



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN  
EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA  
INTERIOR DEL LAGO TITICACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN  
EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA  
INTERIOR DEL LAGO TITICACA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE :   
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

PRIMER MIEMBRO :   
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO :   
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS :   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1062-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 12911 presentado por el (la) Bachiller: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.** - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**ARTICULO TERCERO .** - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Viernes 27 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

**ARTÍCULO CUARTO.**- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 760-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 9997, presentado por el señor (a) **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 044 -2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 112 -2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 044 -2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 112 -2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efraim Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 2466 I, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, se le asigna como:

**ASESOR: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



**“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 112-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de diciembre del 2023

**VISTO:** El N° 2023-CU-17983 presentado por el señor (a) **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 298-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 012 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 012-2023 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MALTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Efraín Pañillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 044-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de noviembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-12215, presentado por el señor (a) **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el PROVEIDO - N° N° 168-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 06 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 06-2023 **aprobandó** la propuesta de investigación titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

*[Signature]*  
Mgtr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

*[Signature]*  
Dr. Efraín Pantoja Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2023  
interesado (a)



## CONCENTRACION DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**21** %

INDICE DE SIMILITUD

**20** %

FUENTES DE INTERNET

**5** %

PUBLICACIONES

**9** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7</b> %
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>4</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.upsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.udec.cl</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.utc.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %



## Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74765258
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-3751-482X">https://orcid.org/0009-0004-3751-482X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Puno            Bahía del Lago Titicaca  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -15.83807  <b>Longitud:</b> -70.00418  <b>URL Maps:</b>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1fFnM16bMyRveUqbTtyo9u3h7YZxsqFY&amp;usp=s_haring">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1fFnM16bMyRveUqbTtyo9u3h7YZxsqFY&amp;usp=s_haring</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 – Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 DIRECTOR  
 JULIACA - PERÚ

*Efrain Parillo Sosa*  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO, identificado con DNI Nro. 74765258, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 22 de octubre del 2024

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, quien ha dirigido mis pasos hasta el presente y ha hecho realidad este sueño tan esperado.

A mis apreciados padres Sabina y Wilfredo, a mi querida hermana Yenni Paola por brindarme su tiempo, su amor y apoyo incondicional, por estar presentes en todas las etapas de mi existencia.



## AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios por orientarme y alumbrar mi camino en cada paso que emprendo, así como a mi excepcional madre, cuyo respaldo y afecto me han motivado a perseguir mis metas y no renunciar nunca; le agradezco por creer y confiar en mi cada día, por sus sabias recomendaciones y ánimos para jamás rendirme y seguir adelante durante mi desarrollo personal y profesional.

Expreso mi gratitud a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, así como a la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental por ser mi alma mater y a su plana de docentes por haberme brindado los conocimientos adquiridos para lograr formarme profesionalmente.

Expreso mi gratitud a la familia que tanto quiero, por su apoyo incondicional en el transcurso de toda la elaboración de mi tesis, gracias por su confianza y optimismo que sin ustedes nada de esto sería posible, a mis amigos que me dieron aliento para no rendirme.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Hipótesis.....	4



1.5.1. Hipótesis general .....	4
1.5.2. Hipótesis específica.....	4
1.6. Variables .....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	5
1.7. Operacionalización de variables .....	5

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación .....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
2.1.3. Antecedentes Regionales.....	13
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Ecosistemas acuáticos .....	14
2.3. Marco Conceptual .....	38
2.3.1. Lago .....	38
2.3.2. Eutrofización .....	38
2.3.3. Estado Trófico .....	38
2.3.4. Nutrientes .....	38
2.3.5. Estándar de Calidad Ambiental.....	38
2.3.6. Estándar de Calidad para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM).....	39



**CAPITULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación ..... 40

3.2. Nivel de investigación ..... 40

3.3. Diseño de investigación ..... 41

3.4. Enfoque de investigación ..... 41

3.5. diseño estadístico..... 41

    3.5.1. Prueba U de Mann-Whitney ..... 41

    3.5.2. Técnicas e Instrumentos de la Investigación ..... 42

    3.5.3. Materiales y Equipos ..... 43

    3.5.4. Ubicación de la Zona en Estudio..... 43

3.6. Población y muestra..... 45

    3.6.1. Población ..... 45

    3.6.2. Muestra..... 45

    3.6.3. Muestreo..... 45

3.7. Metodología para alcanzar los objetivos planteados..... 49

    3.7.1. Para la determinación de la concentración de Nitratos en aguas  
    provenientes de la bahía interior del lago Titicaca ..... 49

    3.7.2. Para determinar la concentración de Nitritos en aguas  
    provenientes de la bahía interior del Lago Titicaca..... 50

    3.7.3. Determinar la concentración de fosfatos en aguas provenientes de  
    la bahía interior del Lago Titicaca. .... 51



**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados OBTENIDOS ..... 52

    4.1.1. Resultados de la concentración de Nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca..... 52

    4.1.2. Análisis de la concentración de Nitratos en el punto M1 ..... 53

    4.1.3. Análisis de la concentración de Nitratos en el punto M2 ..... 57

    4.1.4. Resultados de la concentración de nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca..... 60

    4.1.5. Resultados de la concentración de Fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca..... 61

    4.1.6. Aplicación del método OECD para categorizar el estado trófico de las aguas de la Bahía interior del lago Titicaca..... 63

4.2. Resultado de la Prueba de Hipótesis..... 66

    4.2.1. Planteamiento de las hipótesis, concentración de Nitratos ..... 66

    4.2.2. Planteamiento de las hipótesis concentración de Nitritos..... 68

    4.2.3. Planteamiento de las hipótesis concentración de Fosfatos ..... 70

4.3. Discusiones ..... 71

CONCLUSIONES..... 74

RECOMENDACIONES ..... 75

BIBLIOGRAFÍA ..... 76

ANEXOS..... 80



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	5
<b>Tabla 2</b> Tipos de sistemas acuáticos.....	15
<b>Tabla 3</b> Georreferenciación de los Puntos de Muestreo .....	44
<b>Tabla 4</b> Concentración de nitratos en la Bahía interior del Lago Titicaca.....	52
<b>Tabla 5</b> Categoría trófica del agua por el método APHA .....	53
<b>Tabla 6</b> Escala de valores de estado trófico en aguas dadas por Carlson .....	55
<b>Tabla 7</b> Concentración de nitritos en la Bahía interior del Lago Titicaca.....	60
<b>Tabla 8</b> Concentración de Fosfatos en la Bahía interior del Lago Titicaca.....	61
<b>Tabla 9</b> Categoría trófica método OECD para aguas .....	63
<b>Tabla 10</b> Rango de valores de estado trófico en aguas dadas por Carlson .....	65
<b>Tabla 11</b> Estadísticos de prueba: Concentraciones de Nitratos /ECA.....	67
<b>Tabla 12</b> Estadísticos de prueba: Concentraciones de nitritos /ECA.....	69
<b>Tabla 13</b> Estadísticos de prueba: Concentraciones de fosfatos /LMP.....	71



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Esquema del proceso de eutrofización de los lagos .....	20
<b>Figura 2</b> Ejemplo de un cuerpo de agua Ultraolitrófico .....	21
<b>Figura 3</b> Ejemplo de un cuerpo de agua Oligotrófico .....	22
<b>Figura 4</b> Ejemplo de un cuerpo de agua Mesotrófico .....	23
<b>Figura 5</b> Ejemplo de un cuerpo de agua Eutrófico .....	24
<b>Figura 6</b> Ejemplo de un cuerpo de agua Hipereutrófico .....	25
<b>Figura 7</b> Consecuencias de la Eutrofización .....	28
<b>Figura 8</b> Ciclo del Nitrógeno en Ecosistemas Acuáticos .....	36
<b>Figura 9</b> Ciclo del Fósforo en Ecosistemas Acuáticos .....	37
<b>Figura 10</b> Puntos de Muestreo .....	44
<b>Figura 11</b> Verificación de Materiales y Calibración del Multiparámetro .....	46
<b>Figura 12</b> Toma de Muestra de Aguas del Lago Titicaca .....	47
<b>Figura 13</b> Muestra para Medir Parámetros In Situ .....	48
<b>Figura 14</b> Medición de Parámetros In Situ .....	48
<b>Figura 15</b> Esquema del Análisis de Nitratos .....	49
<b>Figura 16</b> Comparación de categoría trófica método APHA para nitrato M1 ..	54
<b>Figura 17</b> Comparación del estado de eutrofia por el método de Carlson M1	56
<b>Figura 18</b> Comparación de categoría trófica método APHA para nitrato M1 ..	58



<b>Figura 19</b> Comparación del estado de eutrofia por el método de Carlson M1	59
<b>Figura 20</b> Clasificación de la calidad de agua dada por Lavie .....	62
<b>Figura 21</b> Comparación de categoría trófica método OECD .....	64
<b>Figura 22</b> Comparación del estado de eutrofia método Carlson .....	66
<b>Figura 23</b> Prueba U Mann-Whitney, para concentración de nitratos en comparación con el LMP.....	67
<b>Figura 24</b> Prueba U Mann-Whitney, para concentración de nitritos en comparación con el LMP.....	68
<b>Figura 25</b> Prueba U Mann-Whitney, para concentración de fosfatos en comparación con el LMP.....	70



## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar La Concentración De Nutriente Y Caracterizar El Estado Trófico Del Lago. La metodología de investigación es de tipo aplicado de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, Utilizando Métodos Específicos, Datos Numéricos Para Evaluar Las Concentraciones De Nutrientes (Nitratos, Nitritos Y Fosfatos y Su Impacto En El Grado De Eutrofización, Aplicando Método Estadístico. Y Buscar Aplicar Conocimiento Para Abordar Un Problema Ambiental Especifico, En Este Caso, La Eutrofización Del Lago Titicaca, La Investigación Realizada Tuvo Como Objetivo Principal "Determinar La Concentración De Nutrientes Que Caracterizan El Grado De Eutrofización De La Bahía Interior Del Lago Titicaca 2023", Para Lo Cual Se Eligieron 5 Puntos De Muestreo De Los Cuales Se Tomaron Muestras De 500 ML Por Triplicado, La Metodología Para Ver El Grado De Eutrofización Fueron : Clasificación Trófica Del Método APHA, Índice De Estado Trófico Carlson TSI Y Categoría Trófica Método OECD, Los Resultados Obtenidos Para Nitratos En Promedio Fueron: M1=17mg/L, M2=14mg/L, M3=14mg/L, M4=17mg/L Y M5=14mg/L. Nitritos: Fueron: M1=9mg/L, M2=8mg/L, M3=9mg/L, M4=8mg/L Y M5=8mg/L. Fosfatos: Fueron: M1=41mg/L, M2=31mg/L, M3=34mg/L, M4=32mg/L Y M5=26mg/L. Como Conclusión General Y De Acuerdo A Las Concentraciones De Nutrientes Que Se Encontraron En Los Diferentes Puntos De Muestreo Y Que Se Analizaron Para Esta Investigación Se Concluye Que El Grado De Eutrofización De La Bahía Interior Del Lago Titicaca Se Encuentra En Un Estado Hipereutrífico.

**Palabras claves:** concentración, Eutrofización, trófico, eutrófico, Bahía, nutrientes.



## ABSTRACT

The study focuses on determining the nutrient concentration and characterizing the trophic state of the lake, using specific analysis methods such as the quantitative approach using numerical data to evaluate nutrient concentrations (nitrates, nitrites and phosphates and their impact on the degree of eutrophication), applying statistical method for application level analysis and seeking to apply knowledge to address a specific environmental problem, in this case, the eutrophication of Lake Titicaca, the main objective of the research carried out was "Determine the concentration of nutrients that characterize the degree of eutrophication of the inner bay of Lake Titicaca 2023", for which 5 sampling points were chosen from which samples of 500 ml were taken in triplicate, the methodology to see the degree of eutrophication were: Trophic classification of the APHA method, status index Carlson TSI trophic category and OECD method trophic category, the results obtained for nitrates on average were: M1=17mg/l, M2=14mg/l, M3=14mg/l, M4=17mg/l and M5=14mg/l. Nitrites: were: M1=9mg/l, M2=8mg/l, M3=9mg/l, M4=8mg/l and M5=8mg/l. Phosphates: were: M1=41mg/l, M2=31mg/l, M3=34mg/l, M4=32mg/l and M5=26mg/l. As a general conclusion and according to the nutrient concentrations that were found in the different sampling points and that were analyzed for this research, it is concluded that the degree of eutrophication of the inner bay of Lake Titicaca is in a Hypereutrophic state.

**Keywords:** concentration, Eutrophication, trophic, eutrophic, Bahía, nutrients.



## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la Tierra, cerca del 70% está cubierto por agua, la cual se disemina en ríos, lagunas, lagos, océanos y mares. Posee cualidades distintivas al ser la piedra angular esencial para la presencia de toda forma de vida. Está compuesto por los ecosistemas fluviales, que incluyen arroyos, quebradas, ríos y manantiales; así como los ecosistemas lénticos, que abarcan embalses, aguas estancadas, lagunas, esteros lagos, estanques, y áreas cerradas. Perciben fenómenos de eutrofia debido al aporte nutricional, ocasionando el aumento de plantas superficiales y llegando a un proceso de colmatación. La eutrofia implica el deterioro de la calidad del agua por eutrofia, particularmente fósforo y nitrógeno. La clorofila se emplea como marcador biológico, señalando el prelude sustancial de estos nutrientes y provocando impactos notables en los ecosistemas acuáticos.

Uno de los desafíos centrales que enfrentamos como seres humanos está relacionado con el recurso hídrico, el cual está adquiriendo una importancia cada vez mayor a escala global. Los análisis realizados en Europa, América, Asia y Oceanía coinciden en señalar que existe un problema con la eutrofización en curso, lo que conlleva a la desaparición o contaminación a gran escala de los cuerpos de agua. Esto se debe a las acciones humanas que aportan un excedente de nutrientes, generando así la polución acuática y provocando cambios en el medio acuático. A nivel local y regional, un problema destacado es la falta de información sobre la caracterización de aguas desechables en las principales instalaciones de procesamiento en la Región Puno y sobre su vertimiento.



La finalidad primordial de la indagación es reconocer la cantidad de nutrientes presente que definen el nivel de eutrofización de la ensenada del lago Titicaca 2023

Consta de cuatro capítulos la labor investigativa: Capítulo I: Se elabora la descripción del problema, que engloba el análisis de la situación problemática de las aguas que se hallan en la bahía del lago Titicaca; las preguntas y objetivos de la investigación; justificación del estudio, hipótesis, variables y definición operativa de variables todo ello de acuerdo al objetivo que nos planteamos. Capítulo II: Se realiza el Marco teórico, en donde abarca los antecedentes, las bases teóricas sobre la eutrofización, causas, problemas que conllevan a ello entre otros y el marco conceptual. Capítulo III: se desarrolla la Metodología de investigación, presentación del tipo de investigación; técnicas e instrumentos; lugar de estudio; población y muestra; y pasos para la metodología de investigación. Capítulo IV: se centra en las resultas y discusiones, en el que se presentan las resultas de acuerdo a las metodologías indicadas.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

Según el reporte de 2008 de la Creación del Comité Internacional para Entornos Lacustres (ILEC), en estado eutrófico se halla el 41% de los lagos en Sudamérica. Un caso evidente es México, que ha sido identificado con desafíos de elevación de nutrientes en el agua del lago de Chapala en Jalisco, evaluado como el lago más relevante del país.

La contaminación en el lago Titicaca es evidente a simple vista y a simple percepción sensorial que ha sido Originada por varias razones, principalmente de índole antropogénica, ha causado una perturbación en el ciclo natural de degradación del soporte hídrico. Este fenómeno se atribuye al desarrollo de diversas actividades humanas llevadas a cabo por la población que reside en sus inmediaciones. En la bahía de Puno, la población vertidos de aguas desechables, principalmente de origen doméstico (VMA), además de otros provenientes de



actividades como la minería, turismo y ganadería, causando una alteración tanto en su calidad ambiental como en su valor paisajístico.

En la ciudad de Puno, un caso particular se manifiesta en el deterioro de la bahía de Puno en la situación actual debido a la presencia de restos sólidos y líquidos. Este problema surge a consecuencia de las aguas cloacales que fluyen hacia el lago Titicaca, se ha logrado aumentar el contenido orgánico de nitrógeno y fósforo, mientras que la causa vital de la polución en los recursos hídricos en la bahía. la incorporación de mayor carga de nutrientes no es de estos mese ni mucho menos de un año atrás y en la actualidad vivimos sus consecuencias, y hasta la fecha, no se da solución para los problemas que afectan a la Bahía de Puno.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál será la concentración de nutrientes que caracterizan el grado de eutrofización de la bahía interior del lago Titicaca?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál es la concentración de Nitratos en aguas provenientes de la a bahía interior del lago Titicaca?
2. ¿Cuál es la concentración de Nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca?
3. ¿Cuál es la concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca?



## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. *Objetivo general*

Confirmar la clasificación de la calidad del agua en la ensenada interna utilizando los criterios de eutrofización de APHA y el índice de Carlson, documentando la categoría hipereutrífica.

### 1.3.2. *Objetivos específicos*

1. Medir y documentar las concentraciones exactas de nitritos en los cinco puntos de muestreo (M1, M2, M3, M4, M5) para obtener un perfil claro de la contaminación.
2. Confirmar la clasificación de las aguas como hipereutríficas según el método OECD y el índice de Carlson, documentando los efectos sobre el ecosistema.
3. Analizar cómo el estado hipereutrífico está afectando a la flora y fauna acuática, especialmente en términos de pérdida de biodiversidad y cambios en la comunidad ecológica.

## 1.4. Justificación de la investigación

Se respalda el estudio presentado por el deterioro constatado en la bahía de Puno, el cual resulta del incremento de restos sólidos y líquidos. Este fenómeno se desencadena debido a los líquidos cloacales que desaguan en el lago Titicaca, al lograr incrementar el contenido orgánico de nitrógeno y fósforo, ha pasado a ser la causa predominante de la polución de los recursos hídricos de la bahía, la incorporación de mayor carga de nutrientes no es de estos meses ni mucho menos



de un año atrás, sino es consecuencia de muchos años atrás y en la actualidad vivimos sus consecuencias y hasta la fecha no se da solución para los problemas que se perciben en la Bahía de Puno. El examen ayudará a determinar la verdadera condición de eutrofización en la que se encuentra los líquidos de la Bahía interna del lago Titicaca y tomar conciencia lo que podría pasar más adelante si no se toma medidas correctivas en estos momentos.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. *Hipótesis general*

La concentración de nutrientes en la Bahía Interior del Lago Titicaca está positivamente correlacionada con el grado de eutrofización, medida a través de la proliferación de algas y la disminución de la calidad del agua.

