

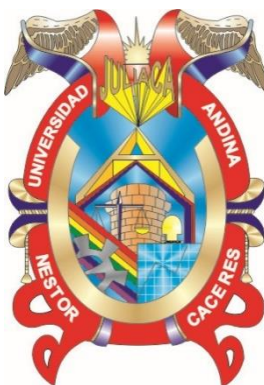


**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS  
INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE  
LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JUAN RAMON GONZALES QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**

**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS  
INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE  
LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JUAN RAMON GONZALES QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

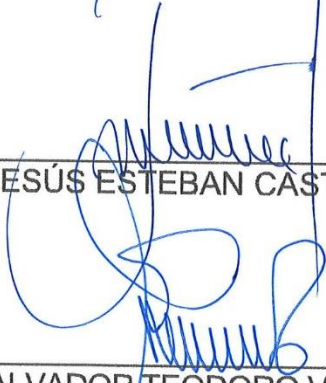
**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

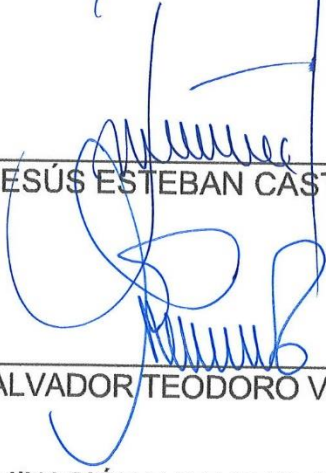
**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1058-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025- CU-7928 presentado por el (la) Bachiller: **JUAN RAMON GONZALES QUISPE** 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. **JUAN RAMON GONZALES QUISPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN 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** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JUAN RAMON GONZALES QUISPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 19 de septiembre del 2025
- \* **HORA** : 11:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

**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 C.S. PURAS

Dr. OSCAR V. VIANONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1789-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 17851 por el señor (a): **JUAN RAMON GONZALES QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1506- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 131 - 2024 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 señor (a): **JUAN RAMON GONZALES QUISPE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**, 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° 131 - 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**, 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 señor (a): **JUAN RAMON GONZALES QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024** 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) la), **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

**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 PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1249-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 13514, presentado el señor (a) **JUAN RAMON GONZALES QUISPE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1086 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 124 -2024 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 señor (a): **JUAN RAMON GONZALES QUISPE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**, 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 de la propuesta de investigación formato N° 124 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024**.

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 señor (a): **JUAN RAMON GONZALES QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024** 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** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

**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. PURASL. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



# TESIS UANCV

## 13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

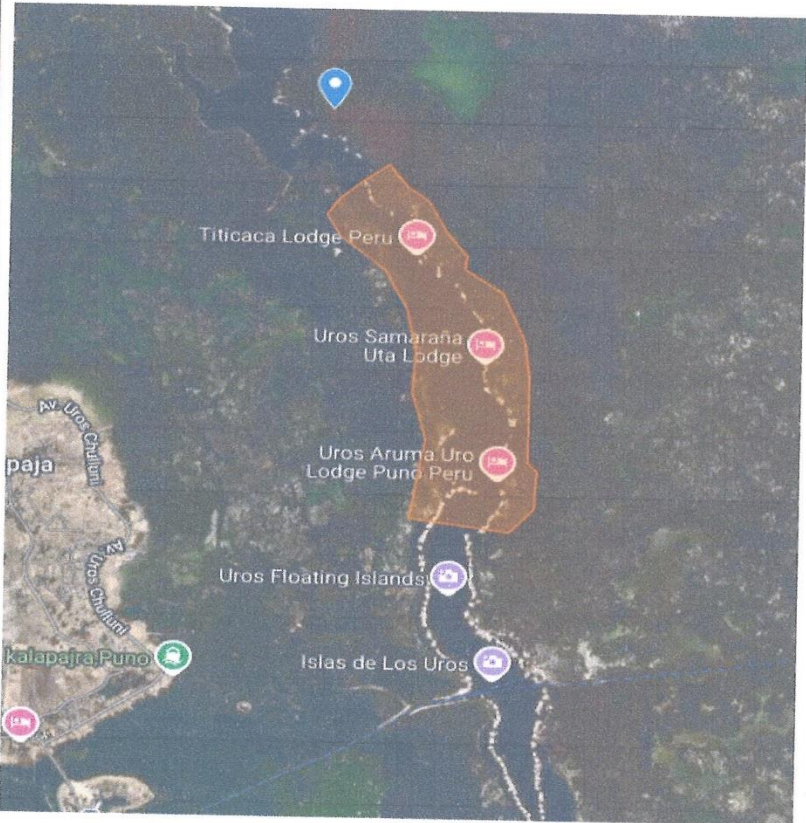


### Metadatos Complementarios

|                                                                                                                |                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título de la tesis</b>                                                                                      |                                                                                           |
| GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024 |                                                                                           |
| <b>Datos de autor</b>                                                                                          |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                            | JUAN RAMON GONZALES QUISPE                                                                |
| Tipo de documento de identidad                                                                                 | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                               | 72121926                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                   | <a href="https://orcid.org/0009-0000-6566-6231">https://orcid.org/0009-0000-6566-6231</a> |
| <b>Datos de asesor</b>                                                                                         |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                            | SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS                                                        |
| Tipo de documento de identidad                                                                                 | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                               | 02383061                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                   | <a href="https://orcid.org/0009-0008-8660-8733">https://orcid.org/0009-0008-8660-8733</a> |
| <b>Datos del jurado</b>                                                                                        |                                                                                           |
| <b>Presidente del jurado</b>                                                                                   |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                            | CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR                                                             |
| Tipo de documento                                                                                              | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                               | 02441152                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 1</b>                                                                                    |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                            | ARNALDO YANA TORRES                                                                       |
| Tipo de documento                                                                                              | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                               | 41414676                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 2</b>                                                                                    |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                            | JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA                                                            |
| Tipo de documento                                                                                              | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                               | 01323821                                                                                  |





| Datos de investigación                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Línea de investigación                                                                                                                                                                         | Contaminación Y Calidad Ambiental - P22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Grupo de investigación                                                                                                                                                                         | No aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Agencia de financiamiento                                                                                                                                                                      | Sin financiamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ubicación geográfica de la investigación                                                                                                                                                       | <p>País: Perú<br/>Departamento: Puno<br/>Provincia: Puno<br/>Distrito: Puno</p> <p>Coordenadas<br/>Latitud: -15.8272599" S<br/>Longitud: -69.9906723" O</p>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1X74Biwnc8Tv1PPF-PFX5Lyj1qFm14MU&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1X74Biwnc8Tv1PPF-PFX5Lyj1qFm14MU&amp;usp=sharing</a></p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación                                                                                                                                         | Octubre 2024 – Setiembre 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| URL de disciplinas OCDE<br><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><br>- Librería | <p>Ingeniería Ambiental</p> <p><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



UNIVERSIDAD ANDINA "INÉS DE CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Fritz Wally Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN





### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JUAN RAMON GONZALES QUISPE, identificado con DNI

Nro. 72121926 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:

GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

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 \_\_\_\_\_ de octubre 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

*Deseo expresar mi gratitud a mis progenitores por su respaldo y comprensión sin reservas. Igualmente, a mis hermanos, pilares fundamentales en mi día a día, cuyo apoyo constante me proporcionó la fuerza para avanzar en esta etapa de nuestra formación profesional; y a todos aquellos que contribuyeron de manera absoluta en nuestro desarrollo tanto personal como profesional.*

**JUAN RAMON GONZALES QUISPE**





## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, doy gracias a Dios por concederme salud en momentos adversos, por garantizarme un techo, alimento y por orientarme en cada decisión tomada.*

*Posteriormente, expreso mi gratitud a mi familia por el respaldo absoluto ofrecido a lo largo de esta travesía hacia la consecución del título.*

*Reconozco también a la EPISA de la UANCV, y al cuerpo educativo que me educó y compartió su sabiduría en el transcurso de toda mi alineación profesional.*

*A mi asesor quien me orientó y guio durante el desarrollo de esta tesis.*

**JUAN RAMON GONZALES QUISPE**



## ÍNDICE GENERAL

|                         |      |
|-------------------------|------|
| DEDICATORIA.....        | i    |
| AGRADECIMIENTO .....    | ii   |
| ÍNDICE GENERAL.....     | iii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS ..... | x    |
| RESUMEN .....           | xi   |
| ABSTRACT .....          | xii  |
| INTRODUCCIÓN .....      | xiii |

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

|                                                 |   |
|-------------------------------------------------|---|
| 1.1. Análisis de la situación problemática..... | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema .....           | 3 |
| 1.2.1. Problema general .....                   | 3 |
| 1.2.2. Problemas específicos .....              | 3 |
| 1.3. Objetivos de la investigación .....        | 4 |
| 1.3.1. Objetivo general .....                   | 4 |
| 1.3.2. Objetivos específicos.....               | 4 |
| 1.4. Justificación de la investigación.....     | 4 |
| 1.4.1. Justificación Practica .....             | 4 |
| 1.4.2. Justificación social.....                | 5 |





|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 1.4.3. Justificación ambiental .....       | 6 |
| 1.4.4. Justificación Económica .....       | 7 |
| 1.5. Hipótesis de la investigación .....   | 8 |
| 1.5.1. Hipótesis general.....              | 8 |
| 1.5.2. Hipótesis específicas.....          | 8 |
| 1.6. Variables.....                        | 9 |
| 1.6.1. Variable de caracterización .....   | 9 |
| 1.6.2. Variable de interés.....            | 9 |
| 1.7. Operacionalización de variables ..... | 9 |

