp y Cryptosporidium sp en agua.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
MVAL-LAB-34 / 2019	<p>Cuantificación e identificación de formas parasitarias en agua.</p> <p>(Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<b>Ambiental - Inorgánicos</b>	
<b>Suelos, sedimentos y lodos</b>	

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Amalido Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 21 de 22

<p>Inorgánicos ambientales - Alberta Environment 2009 (ISBN No. 978-0-7785-7691-4) / Método EPA 200.7 Rev. 4.4 -1994 Rev. 4.4 -1994 Suelos, sedimentos y lodos (muestreo y análisis de campo)</p>	<p>Alberta Environment 2009 (SBN No. 978-0-7785-7691-4). Soil Remediation Guidelines for Barite: Environmental Health and Human Health (<i>Directrices de Descontaminación de Suelos de Baritina: Salud Ambiental y Salud Humana</i>). Sección 2.2.1. Suelos (Métodos de fusión), 9.1.3 Bario total real. Método EPA 200.7 Rev. 4.4 -1994 Determinación de metales y oligoelementos en agua y desperdicios por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.  Bario total real.  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p>Inorgánicos ambientales - Alberta Environment 2009 (ISBN No. 978-0-7785-7691-4) / Método EPA 200.7 Rev. 4.4 -1994 Rev. 4.4 -1994 Suelos, sedimentos y lodos (muestreo y análisis de campo)</p>	<p>Alberta Environment 2009 (SBN No. 978-0-7785-7691-4). Soil Remediation Guidelines for Barite: Environmental Health and Human Health (<i>Directrices de Descontaminación de Suelos de Baritina: Salud Ambiental y Salud Humana</i>). Sección 6.2.2. Método Analítico para Bario Extraíble. Método EPA 200.7 Rev. 4.4 -1994 Determinación de metales y oligoelementos en agua y desperdicios por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.  Bario extraíble.  (Recopilación de datos de campo + Pruebas de laboratorio)</p>
<p><b>Salud y seguridad en el trabajo</b></p>	
<p><b>Ambiental - Ruido</b></p>	
<p>NTP-ISO 1996-1/NTP-ISO 1996-2</p>	<p>ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Cantidades básicas y procedimientos de evaluación / ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.  Ruido ambiental.  (Recopilación de datos de campo)</p>

  
PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO  
CTP N° 456

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 - Jesús María, Lima  
Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Traductora Colegiada Certificada  
 Español-Inglés-Francés

TRADUCCIÓN CERTIFICADA N° 1598-2019

Página 22 de 22

(Encabezado – Todas las páginas del original)  
**(Código QR)**

(Pie de página – Pág. 1 del original)  
**International Accreditation Service, Inc.**  
**3060 Saturn Street, Suite 100, Brea, California 92821 EE.UU.**  
**Teléfono +1 562-364-8201 — [IASInfo@iasonline.org](mailto:IASInfo@iasonline.org)**  
[www.iasonline.org](http://www.iasonline.org)

(Pie de página – Pág. 2-16 del original)

(Logo)

**TL – 833 Analytical Laboratory E.I.R.L.**      **International Accreditation Service® (IAS)**      **ilac-MRA**

La Traductora Colegiada Certificada, miembro del Colegio de Traductores del Perú (CTP) que suscribe, declara que la presente Traducción Certificada, que consta de 02 página(s), es una versión fiel y correcta al castellano del documento adjunto en idioma inglés que se ha leído a la vista.  
 Se certifica la fidelidad de la traducción mas no se asume responsabilidad por la autenticidad o el contenido del documento en lengua origen.  
 Firmado en Lima, a los 06 días del mes de diciembre de 2019.