### 1.5.2. *Hipótesis específicas*

1. Las áreas cercanas a fuentes de contaminación (como desagües urbanos y actividades agrícolas) presentan concentraciones significativamente más altas de nutrientes en comparación con áreas más alejadas.
2. Las aguas en estudio se clasificarán como hipereutróficas según el método OECD y el índice de Carlson, lo que indicará un alto nivel de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo
3. El estado hipereutrófico de los cuerpos de agua está provocando una disminución significativa en la biodiversidad de la flora y fauna acuática, así como cambios en la estructura y composición de las comunidades ecológicas



## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable independiente

– Concentración de nitratos y nitratos total, concentración de fosfatos totales.

### 1.6.2. Variable dependiente

– Índices de eutrofización (proliferación de algas, calidad del agua). en el lago Titica sector bahía.

## 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida
<b>Independiente</b>		Nitritos	
Nitritos	Nutrientes	Nitratos	mg/l
Nitratos		Fosfatos	mg/l
Fosfatos			mg/l
<b>Dependiente</b>		Concentración de	
Estado del lago Titicaca sector bahía	Estado de eutrofización	parámetros que miden el estado de eutrofización	mg/l



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Pradenas (2021) en su investigación titulado "Evaluación del estado trófico y determinación de la tolerancia máxima vigente y carga límite del lago Lanalhue", cuyo objetivo fue analizar la situación trófica y calcular sus capacidades de resistencia actual y lugar crítico del lago Lanalhue. Se ejecutó a través del uso del modelo de equilibrio de masas en varios puntos de muestreo (septiembre de 2018, enero de 2019, julio de 2019 y marzo de 2020). Con el propósito de evaluar la distinción en la carga de nutrientes aportada (fósforo y nitrógeno) y la descarga del lago. En términos generales, los resultados indican que las cargas más significativas de fósforo provienen principalmente del río Elicura (27,6%) y los esteros El Natri (21,8%), Calebu (20,7%) y El Peral (17,6%), representando prácticamente el 90% del total de la carga que llega al lago. Respecto al nitrógeno, a pesar de ser los mismos afluentes los que contribuyen la porción superior de este



nutriente, hay un cambio en la disposición de aportación. La desembocadura El Peral (30,1%) y el río Elicura (25,5%) se convierten en los mayores contribuyentes, continuos por los esteros Calebu (20,2%) y El Natri (13,1%). En cuanto a las estimaciones de los balances de fósforo y nitrógeno, se observa que en julio de 2019 existe un mayor flujo de ingreso (3775,8 y 7038 kg/mes, proporcionalmente) y un mínimo flujo de salida (2142,1 y 5524,3 kg/mes, proporcionalmente). Por lo tanto, esta disparidad señaló un depósito de sustancias nutritivas (fósforo y nitrógeno) del sistema durante este lapso. Sin embargo, en los restantes meses (septiembre de 2018, enero de 2019, marzo de 2020), las emisiones excedieron las recepciones. En enero de 2019, en particular, se registró el nivel más elevado en términos de diferenciación (-1653,8 kg/mes), evidenciando la presencia de un flujo interna o, en su defecto, la presencia de aportes externos que ingresan al lago mediante orígenes no calculadas (escorrentías, fosas sépticas, aguas subterráneas, sistemas de alcantarillado, etc.). A través del modelo predictivo (que tiene en cuenta exclusivamente los afluentes como aporte de nutrientes), se evidenció que, en el mes de julio, el flujo de ingreso de nutrientes superó a la de salida, generando una reserva de nutrientes en el lago. Esto contrasta con las otras campañas, donde se observó el fenómeno inverso, con una mayor expulsión de nutrientes. También se corroboró que el estado trófico del lago está influenciado principalmente por el fósforo, y que los niveles de nitrógeno no alcanzan niveles que puedan provocar eutrofización en el lago.

Toapaxi (2018) con su investigación titulada "Evaluación del grado de fertilización del líquido en la Laguna de Atocha de la Parroquia Cusubamba, situada en el Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, durante el período 2017-2018", teniendo el propósito principal la determinación del grado de fertilización del agua



en la laguna. En este sentido, llevaron a cabo dos muestreos, en tiempo de sequía (abril) y otro durante la temporada de lluvias (junio). En estos, se evaluaron parámetros como conducción de oxígeno en disolución (OD), índice de pH, turbidez, nitratos y temperatura. Los resultados indicaron que estos valores se hallan en los topes máximos autorizados por la ley ambiental nacional en vigor. Las medias térmicas fueron de 14,6 °C, durante el tiempo lluvioso descendieron a 12,9 °C. En cuanto a la conducción iónica en la laguna de Atocha, se registró un promedio de 66,47  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la estación de lluvias y de 67,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la temporada de estiaje. Respecto al oxígeno disuelto, se observó un valor de 5,97 mg/l durante la estación de lluvia y de 5,91 mg/l en la estación seca. El pH fue de 7,01 en la estación lluviosa y de 7,07 en la temporada de estiaje, los resultados para el nitrato durante la estación de lluvia fueron de 0,07 mg/l, mientras que en la época de estiaje también fueron de 0,07 mg/l. En cuanto a la turbidez, se obtuvieron valores promedio de 3,16 en período de lluvias y 2,91 en período de estiaje. La cantidad media total de fósforo en los cuatro lugares de monitoreo durante el período de lluvia fue de 16,67 mg/m<sup>3</sup>, mientras que en el período de estiaje fue de 14,45 mg/m<sup>3</sup>. Además, se analizó la concentración de clorofila "a" con valores de 7,82 mg/m<sup>3</sup> en época de estiaje y 7,05 mg/m<sup>3</sup> en periodo de lluvia, proporcionalmente, y el fósforo total con 16,67 mg/m<sup>3</sup> en época de estiaje y 14,45 mg/m<sup>3</sup> en periodo de lluvia. La información posibilitó la evaluación del nivel de eutrofización del líquido mediante el Índice del Estado Trófico. Las resultas señalan que la Laguna de Atocha se halla en una fase mesotrófica, siendo las importantes causas que alteran a esta táctica la actividad ganadera y la dirección de desechos sólidos hacia la laguna.



### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Choque y Jalisto (2021) en su trabajo titulado "Análisis del nivel de esterilización de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco 2021, con el propósito de evaluar su estado. Este estudio aborda el grado descriptivo y analítico, empleando un diseño mixto que incorpora tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. La revisión se ejecutó en cinco lugares de observación, haciendo uso de criterios biológicos como la clorofila y químicos como el nitrógeno total y fósforo total. Los orígenes y efectos se establecieron por medio de conversaciones en profundidad, considerando las declaraciones de seis informantes clave. De acuerdo a las metodologías OECD (1982), los resultados revelan que las sumas totales de clorofila alcanzan los 57,2  $\mu\text{g/L}$ , superando la cifra de 25  $\mu\text{g/L}$  y situándose en la categoría de hipertrófico. En relación con el fósforo total, se observa una concentración de 200,8  $\mu\text{g/L}$ , superando el umbral de 100  $\mu\text{g/L}$ ; por ende, se concluye que la laguna está clasificada como Hipertrófica. Según el procedimiento APHA (1981), se evidenció que la concentración total de nitrato es de 351,6  $\mu\text{g/L}$ , superando el umbral de 200  $\mu\text{g/L}$ ; En consecuencia, la laguna se clasifica como Eutrófica según la metodología mencionada. Utilizando la metodología de Carlson (1977), se determinó que la carga total de clorofila es de 57,2  $\mu\text{g/L}$ , superando el umbral de 56  $\mu\text{g/L}$ , lo que la sitúa en la clase Hipereutrófico. Además, el valor de Carlson para evaluar clorofila es de 70,30  $\text{mg/m}^3$ , superando el límite de 70  $\text{mg/m}^3$ ; en ese sentido, se clasifica en la etapa de eutrofia Hipereutrófico; el valor de Carlson para evaluar nitrógeno total es de 49,75  $\text{mg/L}$ ; Como resultado, se coloca en la condición de eutrofia Mesotrófico con tendencia a Eutrófico. Respecto al fósforo total, el índice trófico de Carlson alcanza los 80,5  $\text{mg/m}^3$ , excediendo los 70  $\text{mg/m}^3$ ; sin embargo, se clasifica en la condición de hipereutrofia. La condición



eutrófica de la laguna se atribuye el empleo de abonos químicos, a la presencia de residuos sólidos derivados de la práctica agropecuaria, al retiro de agua de la laguna para actividades agrícolas, así como a la crianza de animales que produce excretas; En última instancia, las repercusiones identificadas en el lugar son evidentes, como la degradación de la calidad del agua, la merma en la extensión de la laguna y, finalmente, la perturbación del atractivo paisajístico debido al relleno del lecho y expansión de totoras y algas. En resumen, considerando los resultados de laboratorio y la aplicación de las técnicas OECD (1982), APHA (1981) y Carlson (1977), se concluye que el valor de fertilización es Eutrófico - Hipereutrófico. Asimismo, conforme a la estrategia de entrevistas, se identifica que los factores y efectos están vinculadas a la acción agrícola y ganadera. En conclusión, al analizar los resultados de laboratorio y aplicar las técnicas OECD. Por consiguiente, las repercusiones de la eutrofización en la laguna Huatata de Chinchero incluyen la disminución de la calidad del agua en términos físicos, químicos y biológicos. Esto se manifiesta de manera perceptible y mensurable mediante olores desagradables, color oscuro y aumento de la turbidez. Además, se observa un incremento en los contenidos de nitrógeno total en los puntos C-03 y C-04, y de fósforo total en C-01 y C-02, así como un elevado contenido de clorofila en el punto C-04. También se evidencia la menor extensión lagunar de 1,4 hectáreas en la última década y, por último, la modificación de la belleza paisajística, en este momento afectada por colmatación y la expansión de algas y totoras.

Escobar y Espiniza (2021) en su investigación denominada "Grado de fertilización en la laguna de Choclococha, Huancavelica, durante el año 2019", La intención de la averiguación fue examinar el grado de eutrofización en la laguna de Choclococha. Para esto, se realizaron muestreos en las proximidades de las orillas



de la laguna, enfocándose en áreas de escasa profundidad para prevenir cambios en la composición natural del agua. El proyecto evaluó los indicadores de fósforo total, clorofila, nitratos y claridad. Según los resultados, el contenido de nitratos en la laguna Choclococha, lograda a partir del promedio del índice de la situación trófica de los tres muestreos efectuados, es de 150.24 mg/m<sup>3</sup>, situando a la laguna en un estado hipertrófico. Asimismo, se examinó el contenido de fósforo total en la laguna Choclococha, lograda desde el promedio del indicador del estado trófico en los tres muestreos efectuados, la cual resultó ser de 78.87 mg/m<sup>3</sup>, indicando que la laguna se encuentra en estado hipertrófico. En cuanto al contenido de clorofila en la laguna Choclococha, calculada a partir del promedio del indicador del estado trófico en los tres muestreos efectuados, es de 93.77 mg/m<sup>3</sup>, clasificando la laguna con alto grado de eutrofización. Además, en relación con el nivel de transparencia obtenido a partir del promedio de la valoración del estado trófico a lo largo de tres muestreos consecutivos, es de 67.68 mg/m<sup>3</sup>, situando a la laguna también en una situación trófica extrema. En resumen, la laguna de Choclococha exhibe una situación trófica extrema según los métodos tradicionales aplicados en la zona de Santa Inés, Huancavelica.

Mamani (2017) llevó a cabo el estudio acerca de la "Instauración de un modelo matemático para calificar la calidad del líquido en el incremento de nutrientes en el embalse El Pañe". Esta represa está situada en una región tripartita entre Arequipa, Cusco y Puno, ubicado sobre el río Negrillo en la provincia de Espinar, distrito de Condorama, región de Cusco. El análisis tuvo como meta la introducción de tipo tanto cuantitativo como cualitativo para evaluar la calidad del agua y su evolución de eutrofización en relación con el tiempo y el espacio. La metodología incluyó la vigilancia de la calidad del agua durante un lapso de seis



meses, utilizando el marco de calidad del agua WASP desde el 26/10/2015 al 29/10/2018. Condujo un análisis de sensibilidad que reveló que el movimiento béntico tiene una influencia significativa, representando un aporte continuo de 5 mg/m<sup>2</sup>-día de fosfato y amonio se estima en torno al 61% del peso del fitoplancton (clorofila-a). Además, se determinó que la crianza de cuyes tiene un impacto del 27,7%, mientras que se valoró que el 75,8% de la clorofila no ha sido cuantificada. En resumen, se calcularon dos escenarios. Primeramente, la alteración en la calentura atmosférica ocasionó una diferenciación en la condición de calentura del agua, oscilando entre 2,8 y 1°C, impactando la clorofila en un rango del 4 al 6%. En el escenario secundario, que consistió en la replicación en la cría de cuyes, se demostró una consecuencia más significativa en la clorofila, obteniendo un 26%. En fin, al combinar ambas escenas, se observa una variación en la clorofila del 31%. Este enfoque es valioso para comprender las repercusiones y los elementos clave que afectan la calidad del agua, lo que permite la aplicación de estrategias preventivas, acciones de remisión y la estabilización de los sedimentos. Igualmente, determinó las reuniones de los parámetros asociados al fenómeno de eutrofización en áreas de difícil acceso del embalse y extendió estas estimaciones en el tiempo hasta octubre de 2018 a lo largo de toda la extensión del embalse. Al comparar estos resultados con las Directrices de Calidad Ambiental (ECA), se constató que los grados para clorofila-a y fósforo total superan repetidamente los estándares establecidos, a diferencia de los nitratos. Los niveles de oxígeno disuelto muestran valores adecuados, indicando una buena oxigenación, lo que lo convierte en un indicador inapropiado de eutrofización.



### 2.1.3. Antecedentes regionales

Villanueva (2022) en su estudio "Niveles de nitrógeno y fósforo en la región litoral del lago Titicaca, distrito de Juli, durante el año 2021" buscó determinar los niveles de nitrógeno y fósforo en esta zona. Las muestras se tomaron en 4 puntos dentro de un polígono de 400 x 200 m, cerca de un área afectada por aguas residuales de las lagunas de oxidación de Juli, y fueron analizadas en laboratorios de Arequipa y B&C. El nitrógeno total se midió con el método Kjeldahl y el fósforo total por fotometría. Los valores promedio de nitrógeno en la temporada lluviosa (febrero-marzo) fueron de 0.62 mg/L, y en la seca, 0.87 mg/L, ambos por encima del límite de 0.315 mg/L según las Directrices de Calidad Ambiental (ECA) categoría 4, subcategoría E1. En contraste, los niveles de fósforo total fueron de 0.027-0.028 mg/L, por debajo del límite de 0.035 mg/L. Las condiciones ambientales presentaron temperaturas entre 16.91 y 17.26 °C, pH de 8.28-8.37 y conductividad de 1233-1265 uS/cm, esta última superando el límite de 1000 uS/cm establecido por las ECA. Se sugiere que este aumento podría estar relacionado con solutos disueltos, posiblemente de aguas residuales o la actividad de las truchas.

Ortega (2015) en su estudio "Vínculo entre la carga de nutrientes y la condición trófica de la bahía dentro del lago Titicaca, Puno 2015" buscó establecer la relación entre la carga de nutrientes y la condición trófica en la bahía del lago Titicaca en Puno. El análisis incluyó la clorofila total, fósforo total y turbidez, recolectados cerca del paseo eco-turístico de la bahía. Las muestras fueron analizadas en la Universidad Nacional del Altiplano en Puno y procesadas estadísticamente para determinar correlaciones. Se encontró que los niveles promedio de fósforo total fueron de 8.25 mg/m<sup>3</sup>, clasificados como perjudiciales y



posicionando a la bahía en la categoría eutrófica. Este fósforo puede generar un aumento significativo en la biomasa, elevando la demanda de oxígeno y afectando el ecosistema. La clorofila total promedio fue de 125.2 mg/m<sup>3</sup>, reflejando una proliferación acelerada debido a la eutrofización, lo que causa consumo de oxígeno, sedimentación y formación de lodos malolientes. Además, la turbidez mostró una relación directa con la condición trófica, con una disminución de la claridad a 0.51 metros, lo que afecta la penetración de luz y agrava el estado eutrófico de la bahía.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Ecosistemas acuáticos**

El agua es el componente más abundante y fundamental de nuestro planeta, desempeñando un papel crucial para la existencia de toda forma de vida. En este contexto, los mares y océanos, debido a su vasta extensión y diversidad, se destacan como los ecosistemas acuáticos más importantes y ampliamente reconocidos a nivel mundial. Su relevancia se debe a su influencia significativa sobre el clima y las corrientes oceánicas, así como a su función esencial en la economía humana, especialmente en lo que respecta a las actividades pesqueras a gran escala, entre otras.

Además, existen diversos entornos acuáticos continentales, cada uno con sus características y fauna únicas, que interactúan de manera directa con los ecosistemas circundantes y las comunidades cercanas. Estos sistemas acuáticos son objeto de un creciente interés en la investigación contemporánea, dada su importancia ecológica y económica. La tabla que se presenta a continuación detalla las diferentes variedades de entornos acuáticos y su categorización según su



posición geográfica y los patrones de movimiento específicos, tal como lo indican Sánchez et al. (2007)

**Tabla 2**

*Tipos de sistemas acuáticos*

Tipos de ecosistemas acuáticos		Ejemplo
	Lóticos	Ríos y arroyos
Humedales	Interiores Lénticos	Humedades y métodos de aguas profundas (lagos, ríos, embalse, cenote, ciéneda)
	Costeros	Humedales y métodos de aguas profundas (marisma, estero, estuario)
	Marinos	Arrecifes, lagunas costeras y bahías.

*Nota.* Sánchez et al., (2007)

**2.2.1.1. Ecosistemas Lénticos.**

Como indica (Sánchez y otros, 2007), Pertenecen a los reservorios cuyo líquido se desplaza principalmente en la concavidad del relieve en la que se encuentran. Este movimiento se caracteriza principalmente por ser lento, Con flujos mayormente convectivos y un intercambio de aguas más o menos restringido. Un caso típico de estos ecosistemas es:

**Lagos:** Se trata de masas de agua rodeadas de tierra y apartadas del mar u océano; muchos lagos se distinguen por tener agua dulce y se originan al ocupar una cuenca o depresión en el terreno. Suelen ser desaguados o abastecidos por otras extensiones de agua, comúnmente ríos y arroyos.

**Cuerpos de agua en cuencas endorreicas:** Se caracterizan por tener laderas que convergen hacia un lugar centro, sin fluir hacia otras cuencas ni alcanzar al mar. De esta manera, en el contexto de un lago de

cuenca endorreica se concentran los líquidos recogidos por cada vertiente, culminando su movimiento en la superficie precisamente en dicho cuerpo de agua. Las únicas formas de salida para el agua atraída son la absorción en el subsuelo o la evaporación.