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación .....             | 11 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales .....               | 11 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales .....                    | 15 |
| 2.1.3. Antecedentes regionales .....                    | 19 |
| 2.2. Bases teóricas .....                               | 23 |
| 2.2.1. Islas flotantes de los Uros .....                | 23 |
| 2.2.2. Eutrofización.....                               | 25 |
| 2.2.3. Fuentes de eutrofización .....                   | 25 |
| 2.2.4. Tipos de fuentes de agua .....                   | 27 |
| 2.2.5. Calidad de agua Causas de la eutrofización ..... | 28 |



|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.6. Efectos de la eutrofización .....                               | 30 |
| 2.2.7. Nutrientes en el proceso de eutrofización .....                 | 32 |
| 2.2.8. Estado trófico.....                                             | 32 |
| 2.2.9. Parámetros que determinan el nivel trófico en cuerpos de agua.. | 35 |
| 2.2.10. Relación Nitrógeno/Fósforo .....                               | 37 |
| 2.2.11. Categoría trófica e Índice de estado trófico (TSI) .....       | 38 |
| 2.3. Marco conceptual. ....                                            | 41 |
| 2.3.1. Eutrofización.....                                              | 41 |
| 2.3.2. Isla.....                                                       | 41 |
| 2.3.3. Nitrógeno total .....                                           | 41 |
| 2.3.4. Fósforo total .....                                             | 41 |
| 2.3.5. Estado trófico.....                                             | 42 |
| 2.3.6. Estándares de calidad para agua (DS N° 004-2017-MINAM) .....    | 42 |

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 3.1. Diseño de investigación ..... | 43 |
| 3.2. Tipo de investigación .....   | 43 |
| 3.3. Nivel de investigación .....  | 44 |
| 3.4. Enfoque de investigación..... | 44 |
| 3.5. Diseño estadístico .....      | 45 |
| 3.6. Población y muestra .....     | 45 |



|                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.1. Población.....                                                                                                                                                                                                                              | 45 |
| 3.6.2. Muestra .....                                                                                                                                                                                                                               | 46 |
| 3.7. Materiales y equipos.....                                                                                                                                                                                                                     | 46 |
| 3.8. Técnicas e instrumentos.....                                                                                                                                                                                                                  | 47 |
| 3.8.1. Técnicas.....                                                                                                                                                                                                                               | 47 |
| 3.8.2. Instrumentos.....                                                                                                                                                                                                                           | 48 |
| 3.9. Lugar de estudio.....                                                                                                                                                                                                                         | 49 |
| 3.10. Procedimiento metodológico .....                                                                                                                                                                                                             | 51 |
| 3.10.1. Procedimiento para el objetivo específico 1: Determinar la<br>concentración de nitrógeno total en las inmediaciones de las islas flotantes<br>de los Uros del Lago Titicaca.....                                                           | 51 |
| 3.10.2. Procedimiento para el objetivo específico 2: Determinar la<br>concentración de fosforo total en las inmediaciones de las islas flotantes de<br>los Uros del Lago Titicaca. ....                                                            | 53 |
| 3.10.3. Procedimiento para el objetivo específico 3: Evaluar el grado de<br>eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los<br>Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y<br>fósforo..... | 55 |

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 4.1. Resultados ..... | 60 |
|-----------------------|----|





|                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.1. Concentración de Nitrógeno en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca. ....                                                                 | 60  |
| 4.1.2. Concentración de fosforo en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.....                                                                    | 82  |
| 4.1.3. Grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y fósforo. .... | 87  |
| 4.2. Discusiones.....                                                                                                                                                             | 100 |
| CONCLUSIONES .....                                                                                                                                                                | 103 |
| RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                                             | 105 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                                                                   | 107 |
| ANEXOS .....                                                                                                                                                                      | 113 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables de la presente investigación.....                                                                                                         | 9  |
| <b>Tabla 2</b> Clasificación y categoría trófica según OECD. ....                                                                                                                        | 38 |
| <b>Tabla 3</b> Categoría de clasificación según APHA. ....                                                                                                                               | 39 |
| <b>Tabla 4</b> Valores del estado trófico en los cuerpos acuáticos y escala Carlson.40                                                                                                   |    |
| <b>Tabla 5</b> Ecuaciones para calcular el estado trófico utilizando los parámetros de eutrofización.....                                                                                | 40 |
| <b>Tabla 6</b> Coordenadas de los puntos de muestreo de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca .....                                                     | 50 |
| <b>Tabla 7</b> Estandarización de unidades y organización de datos. ....                                                                                                                 | 56 |
| <b>Tabla 8</b> Índices y ecuaciones aplicadas. ....                                                                                                                                      | 57 |
| <b>Tabla 9</b> Reglas de clasificación utilizadas. ....                                                                                                                                  | 58 |
| <b>Tabla 10</b> Concentración de nitrógeno total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, 2024.....                                    | 76 |
| <b>Tabla 11</b> Nivel de cumplimiento del nitrógeno total (mg/L) en cinco islas flotantes de los Uros con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4 (0.315 mg/L). ....             | 80 |
| <b>Tabla 12</b> Concentración de fósforo total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, 2024.....                                      | 82 |
| <b>Tabla 13</b> Nivel de cumplimiento del fósforo total (mg/L) en cinco islas flotantes de los Uros con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4 (0.035 mg/L). ....               | 86 |
| <b>Tabla 14</b> Concentración de fósforo total (µg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024..... | 88 |



|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 15</b> Valores del Índice de Estado Trófico (TSI) para nitrógeno total en 05 islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024. .... | 91 |
| <b>Tabla 16</b> Clasificación del estado trófico según el Índice de Estado Trófico (TSI) para nitrógeno total en cinco islas flotantes de los Uros. ....                             | 92 |
| <b>Tabla 17</b> Valores del Índice de Estado Trófico (TSI) para fósforo total en 05 islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024. ....   | 93 |
| <b>Tabla 18</b> Clasificación del estado trófico según el Índice de Estado Trófico (TSI) para fosforo total en cinco islas flotantes de los Uros. ....                               | 95 |
| <b>Tabla 19</b> Clasificación del estado trófico según OCDE (1982) usando fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ) en cinco islas de los Uros, octubre, noviembre y diciembre 2024. ....    | 96 |
| <b>Tabla 20</b> Relación N/P y nutriente limitante (promedios de los meses de octubre, noviembre y diciembre 2024). ....                                                             | 97 |
| <b>Tabla 21</b> Comparación del estado trófico mediante índices de Carlson, OCDE y relación N/P en cinco islas flotantes de los Uros, octubre–diciembre de 2024. ....                | 98 |





## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Ubicación de las Isla Los Uros. ....                                                                                                                                                                  | 24 |
| <b>Figura 2</b> Transición natural de un lago por varios estados de productividad...                                                                                                                                  | 26 |
| <b>Figura 3</b> Eutrofización natural e inducida por el hombre. ....                                                                                                                                                  | 27 |
| <b>Figura 4</b> Esquema del proceso de eutrofización. ....                                                                                                                                                            | 28 |
| <b>Figura 5</b> Oligotrófico. ....                                                                                                                                                                                    | 33 |
| <b>Figura 6</b> Mesotrófico.....                                                                                                                                                                                      | 33 |
| <b>Figura 7</b> Eurotrófico.....                                                                                                                                                                                      | 34 |
| <b>Figura 8</b> Hipertrófico.....                                                                                                                                                                                     | 34 |
| <b>Figura 9</b> Ubicación de los puntos de muestreo de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca. ....                                                                                   | 50 |
| <b>Figura 10</b> Muestreo de agua en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca. ....                                                                                                     | 52 |
| <b>Figura 11</b> Muestreo y conservación de las aguas muestreadas de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca. ....                                                                                          | 54 |
| <b>Figura 12</b> Concentración de nitrógeno total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, en comparación con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4. .... | 79 |
| <b>Figura 13</b> Concentración de fósforo total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, en comparación con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4.....    | 85 |



## RESUMEN

El existente estudio poseyó como propósito general valorar el nivel de eutrofización de H<sub>2</sub>O en las inmediaciones de las islas flotables de los Uros del Lago Titicaca 2024. La metodología empleada correspondió a un diseño no experimental, de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y correlacional y un enfoque cuantitativo. Se atareó con 05 puntos de muestreo representativos en diferentes islas flotantes, recolectándose muestras de H<sub>2</sub>O de superficie en los períodos de: octubre, noviembre y diciembre de 2024. Las muestras fueron analizadas en el Recinto de Condiciones Ambientales de la UANCV – Juliaca, para determinar el grado de eutrofización se aplicó los índices de Carlson, la clasificación de la OCDE y la relación N/P. Los resultados mostraron que las reuniones de nitrógeno total fluctuaron entre 0.32 y 0.45 mg/L, superando en algunos casos el valor del ECA H<sub>2</sub>O, clase 4 (0.315 mg/L), en tanto que el fósforo total varió entre 0.92 y 1.35 mg/L, superando el límite establecido en la normativa (0.035 mg/L). El TSI-P presentó valores entre 102.61 y 108.09, clasificando todas las islas como hipereutróficas, en tanto que el TSI-N se ubicó entre 37.86 y 42.93, dentro de las categorías oligotrófica a mesotrófica. La relación N/P se mantuvo muy baja (0.33–0.35), confirmando que el nitrógeno actúa como nutriente limitante frente al exceso de fósforo. Se ultima que las H<sub>2</sub>O en las inmediaciones de las islas flotables de los Uros muestran un estado hipereutrófico generalizado, determinado principalmente por las elevadas concentraciones de fósforo total, mientras que el nitrógeno se mantiene en niveles restrictivos.

**Palabras clave:** fósforo, nitrógeno, Lago Titicaca, islas flotantes, estado trófico.



## ABSTRACT

The general purpose of the existing study was to assess the level of eutrophication of H<sub>2</sub>O in the vicinity of the floating islands of the Uros on Lake Titicaca in 2024. The methodology used was a non-experimental, applied design, with a descriptive and correlational level and a quantitative approach. It was carried out at five representative sampling points on different floating islands, collecting surface H<sub>2</sub>O samples in October, November, and December 2024. The samples were analyzed at the Environmental Conditions Facility of the UANCV – Juliaca. To determine the degree of eutrophication, the Carlson indices, the OECD classification, and the N/P ratio were applied. The results showed that total nitrogen concentrations fluctuated between 0.32 and 0.45 mg/L, exceeding in some cases the ECA H<sub>2</sub>O value, class 4 (0.315 mg/L), while total phosphorus varied between 0.92 and 1.35 mg/L, exceeding the limit established in the regulations (0.035 mg/L). The TSI-P presented values between 102.61 and 108.09, classifying all the islands as hypereutrophic, while the TSI-N ranged between 37.86 and 42.93, within the oligotrophic to mesotrophic categories. The N/P ratio remained very low (0.33–0.35), confirming that nitrogen acts as a limiting nutrient in the face of excess phosphorus. It is concluded that the H<sub>2</sub>O in the vicinity of the floating islands of the Uros show a generalized hypereutrophic state, determined mainly by high concentrations of total phosphorus, while nitrogen remains at restrictive levels.