*Pamela Rocio Muguerza Orrego*  
**PAMELA ROCIO MUGUERZA ORREGO**  
**CTP N° 456**

Av. Arnaldo Márquez N° 971, Dpto. 3 – Jesús María, Lima  
 Teléfono 779-6900/ Celular 945-300353  
 e-mail: [contacto@globaltranslation.com.pe](mailto:contacto@globaltranslation.com.pe)

## Anexo 21

## Certificados de calibración de los equipos utilizados.

 <b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018</b>		 <b>INACAL</b> DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado <small>Registro N° LC - 018</small>	
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>LFQ - 115 - 2019</b>		<b>LAB. FÍSICO QUÍMICA</b> Pág. 1 de 2	
<b>EXPEDIENTE</b>	<b>E19062429</b>	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello del carecen de toda validez alguna.</p> <p><b>Observaciones:</b></p> <p>(*) Alcance para el parámetro de pH. El equipo posee múltiples parámetros y resoluciones, según indica el manual del fabricante.</p> <p>(**) Resolución utilizada durante la calibración para el parámetro de pH. El equipo posee múltiples resoluciones y parámetros, según el manual de fabricante.</p>	
<b>SOLICITANTE</b>	INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL S.A.C.		
<b>DIRECCIÓN</b>	Cal.Pacífico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurin, Lurin - Lima - Lima.		
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>MEDIDOR MULTIPARÁMETRO</b>		
<b>INFORMACIÓN DE INDICADOR</b>			
<b>MARCA</b>	HACH		
<b>MODELO</b>	HQ40d		
<b>NUMERO DE SERIE</b>	121100080893		
<b>INTERVALO DE INDICACIONES</b>	0,00 pH a 14,00 pH (*)		
<b>RESOLUCIÓN</b>	0,01 pH (**)		
<b>INFORMACIÓN DE ELECTRODO</b>			
<b>MARCA</b>	HACH		
<b>MODELO</b>	PHC201		
<b>NUMERO DE SERIE</b>	163352617007		
<b>PROCEDENCIA</b>	USA		
<b>UBICACIÓN</b>	No indica		
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	<b>2019-06-25</b>		
<b>TEMP. DE REFERENCIA</b>	25 °C		
<b>SELLO</b> 	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	<b>JEFE DE LABORATORIO</b>	<b>GERENTE DE OPERACIONES</b>
		 <b>Alexander Alza Zamudio</b>	 <b>Wilmer Mena Chávez</b>
	<b>2019-06-26</b>		
<small>Jr. Antonio Cabo N° 596, Urb. el Trébol - Los Olivos/ Teléfono: 6224288, servicios@gesmin.pe, ventas@gesmin.pe/www.gesmin.pe El certificado se publica o reproduce en forma completa y sin modificaciones</small>			



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



Registro N° LC - 018

LAB. FÍSICO QUÍMICA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 115 - 2019

Pág. 2 de 2

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos - Lima).

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa con Material de Referencia Certificado (MRC), según PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH"; Primera edición, Junio del 2010; SNM - INDECOPI.

### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 4,005 con valor de incertidumbre 0,012 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4287-9475587
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 7,006 con valor de incertidumbre 0,012 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4288-9221740
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 10,016 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4289-10023731

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de referencia del INACAL-DM	Termómetro digital con un valor de incertidumbre igual a 0,025 °C (en 25 °C)	INACAL-DM , Certificado N° LT-312-2018

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	25,2	25,3
Humedad Relativa (%HR)	62,0	62,4

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN ANTES DEL AJUSTE (AS FOUND DATA)

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,91	4,01	-0,10	0,03
6,96	7,01	-0,05	0,03
9,97	10,02	-0,05	0,03

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	25,6	25,8
Humedad Relativa (%HR)	62,1	62,5

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DESPUES DEL AJUSTE (AS LEFT DATA)

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,97	4,01	-0,04	0,02
6,97	7,01	-0,04	0,02
10,01	10,02	-0,01	0,02

### Notas

- La medición fue realizada en un medio isoterma a una temperatura de 25 °C

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



Registro N° LC - 018

LAB. FÍSICO QUÍMICA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 116 - 2019

Pág. 1 de 2

<b>EXPEDIENTE</b>	<b>E19062429</b>		
<b>SOLICITANTE</b>	INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL S.A.C.		
<b>DIRECCIÓN</b>	Cal.Pacifico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurin, Lurin - Lima - Lima.		
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>MEDIDOR MULTIPARÁMETRO</b>		
<b>INFORMACIÓN DEL INDICADOR</b>			
MARCA	HACH		
MODELO	HQ40d		
NÚMERO DE SERIE	121100080893		
INTERVALO DE INDICACIONES	0,01 µS/cm a 200,0 mS/cm	(*)	
RESOLUCIÓN	0,01 uS/cm; 0,1 uS/cm; 1 uS/cm	(**)	
<b>INFORMACIÓN DE LA CELDA</b>			
MARCA	HACH		
MODELO	CDC401		
NUMERO DE SERIE	150582588012	(***)	
<b>PROCEDENCIA</b>	USA		
<b>UBICACIÓN</b>	No indica		
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	<b>2019-06-26</b>		
<b>TEMP. DE REFERENCIA</b>	25 °C		

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello carecen de toda validez alguna.