**Lagunas:** Se trata de masas de agua que mantienen intersección con el océano y exhiben agua salina, una combinación de agua salada y dulce. Esta salinidad se debe, en su mayoría, al aporte de agua dulce proveniente principalmente de ríos. Por esta razón, se les llama lagunas litorales, y se consideran parte de la orilla marítima, actuando como entornos acuáticos en una interfaz entre el mar y los continentes. (Quiroz & Reza, 2014)

#### 2.2.1.2. Ecosistemas Lóticos.

Se caracterizan por su evidente flujo horizontal veloz, con una orientación aproximada y una constante renovación de fluido. A manera de modelo con (Sánchez y otros, 2007) se poseen los:

**Arroyos y ríos de montaña:** Estos segmentos presentan un flujo cuesta abajo turbulento y una velocidad elevada, generando una notable oxigenación en el agua que beneficia a diversos seres vivos, incluyendo vegetal, animal, fúngica y microorganismos. En este entorno, los componentes arrastrados desgastan las paredes y el lecho gradualmente que son impulsados por el curso principal fluye en dirección a estas áreas. El desgaste resultante se diferencia a causa de la presencia de un estrato vegetal. (Winward, 2000)

**Ríos de pie de monte y planicie:** Poseen segmentos más extensos con corrientes laminar y de baja velocidad, ya que el declive es más suave.



La transparencia de estas aguas está vinculada a la rapidez del flujo derivado de áreas elevadas. Durante el tiempo de sequía, las aguas que llegan al río en la llanura con claridad relativa. No obstante, en la temporada de lluvias, la turbidez de los afluentes aumenta considerablemente por el transporte de materiales desde múltiples fuentes en la cuenca. Además, en diferentes elevaciones, se pueden encontrar diversidad de flora acuática sumergida, emergente y flotante, y hay predominancia de fauna acuática (Sánchez et al., 2007).

### **2.2.1.3. Eutrofización.**

Conforme Seoánez (2000), la existencia nutritiva como nitrógeno y fósforo es fundamental para la vida en ríos, lagos y mares. Primeramente, la entrada de estos nutrientes es esencial, ya que genera diversos efectos positivos, entre ellos, el aumento de la pesca. No obstante, una abundancia de nutrientes en el medio hídrico conduce a una sobreabundancia o eutrofización, lo cual constituye una dificultad grave de polución.

A pesar de que esta situación es frecuente y ocasionalmente inalterable en lagos y embalses, así como en las aguas marinas, dada su vasta extensión, el exceso de compuestos minerales y orgánicos de fósforo y nitrógeno, originados por múltiples orígenes como limpiadores y aguas pluviales, generan un incremento en el fitoplancton y alteraciones en las especies, en el zooplancton, al igual que en el necton y bentos.

Escobar (2006) se denomina eutrofización al enriquecimiento desmedido del agua con nutrientes específicos, como fósforo y nitrógeno, dando lugar al crecimiento excesivo de algas. El inconveniente radica en



que, en caso de exuberancia de nutrientes, flora y otros seres vivos proliferan en exuberancia. Posteriormente, al morir, se descomponen y generan malos olores, otorgándole un aspecto desagradable al agua y reduciendo drásticamente su calidad.

La putrefacción absorbe una cantidad significativa de oxígeno en disolución, volviendo el agua inapropiada para la abundancia de las expresiones de vida. La acción de las descargas antropogénicas acelera las etapas de eutrofización, llevándolo, en varias ocasiones, a convertirse en una dificultad seria de polución. Los principales aportes urbanos de nutrientes son:

- Las descargas urbanas, que transportan purificadores y residuos fertilizantes, residuos orgánicos y otros residuos biodegradables.
- Las descargas ganaderas y agrícolas, que incorporan con abundancia de fosfatos y nitratos

Wetzel (1981) sostiene que, en el caso de un lago que ha logrado una seria condición eutrófica, se generan aglomeraciones intensivas que aumentan la turbidez y reducen la limpidez.

Hoy en día, el término se emplea para referirse a la sobreabundancia constante y persistente de nutrientes en una fuente acuática, lo que puede ocasionar un progreso máximo no deseado de plantas acuáticas, que abarca microalgas y macrofitas. La eutrofización alcanza su máxima gravedad en lagos, embalses y lagunas naturales, aunque se presenta en el entorno marino, en estuarios, al igual que en cursos fluviales, especialmente aquellos de baja prontitud.



Existen dos formas de eutrofización a tener en cuenta: la eutrofización natural o secular, que progresa de manera muy gradual, influenciada por condiciones naturales; y la acumulación nutritiva cultural o apresurada, originada por las acciones humanas, derivada de la liberación nutritiva en los entornos acuáticos.

#### **2.2.1.4. El proceso de eutrofización**

Moreno et al., (2010) el proceso de eutrofización sigue una dinámica específica: inicialmente se clasifica como oligotrófica, cuando recibe o se enriquece gradualmente con nutrientes, dando inicio a cambios como el aumento del plancton, lo que provoca cierta turbidez en el agua. Esto a su vez genera un desarrollo lento de la vegetación o su desaparición, resultando en la escasez de alimentos, la reducción del hábitat y la disminución del oxígeno disuelto necesario para la síntesis luminosa. El agotamiento de oxígeno se profundiza ya que el fitoplancton, al combinarse con organismos fotosintéticos, también produce oxígeno, saturándose de gases en la superficie del agua, y el sobrante se libera al aire. El desarrollo de un estrato que bloquea la entrada de luz al fondo lacustre, combinado con las acciones humanas, acelera el fenómeno de exceso de nutrientes.

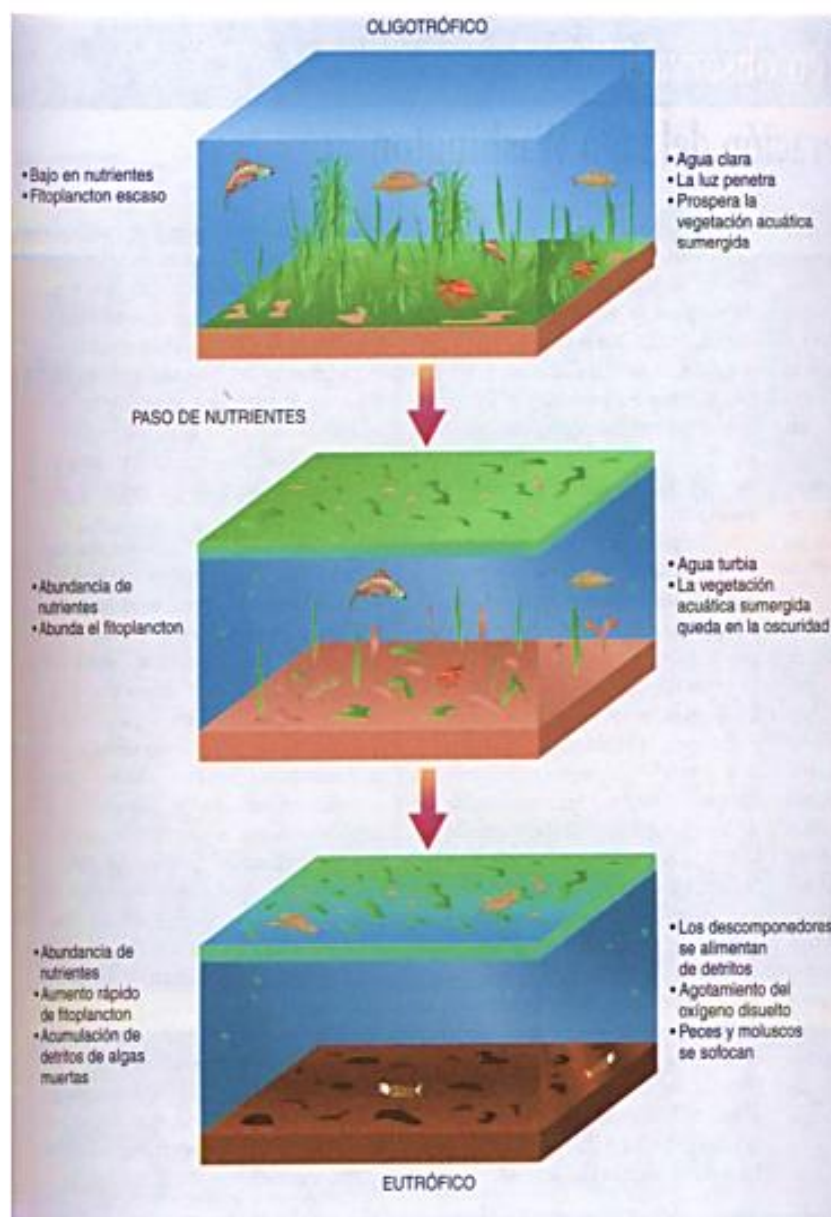
Moreta (2008) en cuerpos de agua donde la superficie es considerablemente mayor en comparación con la profundidad, un aporte significativo de nutrientes proporciona la materia prima esencial para el funcionamiento y la proliferación de organismos fotosintéticos. El crecimiento se ve impulsado aún más debido al aumento en la producción primaria, que a su vez amplifica la regeneración de nutrientes y materia biodegradable de nutrientes y materia orgánica.

La abundancia y reunión del fitoplancton en la superficie captura la luz, impidiendo su penetración adecuada y generando turbidez y oscuridad, lo que restringe la generación en las estratas más profundas.

Esta acción requiere el oxígeno en solución, alterando las situaciones del entorno y limitando la vida en las capas inferiores.

**Figura 1**

*Esquema del proceso de eutrofización de los lagos*



Nota. Moreta (2008)

### 2.2.1.5. Niveles de eutroficación

**Ultraoligotrófico.**- Un ecosistema ultraoligotrófico se caracteriza por tener niveles extremadamente bajos de nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, lo que limita significativamente la productividad primaria. Los cuerpos de agua ultraoligotróficos son cristalinos, con una transparencia alta debido a la baja concentración de partículas en suspensión y nutrientes disueltos. La vida acuática es escasa, pero está bien adaptada a las condiciones de pocos recursos. Estos ambientes son típicos de lagos de montaña o regiones prístinas. La falta de nutrientes reduce el crecimiento de algas y fitoplancton, lo que a su vez genera bajos niveles de biomasa y mínimas demandas de oxígeno (Soares y Schroder, 2015).

#### Figura 2

*Ejemplo de un cuerpo de agua Ultraoligotrófico*



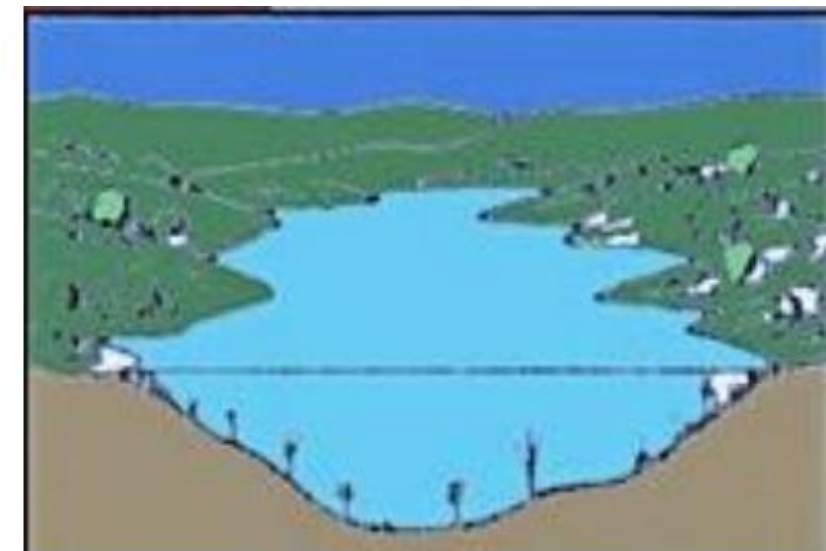
*Nota.* Laboratorio de limnología e planeamiento Ambiental (2016)

**Oligotrófico.**- Los ecosistemas oligotróficos son cuerpos de agua que contienen bajos niveles de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, lo que limita la producción biológica. Este tipo de ecosistemas

tiene aguas claras, con alta transparencia y bajos niveles de biomasa, incluyendo algas y fitoplancton. La concentración de oxígeno disuelto es generalmente alta, lo que favorece la biodiversidad, especialmente de peces y otras especies que requieren un ambiente limpio y bien oxigenado. Los lagos oligotróficos se encuentran comúnmente en áreas montañosas o regiones frías, y son considerados cuerpos de agua saludables y bien conservados, con bajo riesgo de eutrofización (Vásquez et al., 2012).

### Figura 3

*Ejemplo de un cuerpo de agua Oligotrófico*



*Nota.* Laboratorio de limnología e planeamiento Ambiental (2016)

**Mesotrófico.** Los cuerpos de agua mesotróficos presentan niveles moderados de nutrientes y productividad. En estos ecosistemas, las concentraciones de fósforo y nitrógeno son suficientes para sustentar un crecimiento equilibrado de algas y plantas acuáticas, sin llegar a los excesos observados en sistemas eutróficos. La transparencia del agua es intermedia,

y la cantidad de oxígeno disuelto es generalmente adecuada para mantener una variedad moderada de vida acuática. Los lagos mesotróficos suelen tener una mezcla de características de los ecosistemas oligotróficos y eutróficos, y aunque están en equilibrio, pueden ser vulnerables a un aumento de nutrientes que los desplace hacia la eutrofización (Ortega, 2015).

#### Figura 4

*Ejemplo de un cuerpo de agua Mesotrófico*



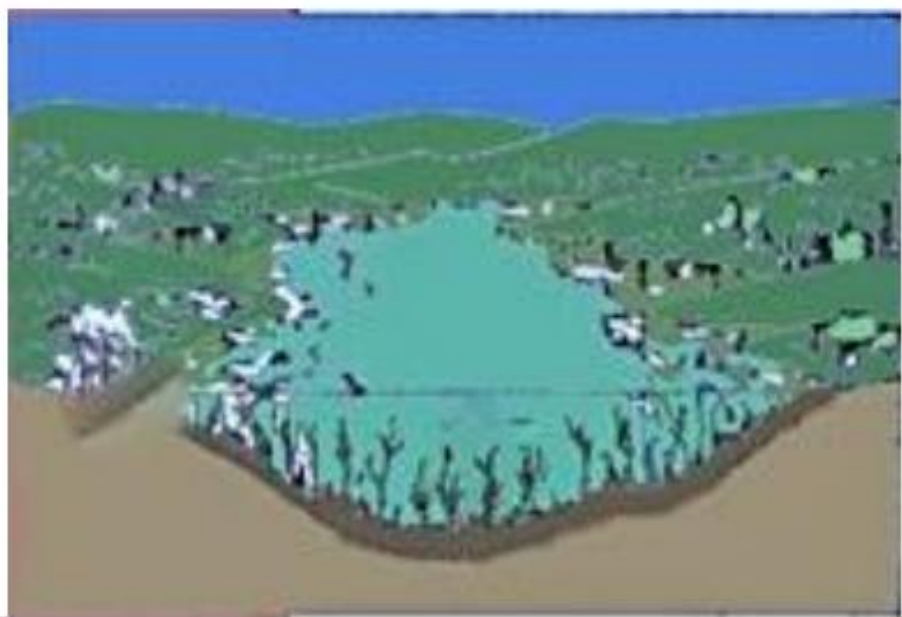
*Nota.* Laboratorio de limnología e planejamento Ambiental (2016)

**Eutrófico.** Los ecosistemas eutróficos tienen una alta concentración de nutrientes, como fósforo y nitrógeno, lo que promueve un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. Este incremento de biomasa afecta la calidad del agua, reduciendo la transparencia y aumentando la demanda de oxígeno, especialmente durante la descomposición de materia orgánica. El resultado es una disminución de los niveles de oxígeno disuelto, lo que puede llevar a la muerte de peces y otros organismos acuáticos. Los lagos

eutróficos a menudo experimentan floraciones de algas, lo que puede generar condiciones anóxicas y afectar negativamente la biodiversidad y los usos recreativos o económicos del agua (Zouiten, 2012).

### Figura 5

*Ejemplo de un cuerpo de agua Eutrófico*



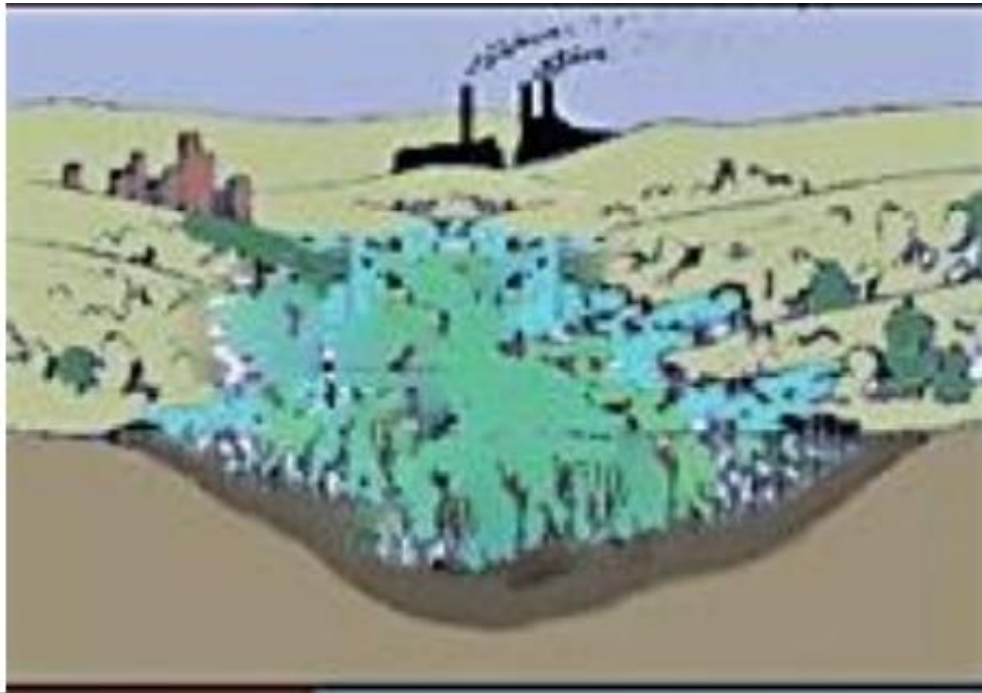
*Nota.* Laboratorio de limnología e planejamento Ambiental (2016)

**Hipereutrófico.**- Un ecosistema hipereutrófico se caracteriza por niveles extremadamente altos de nutrientes, lo que provoca una proliferación descontrolada de algas y plantas acuáticas. Estas condiciones generan un deterioro significativo de la calidad del agua, con reducida transparencia y concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto, especialmente en las capas más profundas. Este ambiente favorece la aparición de zonas muertas, donde la vida acuática es insostenible debido a la falta de oxígeno. Los cuerpos de agua hipereutrófico son altamente inestables y propensos a

floraciones tóxicas de algas, lo que puede causar graves impactos ambientales y afectar la salud pública (Soares y Schroder, 2015).