**Keywords:** phosphorus, nitrogen, Lake Titicaca, floating islands, trophic state.



## INTRODUCCIÓN

El Lago Titicaca, estimado el lago profundo más elevado del universo, es un ecosistema único que alberga una rica biodiversidad y retoza un papel esencial en la existencia de las colectividades que residen en sus entornos. Entre ellas, las Islas Flotables de los Uros se destaca por su forma de existencia tradicional, asentada en la construcción de islas artificiales de totora, y por ser un destino turístico de relevancia. Sin embargo, este ecosistema está experimentando cambios debido a factores antropogénicos como la polución y la eutrofización de sus aguas, anómalo que afecta a varios cuerpos de H<sub>2</sub>O a nivel mundial.

La eutrofización se refiere al proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes, particularmente fósforo y nitrógeno, que induce un aumento de la biomasa acuática y estropea la condición del H<sub>2</sub>O, alterando su proporción ecológico. En el caso del Lago Titicaca, diversas diligencias humanas, como la agronomía, la ganadería, la pesca y el turismo, han incrementado la carga de nutrientes, lo que genera preocupaciones sobre el futuro de sus ecosistemas acuáticos.

El actual análisis busca evaluar el nivel de eutrofización de las H<sub>2</sub>O en las inmediaciones de Islas Flotables de los Uros durante el año 2024. A través de un enfoque multidisciplinario que incluye la recopilación de muestras de H<sub>2</sub>O, estudios físico-químicos y el monitoreo de indicadores biológicos, se pretende comprender la magnitud de este fenómeno en esta zona específica del lago. Este análisis es fundamental no solo para resguardar la condición del H<sub>2</sub>O en la región, sino también para garantizar las sostenibilidades de las diligencias productivas y turísticas que penden de ella.





La investigación contribuirá al conocimiento científico sobre la eutrofización en el Lago Titicaca y valdrá como base para posibles acciones de gestión ambiental y conservación en la zona, tal como para la sensibilización de las colectividades locales y turistas sobre la transcendencia de mantener el equilibrio ecológico de este invaluable recurso natural.

Cabe indicar que el presente análisis se estructura en cuatro capítulos generales, los cuales están especificados de la siguiente forma:

CAPITULO I: Se elabora la presentación inicial, la formulación de la problemática, estableciendo el asunto central, las suposiciones tentativas, la sustentación y los fundamentos teóricos que delimitan las metas alcanzadas que comprende la investigación.

CAPITULO II: Se enfoca en las demostraciones referentes al tema de análisis, referencias del análisis y los fundamentos teóricos que sustentan este análisis.

CAPITULO III: Aborda el método esgrimido en este análisis relatando el tipo y diseño de análisis, técnicas e instrumentos, las selecciones de la población y muestreo, los métodos, tal como los procesos de recopilación de pesquisa.

CAPITULO IV: Se presentan los hallazgos emanados y su respectivo estudio. Así también se muestran las terminaciones y recomendaciones oportunos.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática.

El Lago Titicaca, situado en el límite entre Bolivia y Perú, es un ecosistema de gran importancia tanto a nivel ambiental como cultural. A lo largo de los siglos, ha sido el hogar de diversas comunidades indígenas, entre ellas los Uros, quienes han desenvuelto una forma de existencia única basada en las islas flotantes de totora. Este sistema lacustre es un recurso fundamental para la subsistencia de estas colectividades, pero también enfrenta crecientes amenazas debido a las actividades humanas y el cambio climático.

Una de las problemáticas ambientales más relevantes en la actualidad es las eutrofizaciones de las H<sub>2</sub>O del lago, proceso que ha afectado a diversas partes de la entidad de H<sub>2</sub>O. El proceso de eutrofización ocurre ante una sobreabundancia de nutrientes, especialmente de N y P, causados primordialmente en fuentes como el drenaje de campos de cultivo, los desagües de ciudades, la acuicultura a gran escala y la diligencia turística. Dichos elementos promueven la proliferación desmedida de algas y flora acuática, lo que degrada las características del agua y perjudica a los seres vivos del ecosistema acuático.



Los impactos de la eutrofización en el Lago Titicaca son especialmente críticos en las inmediaciones de las Islas Flotables de los Uros, una zona de gran vulnerabilidad debido a la concentración de actividades humanas como el asentamiento de los pobladores, el turismo, y la agricultura a pequeña escala. Las aguas en estas zonas presentan signos de polución, como las proliferaciones de algas y la reducción de la transparencia del H<sub>2</sub>O. Este fenómeno no solo afecta la fauna y flora acuática, sino que asimismo pone en peligro la salubridad pública y las diligencias económicas de las colectividades circundantes, ya que depende del agua para consumo, pesca y otras prácticas cotidianas.

La eutrofización también puede inducir la liberación de toxinas en el agua, lo que incrementa los riesgos para la salubridad de los individuos que penden derechamente de este recurso, y genera un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos, alterando la dinámica de los organismos y las especies que habitan el lago. Además, el desarrollo excesivo de plantas marítimas puede obstaculizar la navegación, afectando la movilidad y los accesos a servicios fundamentales en la región.

El análisis de esta problemática es crucial para comprender la magnitud de la eutrofización en los alrededores de las Islas Flotables de los Uros y para implementar medidas de gestiones adecuada que permitan mitigar sus efectos y restaurar la condición del H<sub>2</sub>O en el Lago Titicaca. La escasez de pesquisa renovada y estudios específicos sobre el estado de eutrofización en esta área particular ha generado un vacío en la toma de decisiones, lo cual hace ineludible

un enfoque científico que pueda proporcionar datos confiables y contribuir a una mejor gestión ambiental en la región.

En este contexto, el actual análisis posee como propósito analizar el grado de eutrofización de las H<sub>2</sub>O en las inmediaciones de Islas Flotables de los Uros durante el año 2024, a fin de evaluar los factores que contribuyen a este fenómeno y sus consecuencias tanto a nivel ecológico como socioeconómico. La adquisición de resultados claros sobre la condición del H<sub>2</sub>O permitirá a las jurisdicciones locales y regionales, tal como a las comunidades, hurtar medidas preservadoras y correctivas para asegurar la sostenibilidad del Lago Titicaca como un recurso vital para las generaciones futuras.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el grado de eutrofización de aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los uros del Lago Titicaca 2024?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la concentración de nitrógeno total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca?
- b) ¿Cuál es la concentración de fósforo total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca?
- c) ¿Cuál es el grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y fósforo?



### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el grado de eutrofización de aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los uros del Lago Titicaca 2024.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la concentración de nitrógeno total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.
- b) Determinar la concentración de fosforo total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.
- c) Evaluar el grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y fósforo.

### **1.4. Justificación de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación Practica**

El sustento aplicado del análisis se basa en que sus hallazgos ofrecerán instrumentos tangibles para enfrentar la dificultad de la eutrofización en la zona aledaña a las Islas Flotables de los Uros. A través de un diagnóstico preciso, se podrán desarrollar soluciones efectivas para mitigar sus efectos, optimizar la condición del H<sub>2</sub>O, proteger los recursos nativos y promover un desarrollo sostenible en la región. Esto contribuirá a mejorar la salud, la seguridad alimentaria, la economía local y las sostenibilidades ambientales en las comunidades del Lago Titicaca.

#### **1.4.2. Justificación social**

La consecuencia social más significativa de la eutrofización es las degradaciones de los bienes nativos de los cuales las poblaciones dependen para subsistir. Las Islas Flotables de los Uros, concretamente, necesitan del lago para actividades pesqueras, movilización y abastecimiento de agua para consumo. La sobreabundancia de nutrientes que desencadena la eutrofización puede alterar la diversidad biológica acuática, particularmente las comunidades ícticas, las cuales constituyen un recurso fundamental para la alimentación y la economía familiar. Paralelamente, se produce un deterioro en las condiciones del agua, elevando la peligrosidad para el bienestar de los pobladores, puesto que la polución hídrica podría ocasionar padecimientos de origen hídrico y restringir la disponibilidad de H<sub>2</sub>O salubre para consumo.

Además, la eutrofización impacta de manera indirecta la unión social de las comunidades al afectar las diligencias económicas que las sostienen, como el turismo. Las Islas Flotables de los Uros son un destino turístico de gran importancia, no solo para los residentes, sino también para las poblaciones que dependen de los ingresos generados por esta actividad.

Otro aspecto crucial es el impacto de la eutrofización sobre la identidad cultural de las colectividades. Las Islas Flotantes de los Uros tienen una fuerte identidad basada en su correspondencia con el Lago Titicaca. La alteración del entorno natural puede amenazar esta conexión cultural y espiritual con el agua, lo que puede generar una sensación de pérdida entre los habitantes. Además, la degradación ambiental podría afectar las prácticas tradicionales de subsistencia, que son esenciales para la cohesión social y el sostenimiento de las hábitos y formas de existencia ancestrales.

Conocer el grado de afectación por la eutrofización permitirá implementar medidas preventivas y correctivas que no solo garanticen la preservación de los recursos nativos y la biodiversidad, sino asimismo el acceso seguro al agua, la continuidad de las diligencias económicas y la conservación de las tradiciones culturales. En este sentido, la investigación contribuirá a un desarrollo social sostenible, en el cual se promueva el equilibrio entre la preservación del ambiente natural y la fortuna de las urbes locales, afirmando un futuro próspero para las reproducciones eventuales.