### Observaciones:

(\*) Alcance para el parámetro de conductividad. El equipo posee múltiples parámetros y resoluciones, según el manual del fabricante  
(\*\*) Resolución observada durante la calibración para el parámetro de conductividad:  
0,01 uS/cm (0,0 uS/cm a 19,99 uS/cm);  
0,1 uS/cm (20,0 uS/cm a 199,9 uS/cm);  
1 uS/cm (200,0 uS/cm a 1999,0 uS/cm)  
(\*\*\*) Cód. de identif.: C-01 (indicado en una etiqueta, ubicada en el mango del medidor)

<b>SELLO</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	<b>JEFE DE LABORATORIO</b>	<b>GERENTE DE OPERACIONES</b>
	2019-06-26	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chavez



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



Registro N° LC - 018

LAB. FÍSICO QUÍMICA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 116 - 2019

Pág. 2 de 2

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos - Lima).

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa, Según el procedimiento PC-022 "Procedimiento para la Calibración de Conductímetros"; Primera edición, Setiembre 2014, SNM - INDECOPI.

### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 9,92 $\mu\text{S/cm}$ con valor de incertidumbre de 0,55 $\mu\text{S/cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY Certificado N° 4175-9899505
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 98,8 $\mu\text{S/cm}$ con valor de incertidumbre de 2,2 $\mu\text{S/cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY Certificado N° 4176-9626950
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 1411 $\mu\text{S/cm}$ con valor de incertidumbre de 4,6 $\mu\text{S/cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY Certificado N° 4173-9915391

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL/DM	Termómetro digital con valor de incertidumbre de 0,025 °C (en 25°C)	INACAL/DM , Certificado N° LT-312-2018

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	25,2	25,4
Humedad Relativa (%HR)	63,9	64,0

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del conductímetro	Valor de referencia	Error de indicación	Incertidumbre
10,50 $\mu\text{S/cm}$	9,92 $\mu\text{S/cm}$	0,58 $\mu\text{S/cm}$	0,56 $\mu\text{S/cm}$
100,7 $\mu\text{S/cm}$	98,80 $\mu\text{S/cm}$	1,90 $\mu\text{S/cm}$	2,4 $\mu\text{S/cm}$
1 409 $\mu\text{S/cm}$	1 411 $\mu\text{S/cm}$	-2 $\mu\text{S/cm}$	6 $\mu\text{S/cm}$

### Notas

- Valor de la Constante de celda usada en la calibración es  $K = 0,407 \text{ l/cm}$
- La calibración fue realizada a 25 °C sin utilizar el factor de compensación de temperatura.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO\_TERMOMETRÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMG- 110 - 2019

Pág. 1 de 2

**EXPEDIENTE** : E19062422

Solicitante : INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL S.A.C  
Dirección : Cal. Pacifico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurín,  
Lurín - Lima - Lima

**INSTRUMENTO** : TERMÓMETRO DIGITAL

Marca : HACH  
Modelo : HQ40d  
Número de serie : 121100080893; Identificación: No indica  
Intervalo de indicación : 0 °C a 80 °C  
Resolución : 0,1 °C

**DATOS DE LA SONDA**

Tipo de sensor : Pt100  
Modelo : PHC201  
Número de serie : 181132618002

Ubicación : No indica  
Procedencia : USA

**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2019-09-13


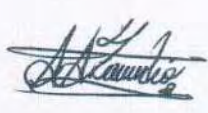
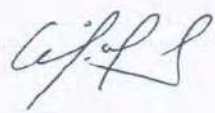
*Este Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).*

*Los resultados mostrados en el presente certificado son válidos únicamente para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones.*

*Al usuario le corresponde recalibrar sus instrumentos en intervalos apropiados, en función al función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.*

*GESMIN S.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño que el uso inadecuado del instrumento cause, ni de la incorrecta interpretación de los resultados declarados.*