### Figura 6

*Ejemplo de un cuerpo de agua Hipereutrófico*



*Nota.* Laboratorio de limnología e planejamento Ambiental (2016)

#### 2.2.1.6. Efectos de la eutroficación

Vollenweider y Kerejes (1983) El aumento desmesurado de plantas acuáticas puede llevar a una notable pérdida en la calidad del agua, lo que genera una serie de inconvenientes significativos. En primer lugar, este crecimiento excesivo afecta negativamente el aroma y el sabor del líquido, transformando sus características organolépticas de manera desfavorable. Además, se observa un cambio en el tono del agua, que puede volverse más oscura o turbidez, lo que impide la penetración adecuada de la luz y afecta la fotosíntesis de otros organismos acuáticos.



Asimismo, este fenómeno contribuye a la disminución de la concentración de oxígeno, lo que altera la dinámica biológica y puede poner en riesgo la supervivencia de diversas especies de peces y otros organismos acuáticos. Las condiciones en las que estos seres vivos existen se ven gravemente alteradas, lo que puede provocar un desequilibrio en el ecosistema.

Estos problemas pueden adquirir tal importancia que obstaculizan e incluso impiden el uso del líquido para ciertos propósitos. Los sectores más perjudicados por este anómalo son: el suministro agua potable para uso público e industrial, la estética del panorama, la industria turística, la pesquería de fauna originaria y el abastecimiento de centrales eléctricas. Adicionalmente, la existencia puede surgir de algas tóxicas en particular en la toxicidad en animales, especialmente en el ganado.

Las repercusiones de la eutrofización, consideradas generalmente como no deseados, pueden en algunos casos ser beneficiosas. Los estanques de depuración, a modo de ejemplo, representan masivamente cuerpos de agua eutrofiados que ofrecen considerables ventajas.

En condiciones específicas y dentro de ciertos límites de equilibrio, la eutrofización supervisada puede favorecer un mejor rendimiento de peces en la piscicultura. Sin embargo, es importante señalar que la eutrofización planificada con el objetivo de lograr una mayor productividad no siempre ha arrojado resultados positivos. Como es ampliamente conocido, la eutrofización modifica de manera significativa la estructura del plancton y la comunidad



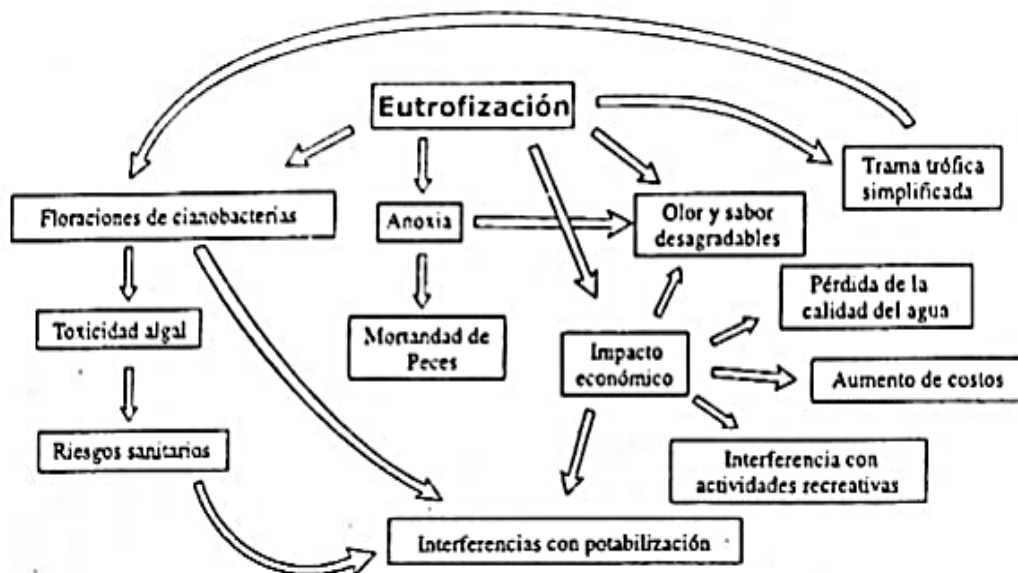
acuática, dando lugar a diversas de situaciones de balance, como la sustitución de especies.

En otro sentido, es importante señalar que la lucha contra la presencia de fósforo nunca debe adoptar medidas extremas, ya que se entiende que este elemento juega un papel esencial para asegurar la existencia en nuestro mundo; basta con reconocer la importancia de la función del adenosín trifosfato en depósito energético para la biosíntesis, así como la relevancia de los fosfatos en la síntesis del ácido nucleico.

Los impactos adversos de la eutroficación más reconocidos pueden ser compendiados de la subsiguiente manera:

- a) Crecimiento desmesurado y desventajas de la flora acuática, abarcando la proliferación de algas y el florecimiento de macrofitas, entre otros.
- b) Cambios significativos en la biomasa, con la modificación de tipos de peces y otros seres vivientes;
- c) Desintegración de restos orgánicos al finalizar su fase vital, consumo y reducción del oxígeno en disolución, provocando condiciones de anoxia.
- d) Degradación de la calidad del líquido con cambios en la configuración, color, turbidez, nitidez, entre otros aspectos.
- e) Liberación de vapores y generación de malos olores.
- f) Creación de almacenes bentales y recirculación de nutrientes.
- g) Daños significativos para el aprovechamiento de líquido en suministro para uso en hogares y en la industria.
- h) Daños para la inyección y utilización hidroeléctrica.
- i) Varios inconvenientes en el turismo, recreación y paisaje.
- j) Mayor evaporación.

- k) Aumento de barreras para el flujo de las aguas.
- l) Generación de agentes nocivos y posibles daños para animales de crianza.
- m) Ambiente favorable para la reproducción de insectos, gusanos y otros portadores.

**Figura 7***Consecuencias de la Eutrofización*

Nota. Burgos (2018)

### 2.2.1.7. Nutrientes en el proceso de eutrofización

Es un proceso ecológico impulsado principalmente por el exceso de nutrientes en un cuerpo de agua, especialmente nitrógeno y fósforo. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento de organismos acuáticos, pero en cantidades elevadas pueden desencadenar una sobreproducción de algas y plantas. Cuando estos organismos crecen de forma descontrolada, bloquean la luz solar y reducen la cantidad de oxígeno disponible, lo que



puede llevar a la muerte de especies acuáticas y la degradación del ecosistema. La fuente principal de estos nutrientes proviene de la agricultura (fertilizantes), aguas residuales y actividades industriales. Este proceso afecta directamente la calidad del agua, la biodiversidad y los usos humanos, como la pesca y el suministro de agua potable. La eutrofización puede ser difícil de revertir una vez que se ha iniciado, lo que hace que la prevención mediante la reducción de la entrada de nutrientes sea crucial para la preservación de los ecosistemas acuáticos (Zouiten, 2012).

**Nitratos.** Los nitratos son compuestos esenciales que contienen nitrógeno, un nutriente clave en el crecimiento de plantas y organismos acuáticos. En concentraciones adecuadas, los nitratos contribuyen a la salud de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, cuando las concentraciones de nitratos aumentan debido a la actividad humana, como el uso intensivo de fertilizantes en la agricultura y la liberación de aguas residuales, pueden causar impactos negativos. El exceso de nitratos favorece el crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas, un proceso conocido como eutrofización. Este crecimiento excesivo reduce la cantidad de oxígeno disponible en el agua, lo que puede llevar a la muerte de peces y otras formas de vida acuática. Además, el exceso de nitratos en el agua potable puede tener efectos adversos sobre la salud humana, como la enfermedad del "bebé azul" en los lactantes. Controlar las fuentes de nitratos es fundamental para evitar la degradación de los ecosistemas acuáticos (Espinel, 2018).

**Fosfatos.** Los fosfatos son compuestos que contienen fósforo, otro nutriente esencial para el crecimiento de plantas y organismos acuáticos. En



concentraciones naturales, los fosfatos son vitales para la salud de los ecosistemas acuáticos, pero su exceso puede tener consecuencias negativas graves. La principal fuente de fosfatos en cuerpos de agua proviene del uso de fertilizantes agrícolas, detergentes y aguas residuales. El exceso de fosfatos en el agua favorece el crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas, lo que lleva a la eutrofización. (Ortega, 2015)

Este proceso puede resultar en la disminución del oxígeno disuelto en el agua, la muerte de organismos acuáticos y la alteración de los ecosistemas. Además, la acumulación de algas puede afectar la calidad del agua, provocando la aparición de olores desagradables y toxinas dañinas. La gestión de la entrada de fosfatos en los cuerpos de agua es crucial para prevenir la eutrofización y proteger los ecosistemas acuáticos (Maldonado , 2018)

**Clorofila “a” del agua.** La clorofila "a" es un pigmento presente en las algas y las plantas acuáticas que juega un papel esencial en la fotosíntesis. En los cuerpos de agua, la concentración de clorofila "a" es un indicador clave de la cantidad de biomasa fitoplanctónica presente. Durante el proceso de eutrofización, el aumento de nutrientes, como nitratos y fosfatos, fomenta el crecimiento desmesurado de algas, lo que se refleja en niveles elevados de clorofila "a". (Carlson y Simpson, 1996)

Este aumento excesivo de biomasa algal puede desencadenar varios problemas ecológicos, como la disminución de la transparencia del agua, la reducción de oxígeno disuelto y la degradación general de la calidad del agua. La clorofila "a" se utiliza a menudo como un indicador en la evaluación



de la salud de los ecosistemas acuáticos y en la clasificación de cuerpos de agua en diferentes estados tróficos, como oligotrófico, mesotrófico y eutrófico. Mantener niveles bajos de clorofila "a" es crucial para evitar el deterioro del ambiente acuático. (Manrique, 2003)

#### 2.2.1.8. Otros Factores Relacionados al Proceso de Eutrofización

**Transparencia.** La transparencia del agua se refiere a la claridad del agua y es un indicador importante de la calidad del agua. Durante la eutrofización, la proliferación excesiva de algas y materia particulada reduce la transparencia, lo que limita la penetración de la luz solar en las capas más profundas del cuerpo de agua. Esto afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos, ya que las plantas sumergidas dependen de la luz solar para realizar la fotosíntesis. La disminución de la transparencia también reduce la capacidad de observación y monitoreo del ecosistema acuático, haciendo más difícil detectar problemas tempranos en la calidad del agua (Sierra, 2011).

**Temperatura.** Juega un papel fundamental en los procesos biológicos y químicos de los ecosistemas acuáticos. La temperatura puede acelerar la proliferación de algas y otros organismos al aumentar las tasas metabólicas. El agua más cálida también retiene menos oxígeno, lo que exacerba los problemas de desoxigenación causados por la descomposición de biomasa en exceso. Los cuerpos de agua en regiones cálidas o durante estaciones cálidas son más susceptibles a la eutrofización rápida debido a la combinación de nutrientes elevados y temperaturas elevadas, lo que facilita el crecimiento descontrolado de algas (Vásquez et al., 2012).



**Oxígeno disuelto.** El oxígeno disuelto es esencial para la vida acuática, ya que los organismos dependen de él para la respiración. Durante la eutrofización, el exceso de algas y su posterior descomposición agotan los niveles de oxígeno disuelto en el agua, creando zonas muertas donde la vida acuática no puede sobrevivir. Los niveles bajos de oxígeno disuelto, también conocidos como condiciones hipóxicas o anóxicas, son perjudiciales para los peces, crustáceos y otros organismos acuáticos. La falta de oxígeno también altera los procesos biogeoquímicos en el agua, favoreciendo la liberación de nutrientes del sedimento, lo que agrava aún más el proceso de eutrofización (Sierra, 2011).

**Conductividad eléctrica.** La conductividad eléctrica del agua es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, lo que depende de la concentración de iones disueltos, como sales y minerales. Durante la eutrofización, la concentración de iones en el agua puede aumentar debido a la descomposición de biomasa y la entrada de nutrientes y contaminantes. Una conductividad alta puede indicar una mayor carga de nutrientes, especialmente cuando está asociada con la entrada de aguas residuales o fertilizantes. Monitorear la conductividad eléctrica es útil para evaluar la salud del ecosistema y el grado de eutrofización (Peña et al., 2012).

**Ph.** El pH es una medida que se utiliza para determinar qué tan ácida o básica es una sustancia. Es un concepto muy importante en química y se usa en muchas áreas, como la biología, la medicina, la industria y el medio ambiente. La escala de pH va del 0 al 14. Un pH de 7 se considera neutral, lo que significa que no es ni ácido ni básico, como, por ejemplo, el agua pura.



Si una sustancia tiene un pH menor a 7, se considera ácida, y si tiene un pH mayor a 7, se considera básica o alcalina.

El pH es importante porque muchas reacciones químicas y biológicas dependen de él. Por ejemplo, en el cuerpo humano, la sangre tiene un pH que normalmente está entre 7.35 y 7.45. Si el pH de la sangre cambia mucho fuera de este rango, el cuerpo no funcionará correctamente, lo que podría llevar a problemas de salud graves. Las plantas también dependen del pH del suelo para crecer bien. Si el suelo es demasiado ácido o demasiado básico, las plantas pueden tener dificultades para absorber los nutrientes que necesitan.

Para medir el pH, se pueden usar varios métodos. Uno de los más simples es el uso de papel indicador de pH, que cambia de color dependiendo del pH de la solución en la que se sumerge. También se puede utilizar un medidor de pH digital, que es más preciso y común en laboratorios. Estos instrumentos miden la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en una sustancia, lo que determina su acidez o basicidad.

El pH de una sustancia se relaciona directamente con la concentración de iones de hidrógeno en ella. Cuanto más ácida es una solución, mayor es la concentración de estos iones. En una solución básica, la concentración de iones de hidrógeno es mucho menor y, en cambio, hay una mayor cantidad de iones hidroxilo ( $OH^-$ ).

El pH también juega un papel importante en el medio ambiente. Por ejemplo, la lluvia normalmente tiene un pH ligeramente ácido, alrededor de 5.6, debido a la presencia de dióxido de carbono en el aire, que se disuelve



en el agua y forma ácido carbónico. Sin embargo, cuando la lluvia se vuelve mucho más ácida debido a la contaminación del aire, como en el caso de la "lluvia ácida", su pH puede bajar mucho más, causando daños a los ecosistemas. La lluvia ácida puede dañar los árboles, acidificar los lagos y ríos, y afectar la vida silvestre.

En la industria, el control del pH es crucial para muchos procesos. Por ejemplo, en las plantas de tratamiento de agua, el pH se ajusta cuidadosamente para asegurar que el agua sea segura para beber. En la fabricación de alimentos, el pH influye en el sabor, la textura y la conservación de los productos. También en la agricultura, los agricultores a menudo ajustan el pH del suelo para mejorar las condiciones de crecimiento de los cultivos.

Además, en nuestra vida cotidiana, el pH juega un papel en muchos productos que usamos. Por ejemplo, los productos de limpieza a menudo son muy básicos o muy ácidos para ayudar a eliminar la suciedad y los gérmenes. Los productos de cuidado personal, como los champús y los jabones, están formulados para tener un pH equilibrado que no irrite la piel (Arocena, 2016).

### **2.2.1.9. Química de los Macronutrientes Nitrógeno y Fósforo**

#### **Asociados a La Eutrofización**

**Nitrógeno.** Es un dispositivo biogénico presente en materia orgánica esenciales para las funciones celulares fundamentales. Este componente esencial constituye aminoácidos, cadenas nucleicas, azúcares aminados y



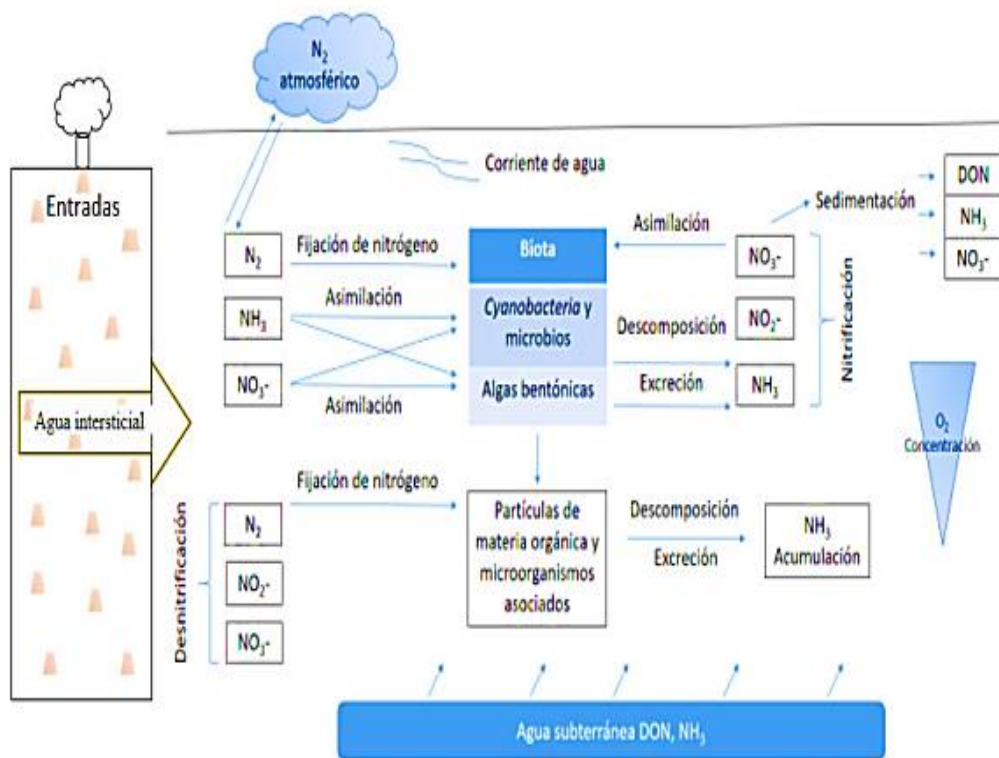
Las macromoléculas formadas por estos compuestos conforman (Giraldo, Agudelo y Palacio, 2010).

El nitrógeno (N) se presenta en el hábitat en diversas formas químicas; no obstante, en el contexto de la calidad del agua, las sustancias nitrogenadas más significativos son el nitrógeno orgánico, el amonio, el nitrito, el nitrato y el nitrógeno gaseoso. Por consiguiente, estos compuestos serán el punto focal del ciclo del nitrógeno.

La dinámica biológica del nitrógeno es el ciclo de la conversión de factores específicos. En ambientes acuáticos, las cianofíceas llevan a cabo el proceso de fijación del nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ), representando el 78% de esta actividad. El nitrógeno resultante de la fijación integrante de los seres vivos, liberando amonio ( $NH_4^+$ ) a través de la función respiratoria y descomposición de residuos generados por la descomposición de alimentos no consumidos, así como de organismos muertos, entre otros. Luego, las bacterias nitrosomonas y nitrobacter se agrupan para iniciar la oxidación biológica del  $NH_4^+$  convirtiéndolo en nitritos ( $NO_2^-$ ). Posteriormente, en una segunda fase, entra en escena la bacteria nitrospira o nitrobacter, encargada de oxidar los  $NO_2^-$  y transformarlos en nitratos ( $NO_3^-$ ).