#### **1.4.3. Justificación ambiental**

El fundamento ecológico del análisis se basa en la imperiosa necesidad de valorar el nivel de eutrofización en la zona de las Islas Flotables de los Uros, con el fin de reconocer los orígenes y las consecuencias de este proceso. La sobrefertilización de las aguas, un fenómeno que consiste en el acopio desmedido de nutrientes, ha causado serios desequilibrios en múltiples ecosistemas acuáticos globales, y el Lago Titicaca no ha escapado a esta realidad. Este fenómeno no solo afecta la condición del agua, sino que asimismo altera la dinámica de los ecosistemas marítimos, disminuye la biodiversidad, y reduce la capacidad del lago para sostener las diligencias productivas y la fortuna de las colectividades locales.

Los datos recabados mediante este análisis posibilitarán la formulación de medidas para la protección y administración correcta del recurso hídrico, además de auxiliar en la adopción de resoluciones sustentadas para atenuar las consecuencias de la sobrefertilización acuática. El mantenimiento de las condiciones del líquido en el Lago Titicaca resulta crucial tanto para la estabilidad ambiental del área como para el resguardo de los bienes nativos de los

pobladores originarios, junto con la perpetuación de esta herencia ecológica irremplazable para la posteridad.

#### **1.4.4. Justificación Económica**

El sustento económico de este estudio se basa en que el Lago Titicaca constituye uno de los primordiales proveedores de recursos naturales para las poblaciones aledañas, no solo como hábitat esencial, sino también por sus funciones ambientales, labores generadoras de ingresos y atractivo para el turismo. Los alrededores de las Islas Flotables de los Uros, específicamente, representan zonas de gran relevancia tanto para residentes como para turistas, gracias a su amplia variedad biológica y trascendencia histórica. No obstante, el proceso de eutrofización podría generar consecuencias negativas en la economía regional, perjudicando diversos rubros prioritarios que requieren de condiciones hídricas óptimas y un ecosistema lacustre saludable.

Como aspecto primordial, la actividad turística en el Lago Titicaca representa uno de los ingresos económicos más importantes para las poblaciones del área, entre los que se hallan los habitantes de las Islas Flotantes de los Uros. Los turistas visitan estas islas no solo por su atractivo cultural, sino también por la belleza natural del entorno acuático. La eutrofización, que promueve el desarrollo enorme de plantas acuáticas y algas, puede alterar la apariencia del lago, reducir la visibilidad del H<sub>2</sub>O y afectar la biodiversidad acuática, reduciendo la atracción turística de la zona. La percepción de un ambiente degradado podría generar una disminución en el número de visitantes, afectando la economía local que depende del turismo, generando pérdidas en actividades como la venta de artesanías, servicios de transporte, gastronomía y alojamiento.

Por otro lado, la eutrofización también tiene implicaciones directas en la pesca, otra actividad económica crucial para las comunidades del lago. El desarrollo descontrolado de hongos puede disminuir la oxigenación del H<sub>2</sub>O, lo que daña a las especies acuáticas y puede reducir las poblaciones de peces. Además, la alteración de la condición del agua puede generar costos adicionales para el procesamiento de agua dulce, lo que incrementaría los gastos operativos de las autoridades locales o de las mismas colectividades que dependen de estas aguas para ingesta y uso diario.

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2024 es hipereutrófico,

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- a) Las concentraciones de nitrógeno total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca superan los valores de referencia establecidos en el ECA Agua, categoría 4.
- b) Las concentraciones de fósforo total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca sobrepasan ampliamente los valores de referencia establecidos en el ECA Agua, categoría 4.
- c) El grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca se clasifica como hipereutrófico, resultado del exceso de fósforo total y la limitada disponibilidad relativa de nitrógeno.



## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable de caracterización

- ❖ Nitrógeno y fosforo (nutrientes)

### 1.6.2. Variable de interés

- ❖ Nivel de Eutrofización

## 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables de la presente investigación.*

| Variable                                                                             | Dimensiones                   | Indicadores                                                | Escala /<br>Unidad de<br>medida            | Metodología de<br>análisis                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Variable de<br/>caracterización</b><br><br>Nutrientes<br>(nitrógeno y<br>fósforo) | Nitrógeno<br>total            | Concentración de<br>nitrógeno total<br>en agua             | mg/L                                       | Determinación por<br>método Kjeldahl y<br>procesamiento en<br>Excel para<br>análisis<br>comparativo con<br>ECA (Categoría<br>4). |
|                                                                                      | Fósforo total                 | Concentración de fósforo<br>total en agua                  | µg/L                                       | Determinación por<br>espectrofotometría<br>a UV-Visible y<br>procesamiento en<br>Excel para cálculo<br>de índices<br>tróficos.   |
| <b>Variable de<br/>interés</b><br><br>Grado de<br>eutrofización                      | Estado trófico<br>por fósforo | Oligotrófico<br>Mesotrófico<br>Eutrófico<br>Hipereutrófico | Índice de<br>Estado<br>Trófico (TSI-<br>P) | Cálculo mediante<br>la fórmula de<br>Carlson y<br>clasificación<br>OECD (1982).                                                  |



|  |                              |                                                            |                                  |                                                                     |
|--|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|  | Estado trófico por nitrógeno | Oligotrófico<br>Mesotrófico<br>Eutrófico<br>Hipereutrófico | Índice de Estado Trófico (TSI-N) | Cálculo según Kratzer y Brezonik (1981) y clasificación por rangos. |
|  | Nutriente limitante          | Relación N/P y nutriente que controla el crecimiento       | Relación adimensional            | Determinación del nutriente limitante a partir de la relación N/P.  |



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

En el artículo mostrado por Veliz y Seni (2022) titulado “Análisis del contenido de P y N en las aguas del afluente Chone, Ecuador”, donde su objetivo fue la intrepidez de P y N en las H<sub>2</sub>O del Afluente Chone. Los vertimientos en el Río Chone generan una acumulación de nutrimentos y minerales que desencadena procesos de eutrofización. Se midieron los niveles de P y N en muestreos de H<sub>2</sub>O recolectadas en cinco puntos: Mosquito - Área rural (a un kilómetro del embalse de Chone), El Bejucal - Sector urbano (ingreso a Chone), Barrio Santa Martha - Área urbana (centro de Chone), El Olimpo - Área rural (salida de Chone), y La Margarita - Zona rural (donde desagua en el estuario de la playa San Vicente - Océano Pacífico) Los muestreos se recolectaron por triplicado, en los dos márgenes y en la zona central, identificándose con una letra: en la margen izquierda al muestreo A, en el centro la muestreo B y en la margen derecha la muestra C; los estudios



revelaron en los 5 puntos de muestra de H<sub>2</sub>O de superficie, un pH levemente alcalino que osciló entre (7,28 y 7,74). El temple presentó variaciones entre (26 y 27 °C). Los sólidos totales diluidos mostraron una amplia fluctuación entre (19 y 46). Las concentraciones de P total obtenidas mediante espectrofotometría modificaron significativamente entre (1,71 y 3,81). El N total analizado por el método de Kjeldahl asimismo exhibió un rango de (5,88 a 14); El N amoniacal osciló entre (0,56 y 1,68); En el N orgánico se detectó una considerable diversificación de (4,62 a 13,16). Las reducidas reuniones de N amoniacal se asocian con un pH neutro o moderadamente alcalino.

El artículo presentado por Vargas y otros (2021), titulado "Análisis de las condiciones hídricas del lago de Yuriria (Guanajuato) y su afectación por actividades humanas". La meta central consistió en examinar el estado del agua el lago de Yuriria a través de la valoración de características fisicoquímicas y la diligencia del IET. Consideró 18 puntos superficiales, donde las muestras fueron tomadas a 20 cm de profundidad desde la superficie. Con los resultados obtenidos, e determina que los niveles de OD no alcanzaron en todas las instancias el umbral mínimo señalado en la regulación nacional para resguardo de la biota acuática. La acidez/alcalinidad del agua demostró ser adecuada para uso agrícola, si bien ciertos registros excedieron el parámetro máximo para preservación de organismos acuáticos. Considerando las mediciones de conductividad eléctrica y contenido total de sólidos disueltos, el recurso hídrico de dos canales resulta inapropiado para empleo en agricultura. De acuerdo con el Índice de Estado Trófico, la entidad de H<sub>2</sub>O muestra una condición hipereutrófica derivada de la significativa carga de nutrimentos que llega a la laguna.

El estudio presentado por Soria (2020) En su análisis denominado “Estudio del estado trófico y variación vertical de los nutrientes en el lago de Colta”, cuya finalidad fue examinar los procesos de eutrofización y las permutas verticales en las reuniones de nutrientes en este cuerpo de agua. Se instituyó una red de 16 estaciones de muestra en la laguna utilizando el esquema Zigzag para recopilar información batimétrica mediante un sistema manual que consistía en un ánclora conectada a un tubo de 6 m para medir profundidades y un GPS para registrar los ejes de cada punto. Se realizó la colecta de muestreos de H<sub>2</sub>O en tres niveles de profundidad utilizando una botella Van Dorn, con capacidad de 2 L y mecanismo de cierre mecánico, fabricada por Wildco Instruments, modelo: 3-1120-G45, para examinar la variación vertical y los niveles de nutrimentos. En su enfoque metodológico emplearon un diseño No Experimental, de tipo longitudinal y con abordaje mixto. Adicionalmente, cuantificaron variables fisicoquímicas in situ como: pH, Temple y Turbidez en cada estación. En el recinto de condición de H<sub>2</sub>O de la ESPOCH llevaron a cabo determinaciones de Fosfatos, Conductividad Eléctrica, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Total, Sulfatos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Carbonatos, Dióxido de Carbono, Oxígeno Disuelto y Bicarbonatos. Entre sus hallazgos reportaron que el ICA en el período de lluvias es 6107,9 y en el período seco es 5966,6, conjuntamente de que no se presenta Variabilidades de Nutrimentos en las distintas honduras entre ambas temporadas. Caracterizaron los factores ambientales que afectan el lago de Colta por medio de una Matriz de Leopold, la cual revela que los elementos que más inciden en la condición del agua son las labores agrícolas y pecuarias desarrolladas en el entorno de la laguna, relacionadas con el empleo de



fertilizantes, en tanto que el factor menos relevante es la diligencia Turística, la cual se encuentra regulada por el plan de manejo del cuerpo de agua, es decir, mediante políticas internas. De igual forma, determinaron que conforme a la ecuación de Carlson en los períodos de Lluvia y Sequía el cuerpo de agua de Colta presenta condiciones Eutróficas y Mesotróficas, como consecuencia de la proliferación de algas, en función de la profundidad del disco de Secchi.