*La Incertidumbre de medición expandida (U) resulta de la multiplicación de la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura K=2, fue determinada según "La Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición" (segunda edición, Julio 2011). Generalmente el valor de la magnitud de la medición esta dentro del intervalo de los valores asignados con una probabilidad de aproximadamente 95%.*

SELLO	FECHA DE EMISIÓN	GERENTE TÉCNICO	GERENTE DE OPERACIONES
	2019-09-14	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chávez



SERVICIO Y SUMINISTROS PARA LABORATORIO

LABORATORIO TERMOMETRÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION LMG- 110 - 2019

Pág. 2 de 2

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura de Gesmin SRL.-Jr. Antonio Cabo N° 596 Urb. El Trebol, Los Olivos - Lima

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN / PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa con termómetros patrón en medios isotermos, siguiendo el Procedimiento INDECOPI/SNM PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" (2da Edición - Diciembre 2012)

### PATRONES DE REFERENCIA

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRÓN	CÓDIGO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
INACAL - DM	Termómetros de Resistencia de Platino con incertidumbre 0,02 °C a 0,07 °C	GMTH-T-001 (A)	LT-313-2018
		GMTH-T-001 (B)	LT-313-2018

### CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA (°C)	22,3 ± 0,3
HUMEDAD RELATIVA (%HR)	69 ± 1

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO [°C]	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA [°C]	CORRECCIÓN [°C]	INCERTIDUMBRE [°C]
15,4	15,00	-0,40	0,11
24,8	25,01	0,21	0,10



### OBSERVACIONES

Se colocó un stiker que indica el estado de calibración.

La corrección debe añadirse algebraicamente a la indicación del instrumento.

\*\*\*\*\*  
FIN DEL DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



## Certificado de Verificación LMG - 067 - 2019

Pág. 1 de 2

**EXPEDIENTE:** E19062429

**SOLICITANTE**  
**DIRECCION** INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL  
S.A.C.  
Cal. Pacifico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurin,  
Lurin - Lima - Lima

**EQUIPO** **MEDIDOR DE OXIGENO DISUELTO**  
**INDICACION** DIGITAL

**DATOS DEL INDICADOR**

**MARCA** HACH  
**MODELO** HQ40d  
**NUMERO DE SERIE** 121100080893  
**ALCANCE DE INDICACION** 0,1 % a 200% (\*)  
**DIVISION DE ESCALA** 0.1 % (\*)

**DATOS DEL ELECTRODO**

**MARCA** HACH  
**MODELO** LD0101  
**NUMERO DE SERIE** 151042598007

**PROCEDENCIA** USA

**FECHA DE VERIFICACION** 2019-06-26

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto verificado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la verificación y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de verificación en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Nuestros Informes de Verificación sin firmas y sello carecen de toda validez.

### Observaciones

(\*) Alcance y resolución según manual del fabricante.

SELLO

FECHA DE EMISION

JEFE DE CALIBRACIONES

GERENTE DE OPERACIONES



2019-06-27

Alexander Alza Zamudio

Wilmer Mena Chavez

**LUGAR DE VERIFICACIÓN**

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos)

**MÉTODO DE VERIFICACIÓN**

Comparación directa con materiales de referencia y siguiendo las recomendaciones indicada en el manual de instrucciones del fabricante.

**SOLUCIÓN DE VERIFICACIÓN EMPLEADA**

Se utilizó como referencia de verificación una solución de Sulfito de Sodio.

MRC	Valor Certificado (%)	N° Lote / Certificado de Análisis
Zero oxígeno disuelto	0,0 ± 0,1	S0050/16
Agua destilada	100	012019

**CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS**

Temperatura (°C)	21,6 ± 0,5
Humedad Relativa (%HR)	63,3 ± 1

**RESULTADOS DE VERIFICACIÓN**

Indicación del equipo (%)	Valor de referencia (%)	Error de indicación (%)	Incertidumbre (%)
0,8	0,0	0,8	0,3
101,9	100,0	1,9	2,2

**OBSERVACIONES**

Para el ajuste de medidor de oxígeno se ha usado agua destilada proporcionada por el usuario  
Los Resultados corresponden al promedio de 3 valores referenciales de medición.

-----  
FIN DEL CERTIFICADO VERIFICACIÓN