**Figura 8**

*Ciclo del Nitrógeno en Ecosistemas Acuáticos*



*Nota.* Maldonado (2018)

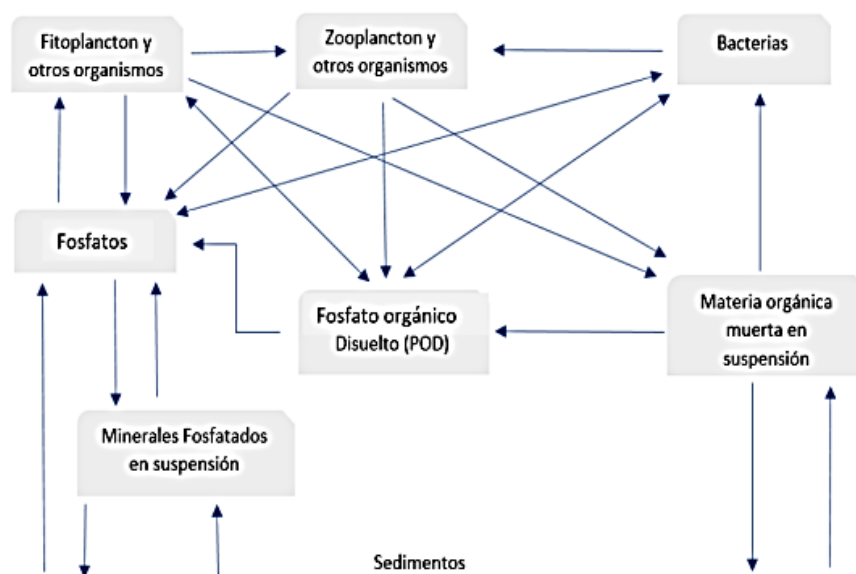
**Fósforo.** El fósforo (P) establece la base de una extensa diversidad de combinados, siendo los fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>+</sup>) los más significativos. En todos los seres vivos, los fosfatos desempeñan una función fundamental en los procesos de transmisión de energía, como el metabolismo y la fotosíntesis.

La entrada del fósforo (P) a los hábitats acuáticos se produce mediante la meteorización, desde una perspectiva tanto física como química, de las formaciones rocosas del suelo, ya que este elemento se encuentra mayormente en rocas y sedimentos. Posteriormente, es asociado en forma de fosfato (PO<sub>4</sub><sup>+</sup>) por microorganismos o plantas dentro del ecosistema.

El ciclo del fósforo (P) inicia con la erosión y transporte del fósforo hacia los ambientes hídricos, ya sea en Configuración específica o diluida. El fitoplancton asimila los fosfatos  $PO_4^+$ , el zooplancton se alimenta de fitoplancton y bacterias, con las excreciones o con su muerte se desprenden  $PO_4^+$ . La materia orgánica fallecida permanece suspendida de sedimentación o degradación de forma abiótica, dando lugar a la producción de fosfatos ( $PO_4^+$ ) de nuevo.

### Figura 9

#### *Ciclo del Fósforo en Ecosistemas Acuáticos*



Nota. Maldonado (2018)

Un aumento en la presencia de fósforo en aguas superficiales favorece la expansión de seres vivos que dependen de este elemento, como la planta acuática. Estos seres vivos consumen cantidades significativas de oxígeno e interceptan el acceso de la luz solar en la masa acuática, generando condiciones poco propicias para la vida de otros organismos.



## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Lago**

Los lagos son masas de agua, comúnmente dulces, de una extensión significativa y aislados del mar. El suministro de agua a los lagos se deriva de ríos, aguas subterráneas y la precipitación sobre la superficie del lago. (Burgos Ulloa, 2018)

### **2.3.2. Eutrofización**

Se refiere a la expansión descontrolada de algas debido a la sobrecarga de nutrientes en el entorno acuático. (Water on the Web, 2007)

### **2.3.3. Estado trófico**

Es la categorización o ubicación de un cuerpo de agua según su nivel de eutrofización, resultado de sobrecarga de nutrientes, y puede variar entre un grado de polución determina niveles bajos o altos. (Water on the Web, 2007)

### **2.3.4. Nutrientes**

Se refiere a compuestos con elevado valor nutricional que funcionan como alimento para una especie particular (Water on the Web, 2007)

### **2.3.5. Estándar de calidad ambiental**

Un referente para la gestión del ambiente: Lineamiento Ambiental, se implementa para medir la sostenibilidad ambiental en el ámbito nacional del Lineamiento Ambiental se constituye como un mecanismo de dirección ecológica destinado a medir la calidad del medio ambiente a nivel nacional. En Perú,



contamos con cinco categorías de Directrices de Calidad Ambiental que abarcan Agua, Aire, Suelo, Ruido y Radiaciones No Ionizantes. (MINAM, 2019)

### **2.3.6. Estándar de Calidad para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)**

Se determinan los niveles de contenido de elementos en este decreto supremo, sustancias, parámetros físico-químicos y biológicos en el agua, considerándola como un cuerpo receptor esencial en los ecosistemas acuáticos, con la condición de no crear un peligro importante para el bienestar humana ni el entorno. (MINAM., 2017).



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

Conforme a Baena, La investigación de índole aplicada se centra en resolver problemas prácticos y concretos en contextos específicos con un nivel descriptivo y un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental. A diferencia de la investigación básica, que busca expandir el conocimiento teórico sin una aplicación inmediata.

#### 3.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo, ya que busca medir y registrar las concentraciones de nutrientes en el agua y su relación con la eutrofización en la Ensenada del Lago Titicaca; se examina, cuantifica y detalla la perspectiva del lugar examinado. Según Hernández, el enfoque es de carácter descriptivo ya que recolecta y registra el informe de forma libre y conjunta en relación con los propósitos y elementos estimados en el estudio.



### 3.3. Diseño de investigación

Este diseño de investigación no experimental proporciona un marco estructurado para abordar el estudio sobre la concentración de nutrientes y la eutrofización en la Bahía Interior del Lago Titicaca. La investigación también tiene un componente aplicado, ya que busca ofrecer soluciones prácticas y recomendaciones para la gestión del agua y la conservación del ecosistema.

### 3.4. Enfoque de investigación

Según Behar, la metodología realizada en la investigación fue de naturaleza Cuantitativa. En este tipo de investigación, el enfoque de análisis se distingue por enfocarse en un propósito de estudio o escenario definido, destacando sus características y propiedades. Los criterios de categorización se emplean con el propósito de organizar, estructurar y clasificar los elementos involucrados en la indagación

### 3.5. Diseño estadístico

#### 3.5.1. Prueba *U* de Mann-Whitney

La prueba *U* de Mann-Whitney es una prueba estadística no paramétrica. Permite comparar si dos muestras independientes provienen de una misma población, cuando la variable de interés es continua pero no cumple el supuesto de normalidad. Ordena los datos combinados y compara medianas a través de las sumas de rangos. Plantea hipótesis sobre la igualdad o diferencia entre medianas poblacionales y calcula un estadístico *U* que se contrasta con una distribución conocida para decidir si rechazar o no la hipótesis nula. (Wilcoxon, 1945)



### 3.5.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

**Técnicas de Recopilación de datos.** Con el fin de cumplir con los propósitos, se recurrirá a las siguientes tácticas:

- Método de recolección de datos en terreno: Reconocimiento, evaluación y obtención de muestras de las medidas a investigar.
- Método de elección, compilación y consolidación bibliográfica: La tesis se respalda en documentos científicos y tesis relacionados con el tema.

**Instrumentos de recolección de datos.** Se adoptaron discernimientos internacionales para la estimación del estado de eutrofización en la bocana del lago Titicaca, específicamente haciendo uso de la escala de clasificación de aguas superficiales basada en el contenido de fosfatos. Categorización sugerida de la calidad del agua en superficies acuáticas según el contenido de fosfatos (Mendoza River). Así mismo, se tuvieron en cuenta las regulaciones de calidad acuática convenientes a la Categoría 4 para la preservación del entorno acuático en lagunas y lagos. Se consideraron los términos determinados por la OECD (Asociación para la Cooperación y el Progreso Económicos) para un sistema de sistematización trófica. Igualmente, se incluyó la evaluación global del estado trófico o producción de lagos y lagunas según las pautas de la APHA (Asociación Americana de Salud Pública). También se incorporó el indicador de condición trófica CARLSON TSI (Trophic State Index).

También se utilizó la normativa de seguimiento de la condición hídrica superficial conforme a las directrices de la Institución Nacional del Agua (ANA).



### **3.5.3. Materiales y Equipos**

#### **3.5.3.1. Materiales.**

- Libreta de apuntes
- Lapiceros
- transporte acuático
- Fichas de recolección de datos
- Mascarilla
- Envases de plástico
- Cooler
- Pizeta

#### **3.5.3.2. Equipos.**

- EPPs
- Equipo o multiparámetro
- Balanza
- Equipo de computo

### **3.5.4. Ubicación de la zona en estudio**

El análisis tuvo lugar en la Ensenada del Lago Titicaca.

Departamento : Puno

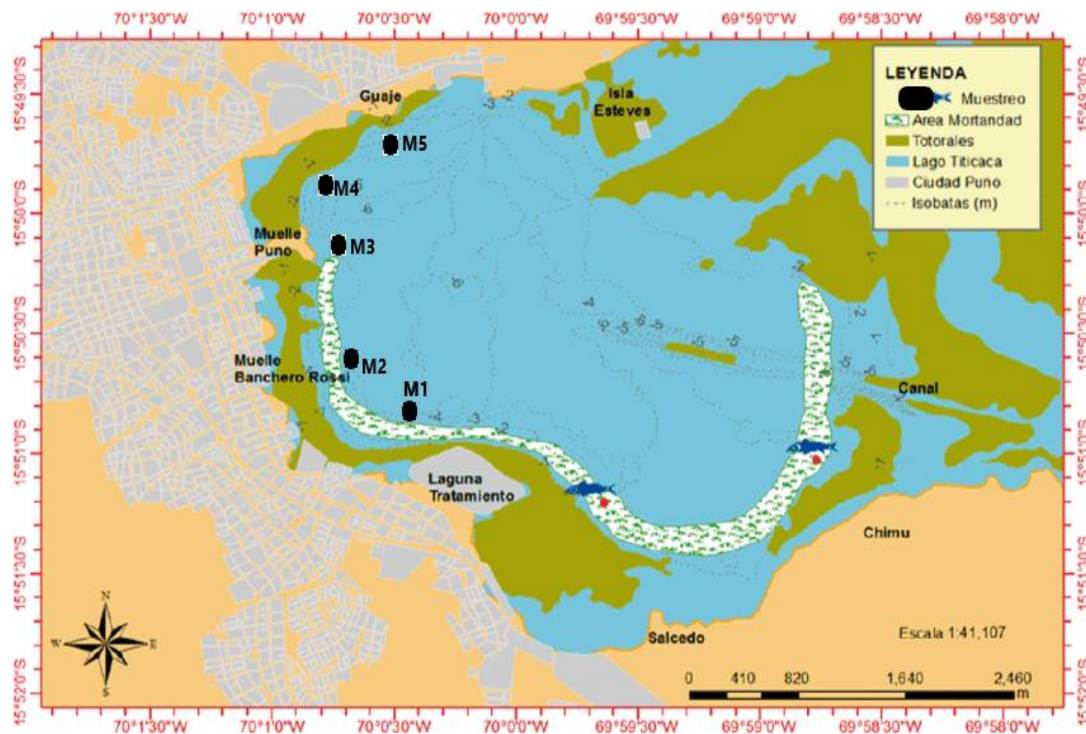
Provincia : Puno

Distrito : Puno

**Punto de muestreo.** Este análisis se ejecutó en la Ensenada interna del Lago Titicaca, y los sitios de recolección de muestras fueron los siguientes:

**Figura 10**

*Puntos de muestreo*



*Nota.* Los lugares de muestreo se eligieron a criterio y analizando la información que nos brindó nuestro amigo lancharo.

**Tabla 3**

*Georreferenciación de los Puntos de Muestreo*

Código	Coordenadas
M1	15°50'59.0"S 70°00'36.2"W
M2	15°50'40.8"S 70°00'49.1"W
M3	15°50'06.1"S 70°00'50.3"W
M4	15°49'45.7"S 70°00'50.4"W
M5	15°49'31.2"S 70°00'16.2"W

*Nota.* Puntos de muestreo elegido por el investigador.



## **3.6. Población y muestra**

### **3.6.1. Población**

En la investigación la población está dada por las Aguas de la Bahía interior del lago Titicaca

### **3.6.2. Muestra**

La muestra está dada por 500 ml de cada uno de los puntos de muestreo que se eligieron de la Bahía dentro del lago Titicaca.

### **3.6.3. Muestreo**

Para la investigación el muestreo se realizó el 22 de noviembre del 2023 y se realizó con dos réplicas, en total se tomaron 3 muestras por punto, se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento.

- En primer lugar, se coordinó con el laboratorio de calidad ambiental para la salida de campo o toma de muestras, el laboratorio nos dio las indicaciones, materiales y personal de apoyo para la captura de la muestra.
- La obtención de muestras se efectuó siguiendo las indicaciones del personal del laboratorio y en concordancia con la DIRECTRICES DEL PAIS PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN SUPERFICIE (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA).

**Figura 11**

*Verificación de Materiales del Laboratorio y Calibración del Multiparámetro*



*Nota.* Los frascos de 500 ml son para el análisis de nitritos y nitratos y los frascos pequeños de 250ml son para fosfatos.

- Se realizó la adquisición de muestras de acuerdo a los lugares de monitoreo que se eligieron acorde a la información recabada de los lancheros y personas que trabajan en dichas zonas, las cuales nos indicaron que existían vertidos directos de aguas desechables en ciertos lugares de la Bahía y que también en algunas zonas se realizaban actividades agrícolas y ganaderas a orillas del lago esto a la altura de la universidad nacional del Altiplano y altura del barrio San José. De acuerdo a la información y a la observación por parte nuestra se empezó la adquisición de muestra a la altura de la Av. Costanera sur sector campos deportivos y así sucesivamente se tomaron las muestras punto por punto.

## Figura 12

### *Toma de Muestra de Aguas del Lago Titicaca*



*Nota.* La muestra que se toma es en un recipiente de medición con un volumen de 100 250 ml.

- En cada punto de muestreo se procedió de la siguiente manera: El frasco se enjuaga, se introduce al agua del lago unos 5 cm se llena completamente y se tapa herméticamente, se rotula de acuerdo al protocolo y al mismo instante se toma una muestra de agua en un vaso de precipitado del mismo punto y se miden los parámetros in situ, una vez rotulado se procede a guardarlo en el recipiente térmico para su conservación y transporte al laboratorio.

**Figura 13**

*Muestra para Medir Parámetros In Situ*



*Nota.* La muestra que se toma es en un recipiente de medición con un volumen de 100 250 ml.

**Figura 14**

Medición de Parámetros In Situ



*Nota.* El mismo procedimiento se sigue en los otros puntos de muestreo.

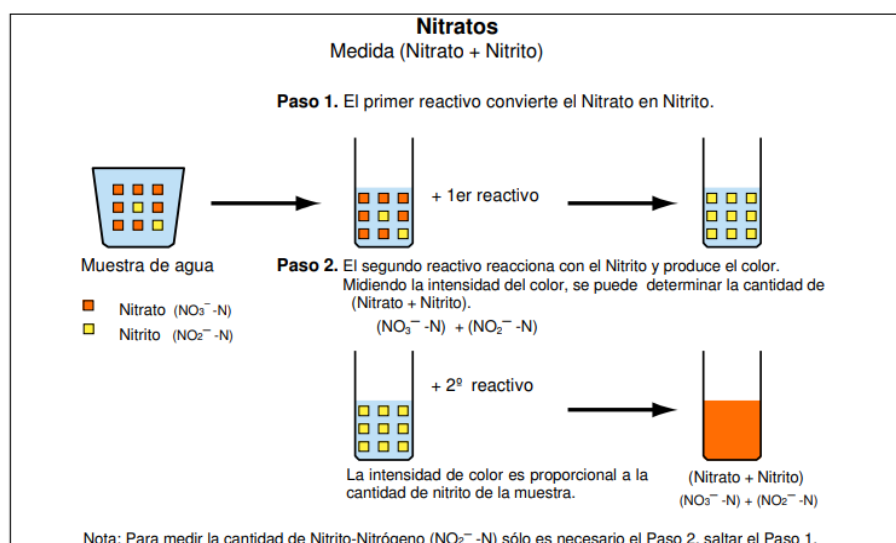
### 3.7. Metodología para alcanzar los objetivos planteados.

#### 3.7.1. Para la determinación de la concentración de Nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca

La medición directa del Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) presenta una dificultad considerable, a diferencia del nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que es fácil de evaluar. En este sentido, para evaluar el nitrato, los estuches de nitratos transforman el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) contenido en la muestra de agua en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Conforme a las indicaciones del juego de nitratos, se requerirá agregar algún reactivo (como, por ejemplo, el cadmio) a la muestra de agua para transformar el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) del agua en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Luego, se introduce un segundo reactivo a la muestra de agua, el cual reacciona con el nitrito, generando una variación de tono. La intensidad de la variación cromática de la muestra de agua varía en proporción a la cantidad de nitrito presente.

#### Figura 15

##### Esquema del Análisis de Nitratos



*Nota.* El procedimiento después es el mismo que para medir nitritos



### **3.7.2. Para determinar la concentración de Nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del Lago Titicaca**

Una vez tomada la muestra y están estando en el laboratorio se utilizó las técnicas normalizadas para la inspección de aguas limpias y residuales, de acuerdo con las normativas de la AWWA, APHA y WEF en su 21.<sup>a</sup> impresión de 2005, para ello se requiere de los siguientes herramientas y aparatos.

- a) Solución estándar de nitrito sódico: diluir 1,499 gramos de nitrito de sodio p.a. (secado previamente durante un día en un desecador) en un litro de agua purificada. (1 ml = 1 mg de NO<sub>2</sub>) (1 ml = 100 µl)
- b) Mezcla de preparación para la curva de comprobación: licuar la mezcla mencionada, mezclando 10 ml del líquido (a) con agua destilada libre de nitritos hasta alcanzar 1 litro, y añadir 1 ml de triclorometano (1 ml = 0,001 mg de NO<sub>2</sub>).
- c) Mezcla de ácido sulfanílico: disolver 3,3 gramos de Sulfanilato en 800 ml de agua destilada mediante el calor, e incorporar 200 mililitros de ácido acético glacial p.a
- d) Solución de alfa-naftilamina: ebullición de 0,5 gramos de alfa-naftilamina en 100 mililitros de agua destilada por 5 minutos, tras añadir un par de gotas de ácido clorhídrico. Filtrar con algodón, añadir 200 mililitros de ácido acético puro p.a. y añadir líquido purificado hasta alcanzar un litro.

#### **Desarrollo**

- 1.- A 50 ml. de muestra o a 50 mililitros de la combinación adecuada
- 2.- Agregar 5 mililitros de solución de ácido sulfanílico.