El informe presentado por Romero (2019) denominado "Evaluación del estado trófico mediante el análisis de la condición de nutrimentos, en la entidad de H<sub>2</sub>O urbano Valle Hermoso del cantón Guano", cuya finalidad fue establecer el grado de eutrofización a través del examen de la salubridad de sus nutrimentos, en el lago urbano Valle Hermoso del cantón Guano. En su enfoque metodológico implementó un diseño Cuasi Experimental, con un tipo de estudio descriptivo. Estableció 5 estaciones de muestreo en la laguna, donde cuantificó variables fisicoquímicas in situ como: conductividad, pH, temple, Oxígeno Disuelto, transparencia con disco Secchi. En el recinto se examinaron nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, N amoniacal, carbono orgánico total, P total, esgrimiendo técnicas espectrofotométricas conforme a los procedimientos estandarizados de APHA. La clorofila "a" fue cuantificada por medio de la técnica tricromática. Para el análisis de resultados examinó los nutrimentos que participan en la dinámica del lago Valle Hermoso durante la temporada seca, específicamente: el ITS para fosfatos, P total, conductividad, oxígeno disuelto, temple, N amoniacal, clorofila. Estos indicadores muestran una reciprocidad significativa al nivel 0.01 bilateral, siendo el P y el N los nutrimentos que mayor influencia ejercen en el proceso de eutrofización. A través de un estudio de mecanismos primordiales se obtuvo un grupo de

variables, destacando como más relevantes para el estudio cuatro componentes primordiales que exponen el 90.875% de las variabilidades totales de los datos. Se evidenció que el componente 1, integrado por ITS de P total-P total-fosfatos, expone el 33.194% de toda la investigación, mientras el componente 2 (oxígeno disuelto-conductividad) explica el 56.192%. El mecanismo 3 (nitrógeno amoniacal-temple) representa el 77.543%, constituyéndose estos como los indicadores que mayor pesquisa proporcionan para el análisis del H<sub>2</sub>O del lago. Al analizar el nivel de eutrofización del cuerpo de agua Valle Hermoso en el Cantón Guano durante la temporada seca, mediante la técnica establecida por Carlson en 1977, que incluyó el estudio de 5 estaciones de muestreo entre junio y septiembre de 2018, se determinó que la laguna exhibe una condición Eutrófica de 83.5.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En el estudio presentado por Cosme (2023) denominada "Evaluación de la condición trófica mediante indicadores numerales en el lago La Pampa, humedales de Villa, Lima-Perú", poseyó como propósito principal instituir el nivel trófico de la entidad de H<sub>2</sub>O La Pampa aplicando diferentes índices numéricos para evaluar su nivel de eutrofización. El método fue de tipo descriptiva, aplicada y cuantitativa, con un diseño no experimental; se realizaron muestreos en puntos estratégicos de la laguna durante diferentes periodos, analizando parámetros fisicoquímicos y biológicos tales como fósforo total, nitrógeno total, clorofila-a, transparencia del agua y oxígeno disuelto, cuyos valores fueron comparados con los estándares de condición y los TSI y OECD. Los hallazgos mostraron reuniones de P total entre 0.09 y 0.23 mg/L, nitrógeno total entre 1.5 y 2.8 mg/L, clorofila-a entre 26 y 45 µg/L y

transparencia menor a 1 m, lo que ubicó a la laguna dentro de la categoría hipereutrófica. Se concluyó que la laguna La Pampa presenta un elevado grado de eutrofización asociado a la alta carga de nutrientes, lo que evidencia un riesgo significativo para la biodiversidad de los humedales de Villa y la necesidad de implementar medidas de restauración ecológica.

El estudio presentado por los autores Acuña y Marín (2022), titulada “Evaluación de nutrientes en el cuerpo de agua El Gallinazo ubicado en el bosque Árido de Cañoncillo, La Libertad – Perú 2022”, con la finalidad de establecer el grado de eutrofización basado en los niveles de nutrimentos y la claridad del H<sub>2</sub>O en el lago El Gallinazo del Bosque Seco de Cañoncillo, en La Libertad – Perú durante el año 2022. Para lograr este propósito, se delimitaron 4 estaciones de muestra y se recolectaron 3 muestreos duplicados (totalizando 12 muestreos); se midieron in situ los parámetros de temple, OD, conductividades, pH y lucidez; posteriormente en recinto se cuantificaron las reuniones de N y fosfatos; y finalmente en recibidor se calcularon el IEN y el IETM. Los hallazgos obtenidos revelaron que la condición trófica del lago El Gallinazo en el bosque árido Cañoncillo se clasifica como oligotrófica, según el IEN basado en las reuniones de nitratos (2.57) y fosfatos (2.19), y conforme al IET Reformado por Toledo como los valores de claridad del H<sub>2</sub>O (36.73), lo que señala una favorable condición del cuerpo acuático y circunstancias idóneas para el progreso de la amplia diversidad biológica que contiene. Además, mediante el examen de los indicadores de campo se consiguió un temple medio de 21.96°C, un nivel de OD promedio de 5.85 mg/L, una conductividad eléctrica media de 398.75  $\mu$ S/cm y un pH promedio de 7.90. Sin detectarse ningún dato preocupante que pudiera indicar cierta modificación



del ecosistema. Las primordiales variables estudiadas para la determinación del estado de eutrofización fueron  $\text{NO}_3^-$ , P y transparencia. El nivel medio de  $\text{NO}_3^-$  registró 1.25 mg/L y el de fosfatos 0.71 mg/L; en tanto que la lucidez promedio fue de 2.65 m. Al presentarse reducidas concentraciones de nutrimentos y una elevada claridad del  $\text{H}_2\text{O}$ , no se genera una proliferación desmedida de microalgas que pueda afectar el ecosistema lacustre. La reciprocidad entre  $\text{NO}_3^-$  y fosfatos fue de 0.400; al ser directa señala que guardan proporcionalidad y podría asociarse a la presencia de una fuente común de nutrimentos hacia el cuerpo de agua, donde distintos organismos los absorben de acuerdo con sus requerimientos específicos. Las reciprocidades de  $\text{NO}_3^-$  versus lucidez fueron de -0.447 y de fosfatos versus transparencia de -0.894; ambas relaciones muestran coherencia y personifican su comportamiento bajo contextos normales, dado que el incremento de nutrimentos conduce a una reducción de la lucidez y recíprocamente.

La investigación realizada por Ramos (2022) denominada “Análisis de los indicadores físico-químico-biológicos y su vinculación con el grado de eutrofizaciones en el lago de los Milagros – Provincia de Leoncio Prado – Huánuco 2021”, con el propósito de Establecer los indicadores físico-químico-biológicos y su asociación con los niveles de eutrofizaciones en el lago de los Milagros, Leoncio Prado – Huánuco, 2021. El enfoque metodológico utilizado corresponde a un nivel correlacional, con perspectiva cuantitativa, de carácter descriptivo y explicativo, bajo un diseño No experimental – Longitudinal. Se establecieron tres estaciones de muestra con selección azarosa, recolectando 5 muestreos por cada punto (10 indicadores por estación), realizando los

monitoreos entre noviembre y diciembre de 2021. Los resultados obtenidos mostraron: pH 7.70 und, Oxígeno Disuelto 6.78 mg/L, Conductividad Eléctrica 17.03  $\mu$ S/cm, Temperatura 24.89°C, Clorofila (a) 0.004mg/L, Fósforo total <0.003 mg/l, Nitratos <0.1679 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales 12.933mg/l y coliformes termotolerantes 144.733 NMP/100 ml. Respecto al nivel de eutrofización: Transparencia del agua 0.639 m indica condición Eutrófica, Clorofila (a) 44.869 mg/m<sup>3</sup> sugiere estado Mesotrófico, Fósforo total 20.319 mg/m<sup>3</sup> señala estado Oligotrófico y NO<sub>3</sub>- 128.374 mg/m<sup>3</sup> indica condición Mesotrófica. Como conclusión del contraste efectuado con las Normativas de condición Ambiental para H<sub>2</sub>O, se determinó que sí se ajustan a lo establecido, puesto que exhiben valores mínimos. En relación al estado trófico, se obtuvo una condición Mesotrófica, lo cual indica que las aguas del lago de Los Milagros presentan un nivel intermedio de productividades de nutrimentos y, por lo general, mantienen una apariencia transparente.