- 3.- Después, agregar 5 mililitros de solución de acetato de alfa naftil amina.
- 4.- Revolver adecuadamente.
- 5.- Observar entre los 10 y 30 minutos (en la experimentación, se identificó una absorbancia óptima a los 20 min).
- 6.- Medir a 540 nm para determinar la absorbancia de nitrito y consultar la curva elaborada con patrones utilizando la solución de control de nitrito para computar la reunión de la muestra en mg/lt. o ppm.

### ***3.7.3. Determinar la concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del Lago Titicaca.***

Una vez tomada la muestra y están estando en el laboratorio se utilizó Técnicas estandarizadas para el examen de fosfatos en aguas potables y residuales, basadas en el manual APHA, AWWA, WEF de la 21ª edición en 2005.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados obtenidos

##### 4.1.1. Resultados de la concentración de Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca

Tabla 4

*Concentración de nitratos en aguas de la Bahía interior del Lago Titicaca*

Zona	Concentración de Nitratos mg/l			
	R -1	R-2	R-3	Promedio
M1	18	17	17	17
M2	13	15	15	14
M3	14	16	13	14
M4	16	17	17	17
M5	14	13	15	14

*Nota.* Los resultados son en base a los 3 muestreos que se realizó por cada punto.



#### 4.1.2. Análisis de la concentración de Nitratos en el punto M1

La muestra M1 que se encuentra a la altura de la avenida costanera sur en la zona de campos deportivos, muestra una reunión de nitratos en promedio de 17 mg/l, en la ejecución de la **metodología APHA** utilizando como marcador el nitrato para la categorización del agua como Oligotrófico, Mesotrófico y Eutrófico.

**Tabla 5**

*Categoría trófica del agua por el método APHA*

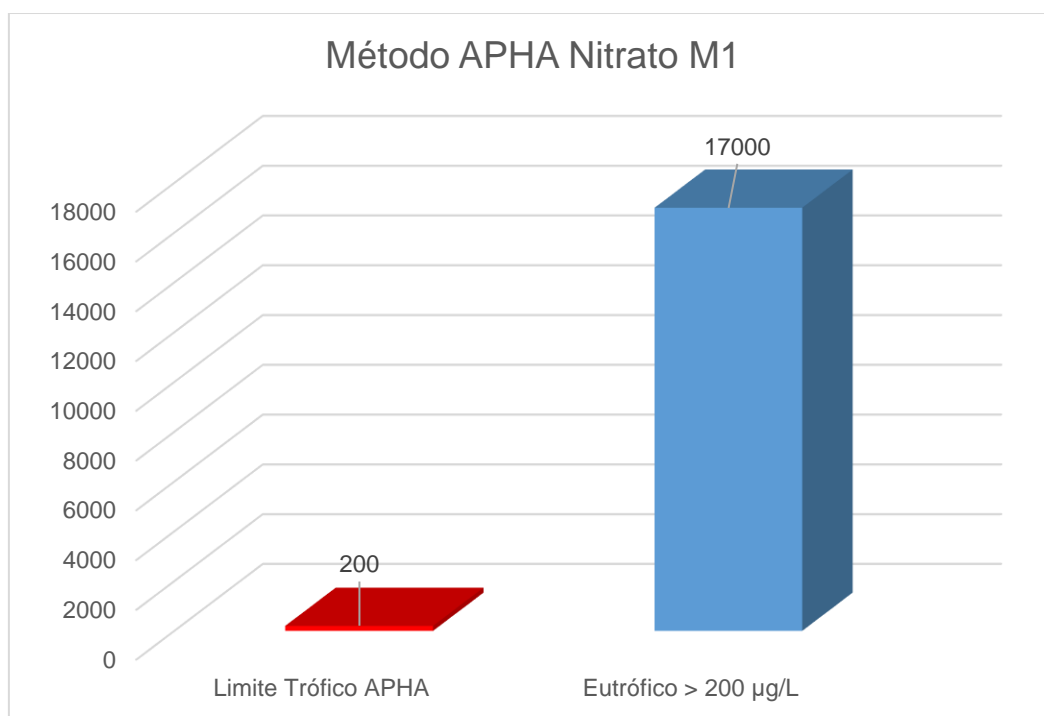
Categoría Trófica	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) µg/L
Oligotrófico	1 – 5
Mesotrófico	60 – 200
Eutrófico	>200

*Nota.* Categorización trófica del método APHA para la medida nitrato; >: mayor que; y NO<sub>3</sub>: nitrato.

En la aplicación de este método **APHA** y de acuerdo a los resultados que se encontró sobre la media de la cantidad de nitratos en esta zona de 17000 µg/L supera o es mucho superior a los 200 µg/L establecidos por esta técnica, en consecuencia, nos señala que en este punto de nuestro las aguas están o se encuentran en la categoría de **Eutrófico**.

**Figura 16**

*Comparación de categoría trófica método APHA para nitrato M1*



La figura presentada anteriormente indica que los líquidos en la Ensenada interna de Puno, en esta área específica, clasifican como eutróficos según el método de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA). Esto sugiere que estas aguas tienen un alto nivel de nutrientes, lo que puede favorecer el crecimiento excesivo de algas y afectar la calidad del ecosistema acuático.

Según el índice de estado trófico de Carlson, que evalúa el nitrógeno total, los cuerpos de agua se clasifican de acuerdo con la siguiente escala. Esta clasificación permite entender el nivel de nutrientes presentes en el agua, lo que a su vez influye en la salud y calidad del ecosistema acuático.

**Tabla 6**

*Escala de valores de estado trófico en aguas dadas por Carlson*

<b>Estado de eutrofia</b>	<b>Límite TSI</b>
Oligotrófico	(TSI < 30)
Mesotrófico	(30 < TSI < 50)
Eutrófico	(50 < TSI < 70)
Hipereutrófico	TSI > 70

*Nota.* Categorización de la eutrofización mediante el procedimiento Lista de estado trófico Carlson TSI para la medida de nitrógeno total; TSI: Lista de estado trófico Carlson; >: superior.

La fórmula para determinar el TSI está dada en la siguiente ecuación:

$$\text{TSI TN} = 54.4 + 14.43 \ln (\text{TN})$$

Donde: TSI = Indicador de la etapa de nutrición

ln = logaritmo natural

54.4 y 14.3 son constantes establecidas por Carlson

**Cálculo del TSI** asumiendo que los nitratos en su forma de nitrógeno total tienen un valor de 17 mg/l.

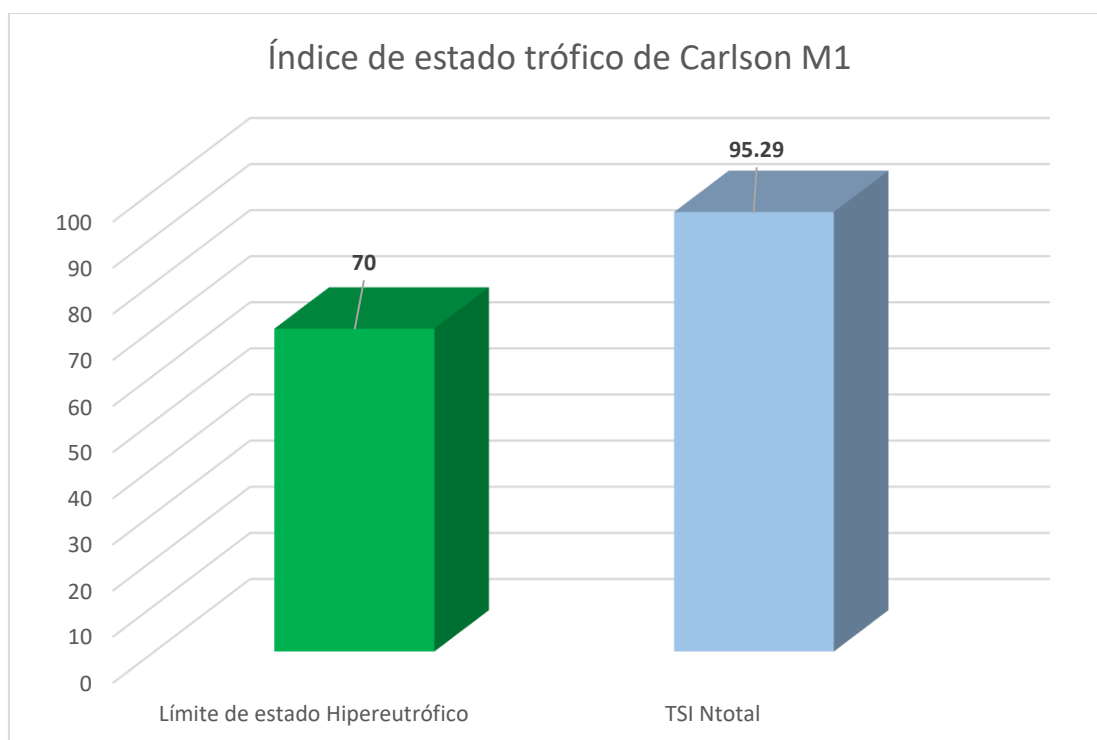
$$\text{TSI TN} = 54.4 + 14.43 \ln (17 \text{mg/l})$$

$$\text{TSI TN} = 54.4 + 14.43 (2.83)$$

$$\text{TSI TN} = 95.29 \text{ mg/l}$$

**Figura 17**

Comparación del estado de eutrofia por el método de Carlson M1



*Nota.* TSI esta dado por la relación de estado trófico por Carlson.

De acuerdo al resultado obtenido en la ecuación para la determinación del **TSI TN = 95.29 mg/l** y comparándole con la gama de medidas para la condición trófica en cuerpos acuáticos dados por Carlson, los afluentes de la Ensenada interna del lago Titicaca se encuentran en el estado **Hipereutrófico**.

Tanto el método APHA como el método del índice del estado trófico Carlson nos están indicando que las aguas en este punto tienen altas concentraciones de Nitrato y esto hace suponer y afirmar que estas aguas tienen un origen de contaminación humana en esta zona, evidenciando que la sobrepoblación en este sector y en toda la ciudad de Puno hacen que las aguas residuales domésticas e industriales que no pueden ser tratadas en la estanque de oxidación de Puno estén vertiéndose directamente al lago evidenciando de esta manera las elevadas



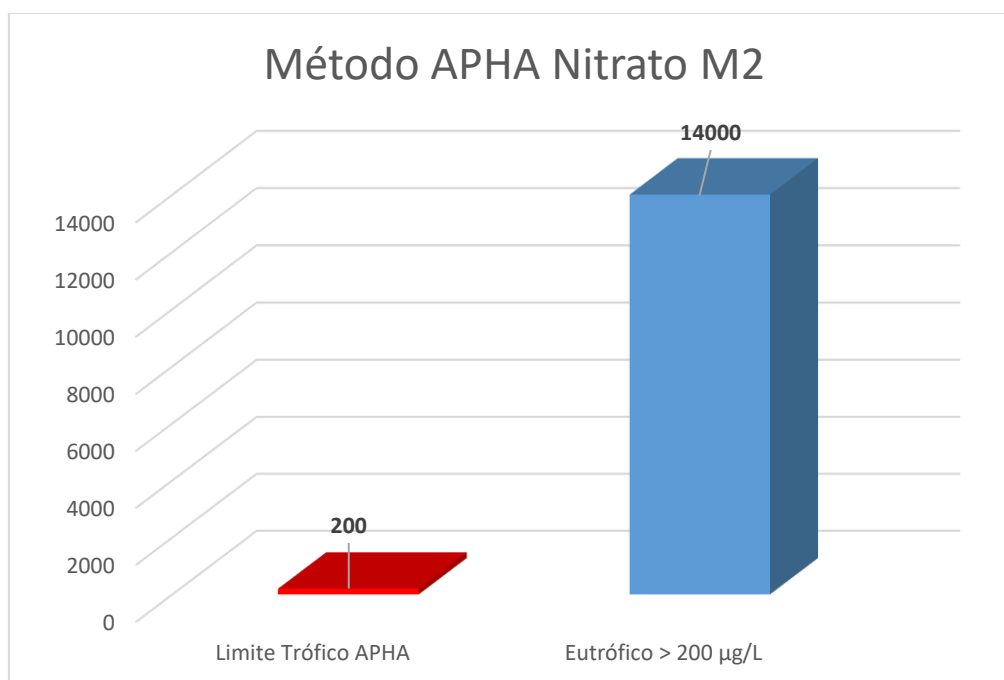
concentraciones de nitratos, esto nos afirma que la entrada de nutrientes al lago se ha venido dando durante largos periodos de tiempo ya que la eutrofización se ve afectada por las condiciones actuales y previas y es evidente que en esta zona la degradación de la calidad de hídrica se puede percibir a simple vista como proliferación de algas, no se evidencia presencia de peces en este sector, olores fétidos desagradables debido a que en el fondo se está dando un ambiente anaerobio aumentando la concentración de anhídrido sulfuroso.

#### **4.1.3. Análisis de la concentración de Nitratos en el punto M2**

La muestra M2, que se obtuvo a la altura del muelle en el barrio Laykakota, presenta un contenido promedio de nitratos con un nivel de 14 mg/L. Utilizando la técnica de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), que emplea el nitrato como indicador para clasificar la calidad del agua, se establecen diferentes categorías: Débilmente eutrófico (1-5  $\mu\text{g/L}$ ), Mesotrófico (60-200  $\mu\text{g/L}$ ) y Eutrófico (>200  $\mu\text{g/L}$ ). En este caso, la concentración de nitratos en la muestra M2 es de 14,000  $\mu\text{g/L}$ , lo que excede considerablemente el umbral de 200  $\mu\text{g/L}$  definido por el método APHA. Esto indica que, en este punto específico de muestreo, las aguas se clasifican en la categoría de Eutrófico, sugiriendo un alto nivel de nutrientes que puede tener implicaciones significativas para la salud del ecosistema acuático en la zona.

**Figura 18**

Comparación de categoría trófica método APHA para nitrato M1



Nota: cuadro del límite trófico APHA de la muestra M2

La figura anterior nos muestra que los líquidos de la Ensenada interna de puno en este sector M2 se encuentran en una categoría **Eutrófico** de acuerdo al método APHA.

De acuerdo a la **lista de etapa trófica Carlson TSI** (Nitrógeno total) los cuerpos de agua están en una escala de niveles de eutrofización: Débilmente eutrófico ( $TSI < 30$ ), Moderadamente nutrido ( $30 < TSI < 50$ ), Rico en nutrientes ( $50 < TSI < 70$ ), e Eutrófico severo ( $TSI > 70$ ) Para determinar el TSI se utiliza la siguiente ecuación:

$$TSI\ TN = 54.4 + 14.43\ln(TN)$$

Donde: TSI = Indicador de fase nutricional

ln = logaritmo natural

**Cálculo del TSI** asumiendo que los nitratos en su forma de nitrógeno total tienen un valor de 17 mg/l.

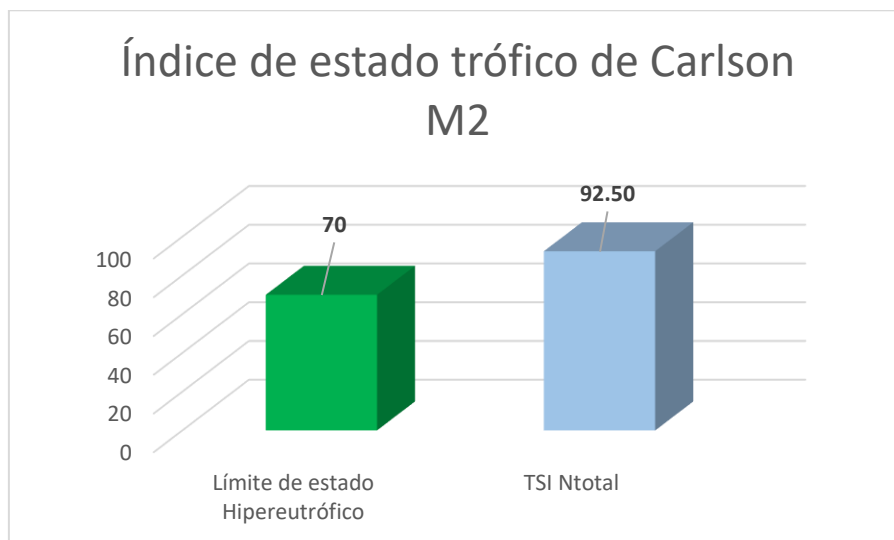
$$\text{TSI TN} = 54.4 + 14.43 \ln (14\text{mg/l})$$

$$\text{TSI TN} = 54.4 + 14.43 (2.64)$$

$$\text{TSI TN} = 92.50 \text{ mg/l}$$

**Figura 19**

*Comparación del estado de eutrofia por el método de Carlson M1*



*Nota.* TSI esta dado por el indicador de estado nutricional de Carlson.

De acuerdo al resultado obtenido en la ecuación para la determinación del **TSI TN = 92.50 mg/l** y comparándole con la gradación de condiciones tróficas en masas de agua dados por Carlson, el líquido de la ensenada interna del lago Titicaca se encuentran en el estado **Hipereutrófico**.

El sitio de muestreo M4 situado a nivel de la universidad, la media de la cantidad de nitratos se sitúa en 17 mg/l, concentración igual al punto M1, por consiguiente, podemos indicar que: Las aguas de acuerdo al método **APHA** están

en un estado **eutrófico** y conforme con la lista **de estado trófico Carlson TSI**, se encuentra en un estado **Hipereutrófico**.

Los puntos de muestreo **M3** (altura del muelle principal de Puno) y **M5** (a la altura de barrio Sanjosé), la concentración promedio de nitratos en estos dos puntos es 14 mg/l, concentración igual al punto M2, por consiguiente, podemos indicar que: Las aguas de acuerdo al método **APHA** están en un estado **eutrófico** y conforme con la **lista de estado trófico Carlson TSI**, se encuentra en un estado **Hipereutrófico**.

#### **4.1.4. Resultados de la concentración de nitritos (NO<sub>2</sub>) en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca.**

**Tabla 7**

*Concentración de nitritos en aguas de la Bahía interior del Lago Titicaca.*

Zona	Concentración de Nitritos (NO <sub>2</sub> ) mg/l			
	R -1	R-2	R-3	Promedio
M1	9	10	9	9
M2	8	8	7	8
M3	9	9	10	9
M4	8	7	9	8
M5	8	7	10	8

*Nota.* Los resultados son en base a los 3 muestreos que se realizó por cada punto.

Los nitritos son iones y estos están relacionados con los nitratos por su capacidad de convertirse en estos de manera natural, es por ello que el método APHA y conforme a la escala del indicador de estado nutricional Carlson TSI no lo consideran dentro de sus métodos para ver el estado trófico de las aguas.

La muestra **M1** que se encuentra a la altura de la avenida costanera sur en la zona de campos deportivos y la **M3** ubicada a alturas del muelle principal de la ciudad de Puno se observa que su concentración de nitritos es de 9 mg/l, concentración que es mayor a los demás puntos de muestreo. Evidenciando una posible contaminación por aguas residuales

La muestra **M2** que se encuentra a la altura del muelle del barrio Laykakota, la muestras **M4** ubicado a la altura de la universidad y la muestra **M5** a la altura de barrio Sanjosé presentan las concentraciones de 8 mg/L los cuales evidencian que el agua en estos puntos está siendo contaminados por actividades antropogénicas vertiendo sus aguas al lago Titicaca.