El estudio presentado por Choque y Jalisto (2021) en su investigación Investigación denominada "Estudios del nivel de eutrofización del cuerpo de agua Huatata - Chinchero, Cusco 2021", que se propuso examinar y caracterizar la condición de eutrofizaciones de la laguna Huatata en Chinchero, Cusco 2021. El trabajo pertenece a un nivel descriptivo-analítico, con diseño metodológico mixto (cuantitativo y cualitativo). El monitoreo se ejecutó en 5 estaciones de muestra, utilizando indicadores biológicos (clorofila) y químicos (N total y P total), mientras que los orígenes y efectos se establecieron por medio de entrevistas profundas a seis informantes clave. Los resultados mediante OECD (1982) mostraron: clorofila total 57,2  $\mu$ g/L (>25  $\mu$ g/L) clasificada como Hipertrófica; fósforo total 200,8  $\mu$ g/L (>100  $\mu$ g/L)

categorizado como Hipertrófico. Según APHA (1981), el nitrógeno como nitrato ( $\text{NO}_3$ ) fue  $351,6 \mu\text{g/L}$  ( $>200 \mu\text{g/L}$ ), ubicándose como Eutrófico. Aplicando Carlson (1977): clorofila total  $57,2 \mu\text{g/L}$  ( $>56 \mu\text{g/L}$ ) como Hipereutrófica; Lista de Estado Trófico para clorofila  $70,30 \text{ mg/m}^3$  ( $>70 \text{ mg/m}^3$ ) como Hipereutrófico; para nitrógeno total  $49,75 \text{ mg/L}$  como Mesotrófico con tendencia a Eutrófico; y para fósforo total  $80,5 \text{ mg/m}^3$  ( $>70 \text{ mg/m}^3$ ) como Hipereutrófico. Las causas identificadas incluyen uso de fertilizantes, residuos agrícolas, extracción hídrica para cultivos y excretas de ganado. Las consecuencias observadas fueron deterioro de la condición del agua, disminución del espejo de  $\text{H}_2\text{O}$  y alteración del panorama por sedimentación y proliferación de vegetación acuática. Se concluye un estado Eutrófico-Hipereutrófico según análisis de laboratorio y metodologías aplicadas, siendo las actividades agropecuarias las principales causantes.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

En el estudio de Ruiz (2024) llamada “Niveles de nutrimentos que definen el estado de eutrofizaciones de la bahía interior del Lago Titicaca”, se planteó como meta principal establecer las concentraciones de compuestos nutritivos que determinan la condición trófica del cuerpo de agua. El método fue de tipo aplicado, descriptivo, cuantitativo y con un diseño no experimental, empleando métodos estadísticos y de comparación con estándares internacionales (APHA, Carlson TSI y OECD). Se eligieron 5 puntos estratégicos de muestra en la bahía interior, recolectándose muestreos de 500 ml por tresdoblado, las cuales fueron analizadas en laboratorio para determinar reuniones de nitritos,  $\text{NO}_3^-$  y fosfatos mediante técnicas espectrofotométricas y siguiendo protocolos estandarizados de condición del





agua. Los resultados reportaron concentraciones promedio de nitratos: M1=17 mg/L, M2=14 mg/L, M3=14 mg/L, M4=17 mg/L, M5=14 mg/L; nitritos: M1=9 mg/L, M2=8 mg/L, M3=9 mg/L, M4=8 mg/L, M5=14 mg/L; fosfatos: M1=41 mg/L, M2=31 mg/L, M3=34 mg/L, M4=32 mg/L, M5=26 mg/L. Se concluyó que, de acuerdo con los índices de clasificación trófica aplicados, el nivel de eutrofizaciones de la bahía interior del Lago Titicaca corresponde a un estado hipertróficos, evidenciando un grave problema de polución por nutrientes.

Por otro lado, Villanueva (2022) en su investigación titulada "Niveles de P y N en la ribera del Lago Titicaca, Juli, 2021", cuyo propósito principal fue cuantificar las reuniones de P y N en el área costera del lago para valorar su impacto en la condición hídrica y la condición trófica. El enfoque metodológico empleado perteneció a un tipo aplicado, descriptivo y no experimental, con un carácter cuantitativo; se realizaron muestreos en puntos estratégicos de la ribera del lago en el distrito de Juli, tomando muestras de agua en recipientes estandarizados y posteriormente analizadas en laboratorio mediante técnicas espectrofotométricas para la cuantificación de nutrientes. Los resultados evidenciaron que las concentraciones de nitrógeno total variaron entre 1.2 y 3.4 mg/L, mientras que los niveles de P total oscilaron entre 0.08 y 0.21 mg/L, valores que, comparados con los Estándares de condición Ambiental para agua, mostraron una tendencia hacia un estado de eutrofización alto. Se concluyó que la presencia de estos nutrientes en el sector litoral del lago representa una presión significativa sobre el ecosistema acuático, favoreciendo procesos de enriquecimiento trófico y posibles riesgos de deterioro ambiental.



En cambio, Asqui (2021) en su estudio designado "Plan de desarrollo sustentable para las islas flotables de Titino Grande y Nuevo Amanecer en la Reserva Nacional del Titicaca", el objetivo general fue formular una propuesta de desarrollo ecosostenible para las islas flotantes, evaluando previamente las condiciones ambientales de su entorno acuático. El método fue de tipo aplicada y proyectiva, con un diseño descriptivo y participativo; se efectuaron muestreos en dos puntos receptores por isla, analizándose parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en laboratorio bajo protocolos estandarizados. Los resultados mostraron que en la isla Nuevo Amanecer la temperatura osciló entre 5.3 y 6.29 °C, el pH entre 7.35 y 7.4, la conductividad entre 1.95 y 2.03  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la DBO5 entre 9.6 y 16 mg/L, nitrógeno total entre 0.02 y 0.04 mg/L y P total entre 1.68 y 1.96 mg/L. En la isla Titino Grande, la temperatura varió de 6.08 a 7.1 °C, el pH de 7.29 a 7.25, la conductividad de 1.8 a 1.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la DBO5 entre 12.8 y 17.6 mg/L, nitrógeno total entre 0.03 y 0.25 mg/L y P total entre 1.03 y 2.05 mg/L. Se concluyó que los valores obtenidos evidencian condiciones de presión ambiental en el ecosistema lacustre, especialmente por los niveles de fósforo total, lo que sobresale la necesidad de efectuar estrategias de manejo ambiental y propuestas de desarrollo sostenible para las comunidades asentadas en estas islas.

El trabajo publicado por los investigadores Mamani y colaboradores (2023), titulado "Influencia del extracto de avena en aguas con exceso de nutrientes del lago Titicaca bajo condiciones controladas en 2023", tuvo como objetivo principal examinar la incidencia de la aplicación de extracto de avena (*Avena sativa* L.) en el proceso de eutrofización de las aguas del lago bajo condiciones controladas durante 2023. Emplearon una metodología

experimental pura y un enfoque cuantitativo, que comprendió la toma de muestras y la evaluación de transparencia, clorofila y P total. La administración del extracto de avena se realizó en condiciones reguladas y se valoró utilizando el Índice de Estado Trófico. Los hallazgos obtenidos revelan propiedades particulares del extracto, como un contenido de humedad del 98,91%, un período de exposición de 72 horas y una temperatura de 11,2°C. Respecto a las características químicas, el pH es 7 y el nivel de sustancias fenólicas es 0,15 mg/l. No obstante, los descubrimientos esenciales se concentran en su impacto sobre la eutrofización. Pese a la aplicación de distintas reuniones, no se detectó una disminución importante en los indicadores de eutrofización, como clorofila (a) y fósforo total. Esto sugiere que las reuniones de extracto de avena empleadas podrían no estar generando un efecto significativo en la mejoría del estado trófico dentro de las condiciones inspeccionadas del análisis.

El artículo presentado por Ocola (2022), titulado "Análisis de las propiedades fisicoquímicas del H<sub>2</sub>O y las composiciones del fondo en áreas de producción intensa de trucha (*Oncorhynchus Mykiss*) en el Lago Titicaca, Pomata – Puno". Su propósito fue examinar las propiedades fisicoquímicas del agua en áreas de piscicultura de trucha. El estudio se ejecutó en octubre de 2019 en el área de El Faro, Pomata, Puno, recolectando 24 muestreos de H<sub>2</sub>O y 12 muestreos de sedimentaciones de 3 áreas y un punto de control. Se midieron los indicadores: conductividad eléctrica, OD, lucidez, temple, P total, DBO<sub>5</sub>, clorofila a, N total y coliformes termotolerantes, para determinar la condición del agua y el TSI. En los sedimentos se examinó: materia orgánica total, fósforo total, nitrógeno total y distribución granulométrica. Los

indicadores de calidad del agua, a excepción del P total, se mantuvieron dentro de los límites determinados por el ECA (normas de condición ambiental) para H<sub>2</sub>O. El TSI reveló que el área de estudio se caracteriza por ser oligotrófica. El estudio de sedimentos mostró que las áreas analizadas presentaban reuniones superiores de materia orgánica, P y N total, en relación con el sitio de referencia. Se determina que el área de estudio posee una notable capacidad de recuperación gracias a sus características geomorfológicas, lo que reduce la acumulación de nutrientes.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Islas flotantes de los Uros**

Los Uros representan una colectividad ancestral situada en la bahía de Puno, cuya población principal ha habitado por siglos en grandes plataformas de totora conocidas como "islas flotantes", que se desplazan sobre las H<sub>2</sub>O del lago Titicaca; y cuyo idioma incumbe a la familia filología Uru-Chipaya. (Ministerio de la Cultura, s.f.)

La comunidad Uros, perteneciente al altiplano andino, creó un sistema de vida en completa armonía con el medio natural que se ha seguido con vigencia hasta el presente. La totora, una especie vegetal acuática, les proporcionaba los recursos necesarios para edificar islas flotantes, sus moradas sobre estas plataformas, las embarcaciones para actividades de pesca, caza o recolección de huevos, e incluso un alimento con valor nutricional. (Tectonica, 2021)

(INCARAIL, 2024) La isla de los Uros, también conocida como las Islas Flotables de los Uros, se halla en el lago Titicaca, que está ubicado en el límite entre Perú y Bolivia.

La isla de los Uros son islas compuestas construidas por la comunidad indígena Uro, que habita en la región desde hace siglos. Estas islas son famosas por estar hechas de totora, una planta acuática, y por su forma única de vida en el lago. Puedes pasar por las Islas de los Uros tomando un viaje en barco desde Puno, que se halla en la costa peruana del lago Titicaca.

### Figura 1

*Ubicación de las Isla Los Uros.*



*Nota.* Imagen referenciada de (GIARDINO TOUR OPERADOR, s.f.)

### **2.2.2. Eutrofización**

La eutrofización es un fenómeno que se presenta en los ecosistemas acuáticos, tanto costeros como continentales, el cual se distingue por la proliferación excesiva de organismos productores primarios, especialmente macroalgas y microalgas. Este desarrollo es provocado por la elevación de los nutrientes disueltos en el agua, disponibles en forma de fosfato y nitrato. Este mecanismo puede tener un origen natural o ser generado por actividades antropogénicas. (REMARCO, s.f.)

La eutrofización consiste en el fenómeno mediante el cual un ecosistema acuático acumula elevadas concentraciones de nutrientes, particularmente fósforo y nitrógeno. Estos elementos generalmente estimulan la proliferación desmedida de fitoplancton. Cuando estas algas perecen y se degradan, las descomposiciones de la MO y la diligencia respiratoria de los microorganismos pueden absorber el OD, provocando la asfixia de otras especies, como la fauna íctica.

La eutrofización constituye un fenómeno natural, de evolución gradual en un cuerpo de agua, no obstante, la intervención humana frecuentemente acelera significativamente este mecanismo. La expresión "eutrófico" significa correctamente nutrido; en consecuencia, la "eutrofización" alude a la incorporación natural o antropogénica de nutrientes a los sistemas acuáticos y a las consecuencias de dichos nutrientes agregados. Cuando estos efectos resultan perjudiciales, la eutrofización puede clasificarse como un tipo de polución. (Gestión sostenible del agua, 2016)

### **2.2.3. Fuentes de eutrofización**

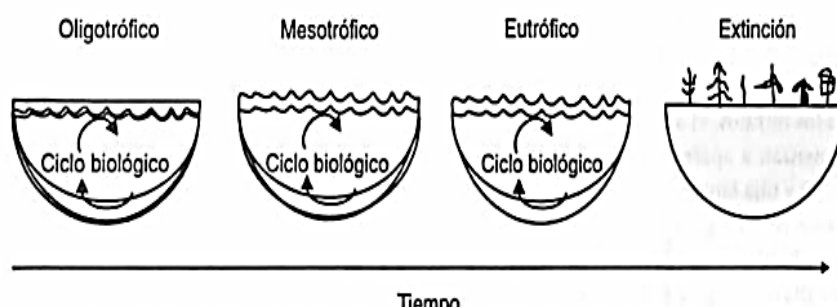
Según (Escuela Superior de Ingenieros Industriales, s.f.), se tienen:



- a) **Eutrofización natural:** Las eutrofizaciones son un fenómeno que ocurre progresivamente de forma nativa en todos los cuerpos lacustres del planeta, puesto que todos van acumulando compuestos nutritivos.

**Figura 2**

*Transición natural de un lago por varios estados de productividad.*



*Nota.* Imagen referenciada de (García Miranda & Miranda Rosales)

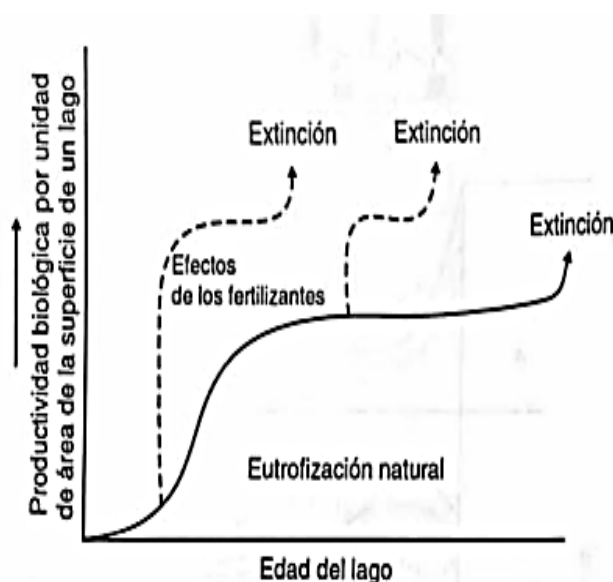
“Definido por las contribuciones atmosféricas como precipitación y corrientes de aire que a través de escurrimiento y arrastre eólico desplazan materiales hacia el sistema acuático, la descarga a partir de depósitos sedimentarios sin oxígeno, el re-suspensión de los sedimentos del fondo, la degradación y secreción de seres vivos y por último la captación de N a través de mecanismos bacterianos”. (VASQUEZ, HERRARA, & CANTERA, 2012)

- b) **Eutrofización de origen humano:** Las descargas antropogénicas apresuran el mecanismo hasta transformarlo, frecuentemente, en una seria dificultad de polución. “Provocadas por las acciones humanas, siendo las más significativas el desecho de residuos urbanos y de la agricultura, la utilización desmedida de fertilizantes artificiales, los efluentes de explotaciones ganaderas, la tala de bosques que

acrecienta la erosión y reduce el reutilizamiento de nutrimentos en la cuenca, apresurando su llegada al cuerpo de H<sub>2</sub>O, la aportación por el empleo de purificadores que sujetan elevadas cuantías de P, y por las aguas servidas de centros urbanos; generando como consecuencia una grave afectación al ecosistema lacustre". (VASQUEZ, HERRARA, & CANTERA, 2012)

**Figura 3**

*Eutrofización natural e inducida por el hombre.*



*Nota.* Imagen considerada de (García Miranda & Miranda Rosales).

#### **2.2.4. Tipos de fuentes de agua**

(Borrás, 2024) menciona que las fases de la eutrofización son las siguientes:

##### **a) Primera fase:**

La multiplicación de algas que surge durante la etapa inicial de la eutrofización genera un oscurecimiento del H<sub>2</sub>O que obstaculiza la perspicacia de la luz hasta las profundidades del ecosistema, y como

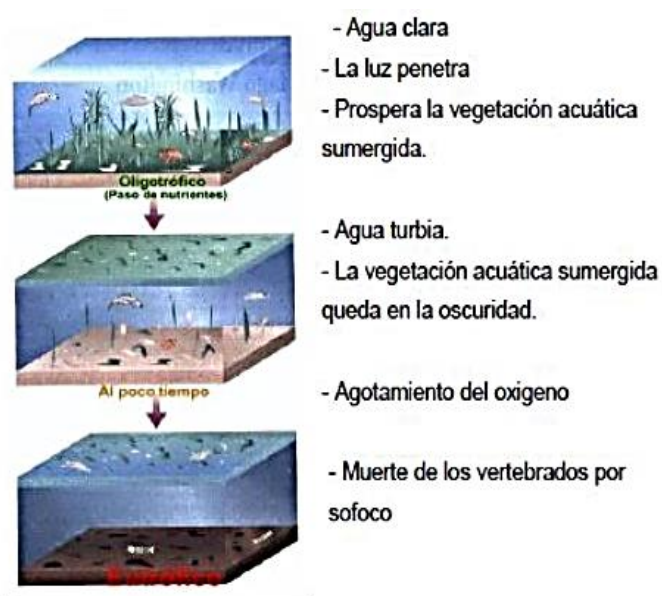
resultado de esto, la flora acuática parece al verse imposibilitada de efectuar el proceso fotosintético.

#### b) Segunda fase:

De este modo se propicia que demás microbioS, como las bacterias, se nutran de la MO sin vida, agotando el oxígeno que requerían peces y moluscos, y simultáneamente producir algas dañinas y gérmenes patógenos que podrían ocasionar padecimientos. En conclusión, es en esta etapa donde se forman las algas perjudiciales.

#### Figura 4

*Esquema del proceso de eutrofización.*



*Nota.* Imagen referenciada de (Choqqe Bravo & Jalisto Jalixto, 2021).

#### 2.2.5. Calidad de agua Causas de la eutrofización

Según (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.), menciona que La causa primordial de las eutrofizaciones son la polución

química por contribución excesivo de nutrimentos, cuyo comienzo puede derivarse de:

- ❖ **Agricultura:** La aplicación de abonos nitrogenados en la fertilización de plantaciones puede ocasionar que estos se infiltren en el suelo y alcancen los cauces fluviales y los acuíferos subterráneos.
- ❖ **Ganadería:** Las heces del ganado presentan alta concentración de nutrientes, especialmente nitrógeno. Un manejo inadecuado de los residuos orgánicos ganaderos muy probablemente terminará contaminando los cuerpos de H<sub>2</sub>O adyacentes.
- ❖ **Residuos urbanos:** Los purificadores sujetan abundantes fosfatos.
- ❖ **Actividad industrial:** Diversos sectores industriales utilizan compuestos nitrogenados y fosforados, como ocurre en el ámbito agroganadero con la aplicación de abonos sintéticos o los residuos de origen animal.
- ❖ **Contaminación atmosférica:** Las descargas de herrumbres nitrogenados y sulfurados interactúan en el aire generando precipitación ácida, uniéndose de esta manera nutrientes a los cuerpos de agua. Los principales focos emisores son el empleo de fertilizantes agrícolas, el manejo de desechos ganaderos, el envío vehicular, las magnas plantas de combustiones, los procesos de incineraciones y coincineraciones, tal como otras subestructuras industriales como instalaciones de petróleo o fábricas de cemento.
- ❖ **Actividad forestal:** Los desechos agrestes que no reciben un procesamiento adecuado, terminan degradándose y liberando al entorno todos sus componentes nutritivos.