#### **4.1.5. Resultados de la concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca.**

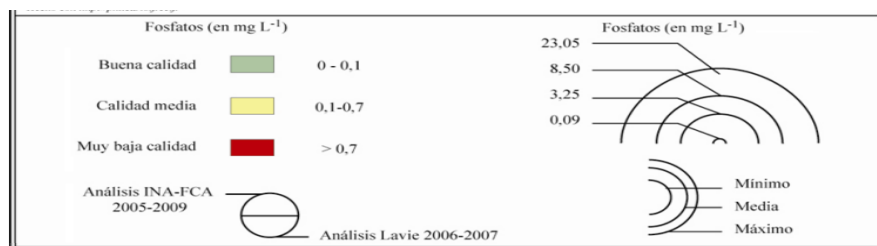
**Tabla 8**

*Concentración de fosfatos en aguas de la bahía interior del Lago Titicaca.*

Zona	Concentración de Fosfatos mg/l			
	R -1	R-2	R-3	Promedio
M1	42	40	40	41
M2	33	30	30	31
M3	34	32	37	34
M4	30	33	33	32
M5	28	25	25	26

*Nota.* Los resultados son en base a los 3 muestreos que se realizó por cada punto.

La muestra **M1** ubicada a la altura de la avenida costanera sur en la zona de campos deportivos el contenido de fosfatos alcanza los 41 mg/l en promedio de los tres muestreos y siguiendo la clasificación de la excelencia del líquido dada por la existencia en (Dos ejemplos de desarrollos para elevar la excelencia del líquido de regadío en el oasis de Mendoza) (Argentine).

**Figura 20***Clasificación de la calidad de agua dada por Lavie*

*Nota.* La clasificación lo realiza de acuerdo a la reunión de fosfatos en el agua.

Las aguas en el punto de muestreo **M1** de acuerdo con la metodología de **Lavie** lo clasifica como aguas de muy baja calidad y que existe una contaminación fosfatada y es considerable y las consecuencias de la contaminación fosfatada indican una etapa de fertilización del recurso agua. La concentración de fosfatos elevados posiblemente proviene de desechos urbanos, industriales, detergentes y residuos agrícolas acumulados durante varios años.

La muestra **M2** que se encuentra a la altura del muelle del barrio Laykakota tiene una concentración de fosfatos de 31 mg/l, de acuerdo con la metodología de **Lavie** lo clasifica como aguas de muy baja calidad y que existe una contaminación fosfatada y es considerable y las consecuencias de la contaminación fosfatada indican una etapa de fertilización del recurso agua. La concentración de fosfatos elevados posiblemente proviene de desechos urbanos, industriales, detergentes y residuos agrícolas acumulados durante varios años.

La muestra **M3** ubicada a alturas del muelle principal de la ciudad de Puno, tiene una concentración de fosfatos de 34 mg/l, de acuerdo con la metodología de **Lavie** lo clasifica como aguas de muy baja calidad y que existe una contaminación fosfatada y es considerable y las consecuencias de la contaminación fosfatada indican una etapa de fertilización del recurso agua. La concentración de fosfatos



elevados posiblemente proviene de desechos urbanos, industriales, detergentes y residuos agrícolas acumulados durante varios años.

La muestra **M4** ubicado a la altura de la universidad, tiene una concentración de fosfatos de 32 mg/l, de acuerdo con la metodología de **Lavie** lo clasifica como aguas de muy baja calidad y que existe una contaminación fosfatada y es considerable y las consecuencias de la contaminación fosfatada indican una etapa de fertilización del recurso agua. La concentración de fosfatos elevados posiblemente proviene de desechos urbanos, industriales, detergentes y residuos agrícolas acumulados durante varios años.

La muestra **M5** a la altura de barrio Sanjosé, tiene una concentración de fosfatos de 26 mg/l, de acuerdo con la metodología de **Lavie** lo clasifica como aguas de muy baja calidad y que existe una contaminación fosfatada y es considerable y las consecuencias de la contaminación fosfatada indican una etapa de fertilización del recurso agua. La concentración de fosfatos elevados posiblemente proviene de desechos urbanos, industriales, detergentes y residuos agrícolas acumulados durante varios años.

**4.1.6. Aplicación del método OECD para categorizar el estado trófico de las aguas de la Bahía interior del lago Titicaca.**

**Tabla 9**

*Categoría trófica método OECD para aguas*

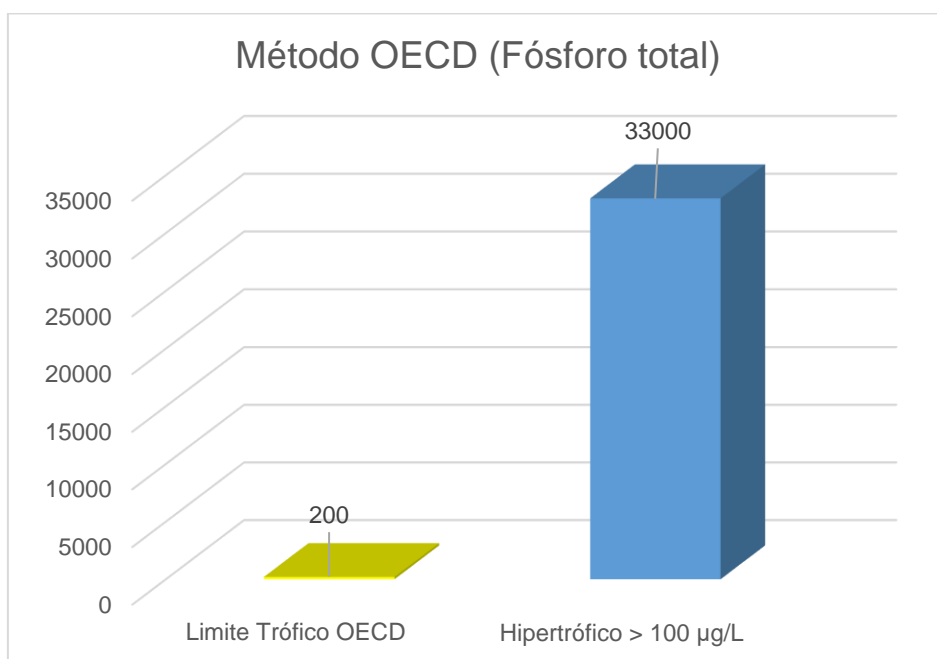
<b>Categoría Trófica</b>	<b>Fosforo Total (µg/L)</b>
Ultraoligotrófico	<4
Oligotrófico	4 – 10
Mesotrófico	10 – 35
Eutrófico	35 – 100
Hipertrófico	>100

*Nota.* La categorización lo realiza de acuerdo a la reunión de fosforo total en el agua.

En el uso de este método OECD para la categorización de la etapa trófica del líquido de la ensenada interna del lago Titicaca fundamentado en la concentración de fosforo total podemos indicar que estas aguas están categorizadas como aguas hipertróficas, esto comparando la concentración de fosforo total de nuestra investigación 33 mg/l que equivale a 33000  $\mu\text{g/L}$  superando largamente los rangos del método OECD.

**Figura 21**

*Comparación de categoría trófica método OECD*



*Nota.* De acuerdo al promedio de concentración de fosforo total (33000  $\mu\text{g/L}$ ) de los 5 puntos de muestreo, es mayor que 100  $\mu\text{g/L}$  determinado por la OECD por consiguientes dichas aguas se encuentran en la categoría de hipertrófico.

De acuerdo al **indicador de estado nutricional según Carlson (TSI)** (Fosforo total) los cuerpos de agua están de acuerdo a la siguiente escala.

**Tabla 10**

*Rango de valores de estado trófico en aguas dadas por Carlson*

Estado de eutrofia	Límite TSI mg/m <sup>3</sup>
Oligotrófico	(TSI < 30)
Mesotrófico	(30 < TSI < 50)
Eutrófico	(50 < TSI < 70)
Hipereutrófico	TSI > 70

*Nota.* Categorización de eutrofia según el método Lista de estado trófico Carlson  
TSI para la medida de nitrógeno total; TSI: Índice de condición trófica de Carlson;  
>: superior

La fórmula para determinar el TSI está dada en la siguiente ecuación:

$$\text{TSI Ptotal} = 14.41 \ln (\text{Ptotal}) + 4.15$$

Donde: TSI = índice de estado trófico de Carlson

ln = logaritmo natural

**Cálculo del TSI Ptotal** asumiendo que los fosfatos en su forma de fosforo total tienen un valor de 33 mg/l igual a 33000 mg/m<sup>3</sup>

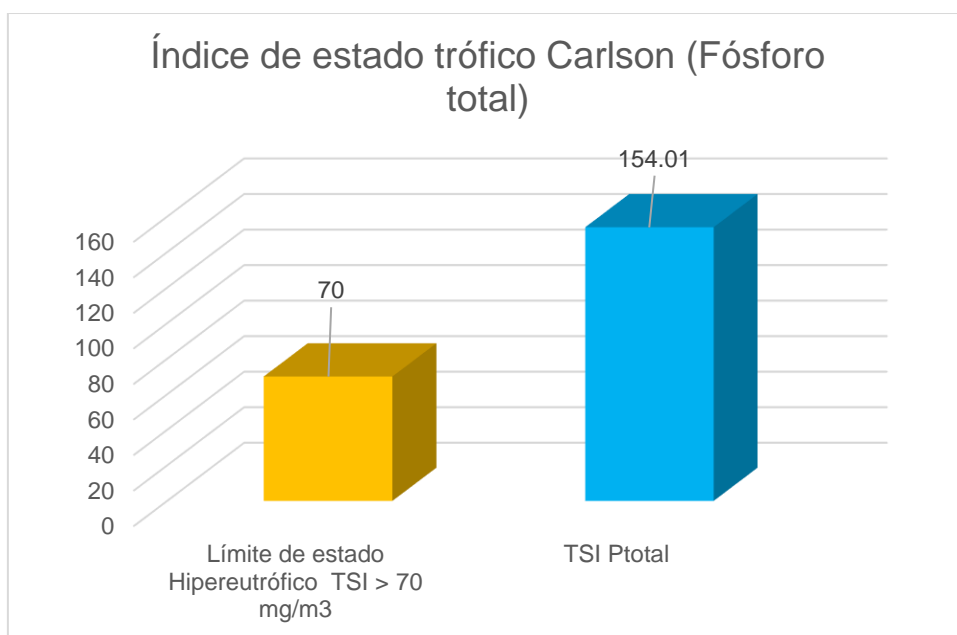
$$\text{TSI Ptotal} = 14.41 \ln (\text{Ptotal}) + 4.15$$

$$\text{TSI Ptotal} = 14.41 \ln (33000) + 4.15$$

$$\text{TSI TN} = 154.01 \text{ mg/m}^3$$

**Figura 22**

*Comparación del estado de eutrofia método Carlson*



*Nota.* El TSI para fósforo total en la investigación es de 154.01 mg/m<sup>3</sup> valor que supera a 70 mg/m<sup>3</sup>, indicándonos que estas aguas se encuentran en un estado de eutrofia Hipereutrófico.

#### 4.2. Resultado de la prueba de hipótesis

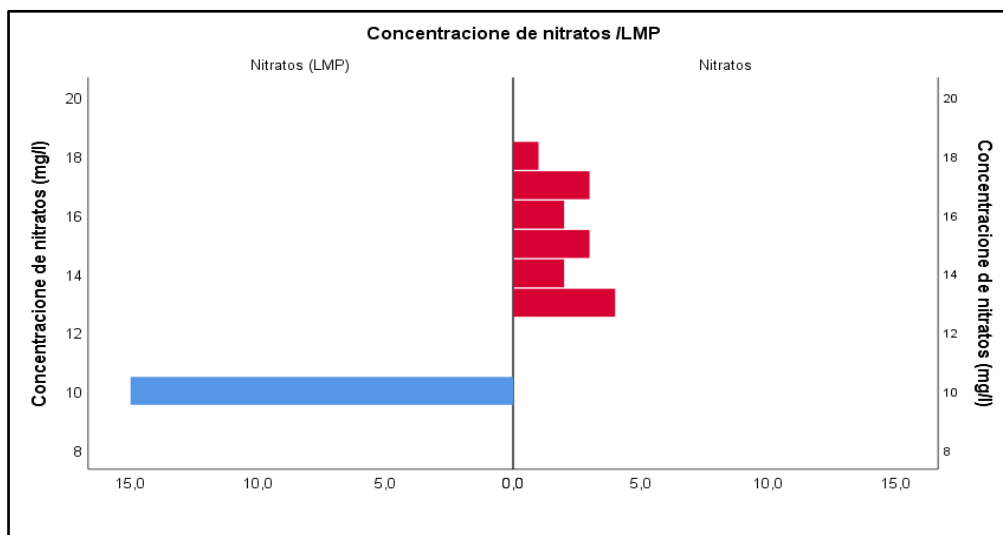
##### 4.2.1. Planteamiento de las hipótesis, concentración de Nitratos

H0: La concentración de nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca no están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

H1: La concentración de nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

**Figura 23**

*Prueba U Mann-Whitney, para concentración de nitratos en comparación con el LMP*



**Tabla 11**

*Estadísticos de prueba: Concentraciones de Nitratos /ECA*

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Concentración de Nitratos (mg/l)
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	120,000
Z	-5,000
Sig. asintótica(bilateral)	0,000

*Nota.* Variable de agrupación: Concentraciones de Nitratos /LMP

La muestra el análisis de los estadísticos de prueba, podemos observar que el valor de U de Mann-Whitney es 0,000 y el valor de W de Wilcoxon es 120,000. Además, el valor de Z es -5,000 y el valor de significancia asintótica (bilateral) es 0,000.

Estos resultados sugieren que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Por lo tanto, podemos concluir que la concentración de nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca está por encima de los valores permitidos por la normatividad. lago Titicaca está por encima de los valores permitidos por la normatividad.

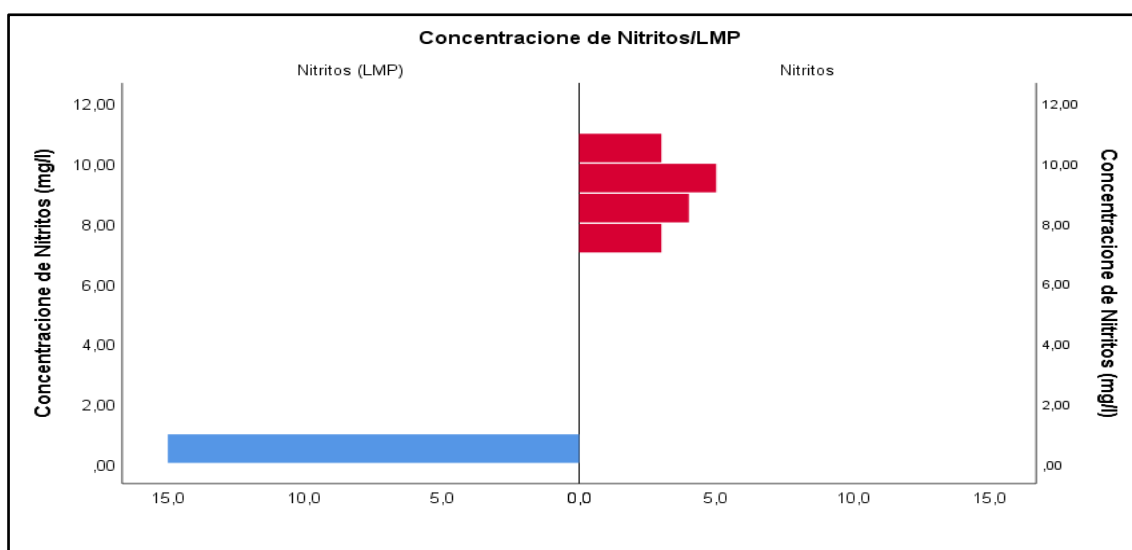
#### 4.2.2. Planteamiento de las hipótesis concentración de Nitritos

$H_0$ : La concentración de nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca no están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

$H_1$ : La concentración de nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

**Figura 24**

*Prueba U Mann-Whitney, para concentración de nitritos en comparación con el LMP*



*Nota: tabla de comparación de LMP de nitritos*

**Tabla 12***Estadísticos de prueba: Concentraciones de nitritos /ECA*

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
	Concentración de Nitritos (mg/l)
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	120,000
Z	-5,012
Sig. asintótica(bilateral)	0,000

Nota. Variable de agrupación: Concentraciones de nitritos /LMP

La tabla muestra el análisis de los estadísticos de prueba, podemos observar que el valor de U de Mann-Whitney es 0,000 y el valor de W de Wilcoxon es 120,000. Además, el valor de Z es -5,012 y el valor de significancia asintótica (bilateral) es 0,000.

Estos resultados proporcionan evidencia estadística significativa que permite rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y, en su lugar, aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto implica que podemos concluir con confianza que la concentración de nitritos en las aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca excede los valores máximos permitidos según la normatividad vigente. Esta situación es preocupante, ya que sugiere un potencial deterioro de la calidad del agua en esta área, lo que podría tener consecuencias adversas para el ecosistema acuático y la salud de los organismos que dependen de este recurso hídrico.

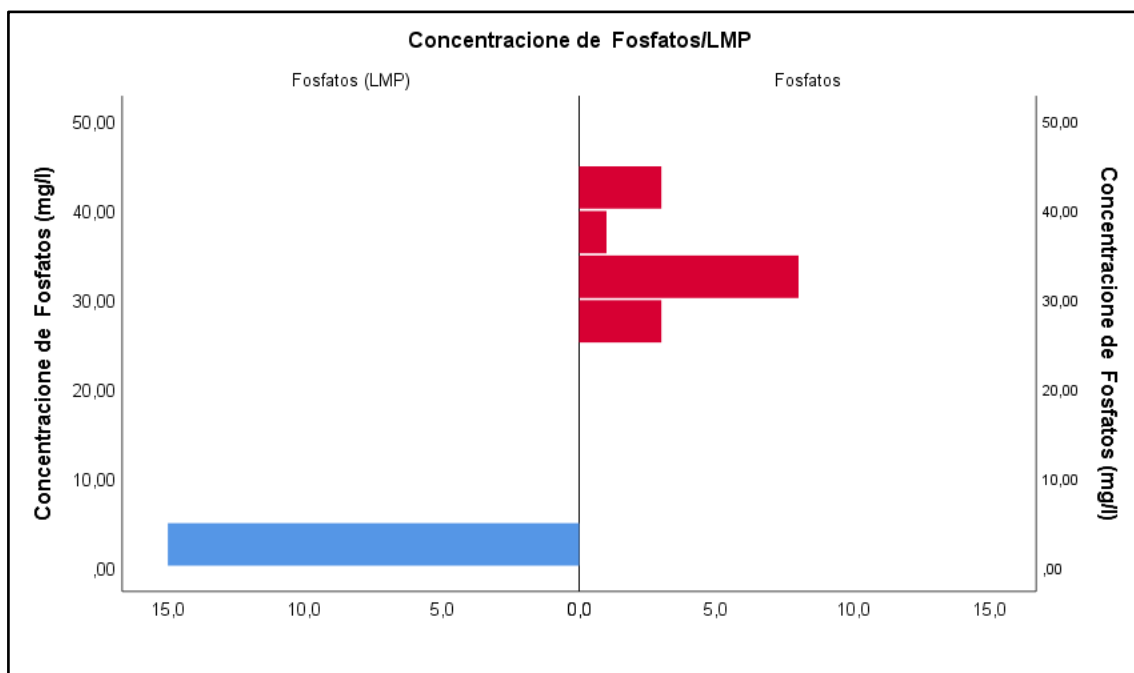
### 4.2.3. Planteamiento de las hipótesis concentración de fosfatos

H0: La concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca no están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

H1: La concentración de Fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca están por encima de los valores permitidos por la normatividad.

**Figura 25**

*Prueba U Mann-Whitney, para concentración de fosfatos en comparación con el LMP*



*Nota:* tabla de comparación de LMP de fosfatos

**Tabla 13***Estadísticos de prueba: Concentraciones de fosfatos /LMP*

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
	concentración de Fosfatos (mg/l)
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	120,000
Z	-4,994
Sig. asintótica(bilateral)	0,000

Nota. Variable de agrupación: Concentraciones de fosfatos /LMP

La tabla muestra el análisis de los estadísticos de prueba, podemos observar que el valor de U de Mann-Whitney es 0,000 y el valor de W de Wilcoxon es 120,000. Además, el valor de Z es -4,994 y el valor de significancia asintótica (bilateral) es 0,000.

Estos resultados sugieren que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Por lo tanto, podemos concluir que la concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca está por encima de los valores permitidos por la normatividad.

#### **4.3. Discusiones**

Las categorizaciones de la Bahía Interior del Lago Titicaca y de la investigación de Choque presentan similitudes, destacando un estado de hipereutrofización, mientras que la laguna de Choclococha muestra un grado de eutrofización más bajo, aunque también en condiciones problemáticas.

la evaluación se realizó en 5 lugares de monitoreo al igual que Choque que investigo el nivel de floración algal de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco



2021. Las metodologías utilizadas fueron las mismas, OECD, APHA, Carlson. Choque de acuerdo a la metodología OECD indica que, fósforo total es 200,8  $\mu\text{g/L}$  es superior a 100  $\mu\text{g/L}$ ; luego, está clasificado como Hipertrófico, en nuestra investigación y siguiendo esta misma metodología también categorizamos líquidos de la ensenada del lago Titicaca como Hipertrófico, Choque por medio de la metodología APHA Señaló que la carga general de nitrógeno en forma de nitrato  $\text{NO}_3$  es 351,6  $\mu\text{g/L}$  es mayor a 200  $\mu\text{g/L}$ ; que está categorizado como Eutrófico; en nuestra investigación los valores de nitratos también superan los 200  $\mu\text{g/L}$ , indicando que los líquidos de la Bahía interna de puno están en la categoría de Eutrófico, y Choque por medio de Carlson para el contenido completo de fósforo, el índice de etapa trófico de Carlson es de 80,5  $\text{mg/m}^3$  el cual es superior a 70  $\text{mg/m}^3$ ; en efecto, está en el estado de eutrofización Hipereutrófico. En nuestra investigación y de acuerdo a la metodología de Carlson también llegamos a determinar que los líquidos de la bahía interna del lago titica se encuentran en un estado de eutrofia Hipereutrófico. Las consecuencias de estas categorizaciones de Choque indica que son, la aplicación de abonos químicos, desechos sólidos agrícolas, obtención de líquido de laguna con fines agrícolas, y cría de animales con la consiguiente generación de excretas.; Por último, las repercusiones detectadas in situ son evidentes, tales como la desmejora de la calidad del líquido, la disminución de la superficie lagunar y, en última instancia, la modificación del atractivo paisajístico debido al llenado del lecho y el crecimiento desmesurado de totoras y algas. Dentro de las causas que nosotros encontramos esta principalmente la desembocadura de líquidos desechables domesticas e industriales, zonas de cultivos y crianza de animales en los puntos M4 y M5 y como consecuencia de ello la degradación de la calidad de agua se puede percibir a



simple vista como proliferación de algas, no se evidencia presencia de peces en este sector, olores fétidos desagradables debido a que en el fondo se está dando un ambiente anaerobio aumentando la concentración de anhídrido sulfuroso

Escobar y Espinoza en su investigación denominada "Grado de enriquecimiento nutricional en la laguna de Choclococha, Huancavelica en el año 2019". Para este propósito, se tomaron muestras en las orillas de la laguna, focalizándose en áreas de poca profundidad con el fin de evitar alterar la composición natural del agua. Se llevaron a cabo análisis de las medidas de fósforo total, nitratos, clorofila y claridad como parte del proyecto. Según los resultados, se estableció que la reunión de nitratos en la laguna Choclococha, calculada a partir del promedio de la lista de estado trófico de los tres monitoreos realizados, es de  $150.24 \text{ mg/m}^3$ , indicando un estado hipertrófico para la laguna. Además, se analizó que la reunión de fósforo total en la laguna Choclococha, conseguida a partir del promedio del indicador de estado trófico de las tres observaciones realizadas, es de  $78.87 \text{ mg/m}^3$ , ubicando a la laguna en un estado hipertrófico. En resumen, la laguna de choclococha exhibe un estado hipertrófico según la variante tradicional llevada a cabo en Santa Inés, Huancavelica. En cambio en nuestra investigación presentada se tuvo como objetivo Determinar la concentración de sustancias nutritivas que identifican el nivel de eutrofia en la ensenada del lago Titicaca 2023 y de acuerdo al método APHA los líquidos de la ensenada interna del lago Titicaca se encuentran en la categoría de Eutrófico, de acuerdo al estado trófico de Carlson los líquidos de la Ensenada del lago Titicaca se encuentran en el estado Hipereutrófico y con la metodología de la OECD las aguas se encuentran en la categoría de hipertrófico, resultados o categorizaciones algo parecidas que los realizados por Escobar y Espinoza.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA.** El actual estudio en referencia a las reuniones de Nitratos presentes en los líquidos derivados de la ensenada interna del lago Titicaca en los 5 lugares de muestreo se encuentran en promedio de 17, 14, 14, 17 y 14 mg/L y de acuerdo a la metodología APHA se halla en la categoría de Eutrófico y de acuerdo al indicador de estado nutricional de Carlson se encuentra en estado Hipereutrófico.
- SEGUNDA.** En referencia a la densidad de Nitritos en los líquidos provenientes de la bahía interna del lago Titicaca, en los lugares de muestreo M1, M2, M3, M4 y M5 con densidades de 9, 8, 9, 8, y 8 mg/l respectivamente.
- TERCERA.** Se concluye que en la determinación de la densidad de fosfatos promedio en aguas provenientes de la ensenada interna del lago Titicaca en los puntos M1, M2, M3, M4 y M5 con densidades de 41, 31, 34, 32, y 26 mg/l según lo indicado. Se obtiene un promediado de 33 mg/L y de acuerdo al método OECD dichas aguas están en la categoría de Hipertrófico y de acuerdo al indicador de estado nutricional de Carlson se encuentra en un estado de eutrofia Hipereutrófico.
- CUARTA.** Como conclusión general y de acuerdo a las concentraciones de nutrientes que se encontraron en los diferentes puntos de muestreo y que se analizaron para esta investigación se concluye que el grado de eutrofización de la ensenada interna del lago Titicaca se halla en un estado Hipereutrófico.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA.** Se recomienda a quienes tengan interés en este tema analizar el parámetro de clorofila a para poder también evaluar la condición nutricional del agua de las aguas de la bahía interna del lago Titicaca.
- SEGUNDA.** A futuros investigadores recomendarles que realicen los parámetros de fosforo total y nitrógeno total.
- TERCERA.** Se recomienda identificar y zonificar las fuentes de contaminación de aguas residuales que ingresan al lago Titicaca sin ningún tratamiento y además de identificar las actividades desarrolladas en las zonas ribereñas del lago.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arocena, R. (2016). *Principios y métodos de limnología: ejemplo de Uruguay*. DIRAC, Montevideo - Uruguay.
- Burgos Ulloa, C. (2018). *Eutrofización, técnicas de manejo y recuperación de lagos urbanos*. Universidad Técnica Federico Santa María, Concepción - Rey Balsuimo de Bélgica.
- Carlson, R., & Simpson, J. (1996). *Ecuaciones del estado trófico*.  
<https://www.nalms.org/secchidipin/monitoring-methods/trophic-state-equations/>
- Choque Bravo, R., & Jalisto Jalixto, P. (2021). *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco 2021*. Universidad Continental, Cusco -Perú.
- Escobar Ventura, R., & Espiniza Cárdenas, C. (2021). *Nivel de eutrofización en la laguna de Choclococha, Huancavelica 2019*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica - Perú.
- Escobar, L. (2006). Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. *Eure*, XXXII(96), 73 - 98.
- Espinel, V. (2018). *Influencia de la actividad antropogénica en la calidad del agua del embalse La Esperanza, Ecuador*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.
- Laboratorio de limnología e planeamiento Ambiental. (2016). *Eutrofização*.  
<https://mybrainsociety.blogspot.mx/2016/06/eutrofizacao.html>
- Laug, C. (2016). *Diagnóstico de eutrofización en la presa de Valsequillo (Manuel Ávila Camacho)*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla - México.



- Maldonado , D. (2018). *Determinación del estado trófico de la Laguna de San Miguel Almaya. Capulhuac, Estado de México*. Universidad Autónoma del estado de México, Estado de México.
- Mamani Larico, A. (2017). *Implementación de un modelo numérico de calidad del agua para el estudio del fenómeno de eutrotización del embalse El Pañe*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa - Perú.
- Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Revista Científica y Técnica de Ecología y medio ambiente*, 12(1), 2.
- MINAM. (2019). *Estándar de Calidad Ambiental*.  
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-decalidad-ambiental>
- MINAM. (2017). *Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-Ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Moreno D., Quintero, J., & Lopez, A. (2010). *Metodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Moreta Pozo, J. (2008). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias*. Ibarra 2008. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Ortega Zea, G. (2015). *Relación entre la carga de nutrientes y el estado Trófico de la bahía interior del lago Titicaca Puno 2015*. Universidad Privada San Carlos, Puno - Perú.
- Ortega, G. (2015). *Relación entre la carga de nutrientes y el estado trófico de la bahía interior del lago Titicaca Puno – 2015*. Universidad Privada San Carlos, Puno - Perú.



- Peña, E., Cantera, J., & Muñoz, E. (2012). *Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos, un estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca*. Universidad del Valle, Cali - Colombia.
- Pradenas Ramirez, M. (2021). *Evaluación del estado trófico y determinación de la capacidad de carga actual y carga crítica del lago Lanalhue*. Universidad de Concepción, Cconepción - Chile.
- Quiroz , H., & Reza, M. (2014). Situación actual de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. *HYPATIA. Revista de divulgación Científico - Tecnológica del estado de Morelos*.  
[https://www.revistahypatia.org/~revistah/index.php?option=com\\_content&view=article&id=197&Itemid=316](https://www.revistahypatia.org/~revistah/index.php?option=com_content&view=article&id=197&Itemid=316)
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., & Zambrano, L. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. D.F, México. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Seoánez, C. (2000). *Manual de contaminación marina y restauración del litoral*;. Madrid - Barcelona – México: Mundi – Prensa.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Primera edición*. Universidad de Medellin, Medellin - Colombia.
- Soares, C., & Schroder, N. (2015). Análise do estado trófico de uma bacia de acumulação em um complexo industrial. *Revista de Iniciação Científica da ULBRA*. <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/1450/1217>
- Toapaxi Quispe, G. (2018). *Determinación del nivel de eutrofización del agua de la laguna de atocha de la parroquia Cusubamba ubicada en El Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi período 2017-2018*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga - Ecuador.



Vásquez, G., Herrera, L., Cantera, J., Galvis, A., Cardona, D., & Hurtado, I.

(2012). Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24, 112 - 128.

Villanueva Olivera, V. (2022). *Concentración de nitrógeno y fósforo en la zona litoral del lago Titicaca distrito de Juli, 2021*. Universidad Privada San Carlos, Puno - Perú.

Vollenweider, R., & Kerejes, J. (1983). ) *Background and Sumary Results of the OECD Cooperative Progrma on Eutrophication in Restoration of Lakes and Inland Waters*.

Water on the Web. (24 de Abril de 2007). *Resources Glossary*.  
<http://www.waterontheweb.org/resources/glossary.html>

Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona - España: Omega S.A.

Winward, A. (2000). *Monitoring the vegetation resources in riparian areas. RMRS-GTR47. Ogden*. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain.

Zouiten, H. (2012). *Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: aplicación a masas de agua atlánticas y mediterráneas*. Universidad de Cantabria, Santander - España.



# ANEXOS



### Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS
¿Cuál será la concentración de nutrientes que caracterizan el grado de eutrofización de la bahía interior del lago Titicaca?	Confirmar la clasificación de la calidad del agua en la ensenada interna utilizando los criterios de eutrofización de APHA y el índice de Carlson, documentando la categoría hipereutrófica	La concentración de nutrientes en la Bahía Interior del Lago Titicaca está positivamente correlacionada con el grado de eutrofización, medida a través de la proliferación de algas y la disminución de la calidad del agua.	<b>Variable Independiente:</b>  Nitritos Nitratos Fosfatos  <b>Variable Dependiente:</b>  Estado del lago Titicaca sector bahía	<b>Enfoque:</b> Transversal  <b>Método:</b> Cuantitativo  <b>Diseño:</b> No experimental	<b>Técnica:</b> Análisis documental y bibliográfico  <b>Instrumento:</b>  Ficha documental y bibliográfica
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>		<b>Tipo de investigación:</b> Básico	<b>Temporalidad:</b> Longitudinal
1. ¿Cuál es la concentración de Nitratos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca? 2. ¿Cuál es la concentración de Nitritos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca? 3. ¿Cuál es la concentración de fosfatos en aguas provenientes de la bahía interior del lago Titicaca?	1. Medir y documentar las concentraciones exactas de nitritos en los cinco puntos de muestreo (M1, M2, M3, M4, M5) para obtener un perfil claro de la contaminación. 2. Confirmar la clasificación de las aguas como hipereutróficas según el método OECD y el índice de Carlson, documentando los efectos sobre el ecosistema. 3. Analizar cómo el estado hipereutrófico está afectando a la flora y fauna acuática, especialmente en términos de pérdida de biodiversidad y cambios en la comunidad ecológica.	1. La concentración de los parámetros bacteriológicos de la irrigación del sub sector hidráulico Cabanilla sobrepasa la normatividad. 2. Las aguas en estudio se clasificarán como hipereutróficas según el método OECD y el índice de Carlson, lo que indicará un alto nivel de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo 3. El estado hipereutrófico de los cuerpos de agua está provocando una disminución significativa en la biodiversidad de la flora y fauna acuática, así como cambios en la estructura y composición de las comunidades ecológicas			

## Anexo 2: Resultado de análisis



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS****INFORME N° LCA122****I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. Solicitante : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
1.2. Proyecto : CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

**II. DATOS DEL ENSAYO**

- 2.1. Producto : Agua Superficial  
2.2. Numero de muestras : 05  
2.3. Muestreado por : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
2.4. Fecha de ensayo : 23-24/07/2023  
2.5. Departamento : Puno  
2.6. Provincia : Puno  
2.7. Distrito : Puno  
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Fecha	Hora
M1	22/11/2023	10:03
M2	22/11/2023	10:33
M3	22/11/2023	11:03
M4	22/11/2023	11:33
M5	22/11/2023	12:03

**III. RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3	M4	M5
Temperatura	°C	13.2	14.2	14.1	15.3	15.1
pH	-	7.42	7.50	7.40	7.40	7.60
Nitratos	mg/l	17	15	16	17	13
Nitritos	mg/l	10	8	9	7	7
Fosfatos	mg/l	40	30	32	33	25

**IV. MÉTODO DE ENSAYO**

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
C.I.P. 42790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 30 de noviembre del 2023

Página 2 de 3

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LCA121

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
1.2. Proyecto : CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua Superficial  
2.2. Numero de muestras : 05  
2.3. Muestreado por : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
2.4. Fecha de ensayo : 23-24/07/2023  
2.5. Departamento : Puno  
2.6. Provincia : Puno  
2.7. Distrito : Puno  
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Fecha	Hora
M1	22/11/2023	10:03
M2	22/11/2023	10:33
M3	22/11/2023	11:03
M4	22/11/2023	11:33
M5	22/11/2023	12:03

#### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3	M4	M5
Temperatura	°C	13.0	14.5	14.4	15.0	15.2
pH	-	7.58	7.52	7.45	7.47	7.65
Nitratos	mg/l	18	13	14	16	14
Nitritos	mg/l	9	8	9	8	8
Fosfatos	mg/l	42	33	34	30	28

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
C.I.P. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL, 112

Juliaca, 30 de noviembre del 2023

Página 1 de 3

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LCA123

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
1.2. Proyecto : CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua Superficial  
2.2. Numero de muestras : 05  
2.3. Muestreado por : Zenit Elvis Ruiz Soncco  
2.4. Fecha de ensayo : 23-24/07/2023  
2.5. Departamento : Puno  
2.6. Provincia : Puno  
2.7. Distrito : Puno  
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Fecha	Hora
M1	22/11/2023	10:03
M2	22/11/2023	10:33
M3	22/11/2023	11:03
M4	22/11/2023	11:33
M5	22/11/2023	12:03

#### III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3	M4	M5
Temperatura	°C	13.8	14.5	14.8	15.5	15.0
pH	-	7.32	7.45	7.33	7.40	7.60
Nitratos	mg/l	17	15	13	17	15
Nitritos	mg/l	9	7	10	9	10
Fosfatos	mg/l	40	30	37	33	25

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - VICE

Juliaca, 30 de noviembre del 2023

Página 3 de 3



**ANEXO 1**  
**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**

**AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV**

Formato digital

Fecha de entrega: 22-10-24

**1. Datos del autor (es):**

Nombres y Apellidos: ZENIT ELVIS RUIZ SONCCO

Dirección: Barrio Jose Olaya s/n - Limbani

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74765258

Teléfono: 957275041 email: ruizzenith@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIA Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES QUE CARACTERIZAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): concentración, Eutrofización, trófico, eutrófico, Bahía, nutrientes

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

1, 2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



**2. Referencia de tesis:**

Bachiller     Titulo     2da Especialidad     Maestría     Doctorado

**3. Licencias:**

**a) Licencia estándar:**

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

**b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

22 de octubre 2024

Fecha