### **2.2.6. Efectos de la eutrofización**

(Meza Rojas, 2016) Señala que “la proliferación desmedida de vegetación acuática ocasiona el empeoramiento de las características del agua, produciendo inconvenientes de olor y sabor, modifica la coloración, eleva la turbiedad, disminuye el OD, altera las composiciones de las biomasas y las contextos habitacionales de los peces, causa bloqueos de conductos y rutas de navegación logrando además favorecer una mayor disminución de agua, mediante las evapotranspiraciones. Esas dificultades pueden adquirir tal magnitud que logran obstaculizar e incluso anular el aprovechamiento del recurso hídrico para determinados propósitos. Las aplicaciones más perjudicadas por este anómalo son: el suministro industrial y público de H<sub>2</sub>O potable, el entorno visual, el periplo, la captura de especies ícticas nativas, tal como la nutrición de plantas productoras de energía eléctrica. Adicionalmente, la presencia de determinadas algas nocivas puede causar el envenenamiento de animales como el ganado. Las repercusiones de la eutrofización catalogadas como perjudiciales de manera ordinaria, pueden en algunos asuntos ser ventajosas. Los estanques de procesamiento, por ejemplo; son sistemas acuáticos fuertemente eutrofizados que proporcionan importantes beneficios. La eutrofización al favorecer la duplicación de algas disminuye la duración de bacterias dañinas. Adentro de ciertos márgenes de equilibrio y en situaciones específicas, la eutrofización regulada puede cooperar para unas mejores productividades piscícola en la acuicultura”. Sin embargo, debe destacarse que la eutrofización controlada para incrementar las productividades no siempre ha mostrado resultados positivos. Como es generosamente reconocido, la eutrofización modifica significativamente las

composiciones del plancton y las comunidades acuáticas, instituyendo diferentes contextos de equilibrio, como el reemplazo de especies. Por otra parte, la lucha contra la existencia de P nunca puede adoptar medidas extremas, dado que es conocido que este mecanismo cumple una función esencial para mantener la existencia en nuestro planeta; basta con tener en cuenta el papel del trifosfato de adenosina en el acopio de energía y la biosíntesis, conjuntamente de la necesidad de fosfatos para la formación de ácidos nucleicos". Los impactos adversos más reconocidos de la eutrofización pueden resumirse de la siguiente manera:

- Crecimiento desmedido y nocivo de vegetación acuática; comprendiendo brotes algales, expansión de plantas acuáticas superiores, entre otros.
- Transformaciones significativas en la biomasa, con reemplazo de variedades ícticas y otros seres vivos;
- Desintegración de los compuestos orgánicos al finalizar su ciclo biológico, gasto y disminución del oxígeno disuelto y ausencia de oxígeno.
- Deterioro de las propiedades del agua con modificaciones en su constitución, tonalidad, opacidad, claridad, etc.
- Emisión de gases y generación de olores desagradables.
- Acumulación de sedimentos en el fondo y reutilización de elementos nutritivos.
- Daños significativos para el aprovechamiento hídrico en suministro residencial y fabril.
- Afecciones para el riego y utilización energética hidráulica.



- Perjudicios múltiples en el esparcimiento, actividad turística y entorno visual.
- Elevación de la tasa de evaporación.
- Aumento de impedimentos para el flujo natural de las corrientes.
- Generación de compuestos peligrosos y daños potenciales para la cabaña ganadera.
- Ambientes favorables para la multiplicación de insectos, fases larvarias y otros agentes transmisores.

### **2.2.7. Nutrientes en el proceso de eutrofización**

El entendimiento de la dinámica de las comunidades de microalgas se ha focalizado en el estudio del papel de los nutrimentos en el fenómeno de eutrofización. Los primordiales elementos que desencadenan este mecanismo son el C, el P y el N, necesarios para el desarrollo de los organismos acuáticos al igual que el silicio cuando existe una significativa abundancia de diatomeas. No obstante, al examinar los orígenes nativos y humanos de los nutrimentos en el H<sub>2</sub>O, se puede constatar que el C y el silicio no representan factores restrictivos, destacándose como más relevantes el fósforo y el nitrógeno. (Acuña Vásquez & Marín Fernández, 2022)

### **2.2.8. Estado trófico**

La condición trófica representa la masa total de materia orgánica viva (biomasa) presente en un cuerpo de agua, en una ubicación y momento determinados. (Moreira & Sabando, 2016)

- a) Oligotrófico:** Esta condición es típica de lagos y reservorios cuyas aguas son "escasas en nutrientes y presentan reducidas concentraciones de fósforo, lo que resulta en una limitación de la

productividad biológica, implicando una menor multiplicación de algas; además poseen bajos niveles de clorofila-a, suelen mostrar aguas transparentes que permiten una fácil penetración lumínica, y mantienen oxígeno suficiente durante todo el año para sustentar el desarrollo del fitoplancton y demás organismos acuáticos". (Escobar Cayetano, 2020)

### Figura 5

*Oligotrófico.*

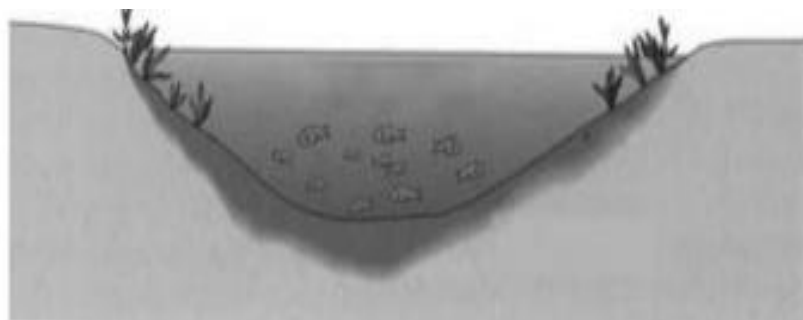


*Nota.* Imagen referenciada de (Valdez, 2021).

**b) Mesotrófico:** Estado característico de cuerpos de agua lénticos que contienen "una concentración moderada de nutrientes, generando así una productividad biológica y desarrollo de organismos significativos. Se identifica por presentar una densidad intermedia de flora acuática y aguas con claridad parcial". (Escobar Cayetano, 2020)

### Figura 6

*Mesotrófico.*

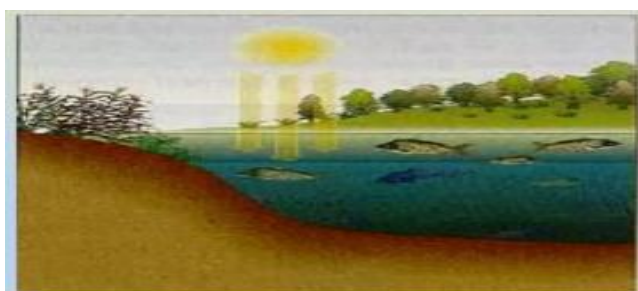


*Nota.* Imagen extraída de (Escobar Cayetano, 2020).

- c) Eutrófico:** Condición típica de cuerpos de agua lénticos que contienen "una concentración desmedida de nutrientes que causan el crecimiento y multiplicación de algas y microorganismos fotosintéticos, se identifica por presentar aguas opacas y reducidos niveles de oxígeno en solución". (Escobar Cayetano, 2020)

**Figura 7**

*Eurotrófico.*



*Nota.* Imagen referenciada de (Valdez, 2021)

- d) Hipertróficos:** Sistema marino en estado adelantado de eutrofización con cargas sublimes.

**Figura 8**

*Hipertrófico*



*Nota.* Imagen referenciada de (Ecosistemas de aguas dulce, s.f.).

### **2.2.9. Parámetros que determinan el nivel trófico en cuerpos de agua**

#### **Concentración de Fósforo en el agua**

La presencia de P en un ecosistema acuático posibilita la generación de materia orgánica, la cual necesita un incremento en la exigencia de oxígeno para su descomposición aeróbica, así como los mecanismos de enriquecimiento trófico y subsecuente proliferación de microalgas. El fósforo en su forma de ortofosfato constituye un alimento para seres fotosintetizadores y en consecuencia un elemento restrictivo para el crecimiento de las poblaciones biológicas. (Chew Aldana, 2020)

Se monopoliza como un indicador de la calidad del agua y del nivel trófico del lago, vinculándose con parámetros fundamentales como la clorofila, la biomasa y el N (Carlson, Simpson, 1996). Fue identificado como el nutriente limitante para la generación de fitoplancton en los lagos (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 1990), y en múltiples casos, el fósforo es un precursor del aumento de la eutrofización (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 1982)

#### **Clorofila "a" del agua**

Este indicador ofrece una evaluación rodeo de la biomasa algal (COISCA, 1990) y además refleja el nivel trófico en cuerpos de H<sub>2</sub>O (Nürnberg, 1996) (Carlson, Simpson, 1996)

La Clorofila "a" constituye el tinte de color verde encargado de permitir que los vegetales transformen la energía lumínica en energía

química mingitorio para transformar el DC en compuestos carbohidratados. (Water on the web, 2011)

### **Nitrógeno del agua**

(Chew Aldana, 2020) El nitrógeno resulta fundamental para el desarrollo de los sargazos y genera un incremento en la ingesta de oxígeno al ser procesado por microorganismos bacterianos, disminuyendo consecuentemente sus niveles. Las distintas variantes del nitrógeno poseen relevancia al determinar el período transcurrido desde la polución de un sistema acuático. En los procesos biológico de purificación de aguas remanentes, los registros de nitrógeno en forma amoniacal y orgánica son cruciales para establecer si el desecho contiene la cantidad necesaria de nitrógeno para alimentar a los microorganismos. El nitrógeno se genera y se degrada mediante el siguiente proceso:

- ➔ **Nitrógeno**: el nitrógeno presente en los efluentes domésticos e industriales se halla principalmente como urea y sustancias proteicas como hallazgo de las descargas generadas por las actividades humanas.
- ➔ **Nitritos y nitratos**: estos se generan mediante la oxidación bacteriana que ocurre en el cuerpo de agua a través de un mecanismo aeróbico. El nitrato funciona como un indicador de que el agua residual ha alcanzado estabilidad en relación con la demanda de oxígeno existente.

### **2.2.10. Relación Nitrógeno/Fósforo**

(Meza Rojas, 2016) señala que la proporción Nitrógeno/Fósforo se emplea para determinar el nutriente limitante en el desarrollo de la flora marítima, específicamente, aquel que se agota primero en la columna hídrica. Es necesario considerar dos aspectos importantes:

- a. La proporción de fósforo y nitrógeno necesaria para el desarrollo de la vegetación acuática.
- b. La proporción de fósforo y nitrógeno inicialmente presente en la entidad de H<sub>2</sub>O para sustentar el desarrollo biológico.

Por lo general, se establece que, si la relación N/P es inferior a 9 o 10, el nitrógeno actúa como factor restrictivo, mientras que, si N/P supera 9 o 10, el P regula el proceso; cuando N/P equivale a 10, ninguno de los dos elementos representa una limitación. Este criterio puede variar según la composición estequiométrica de la vegetación; en algunos casos, únicamente una proporción N/P de 20 o más corresponde a cuerpos de agua controlados por P, y una relación de 5 o menos indica sistemas regulados por N. Esta relación resulta práctica para examinar la conexión entre N, P y biomasa vegetal en un nivel básico. No obstante, se requiere prudencia en su interpretación y aplicación. Por ejemplo, al gestionar el fitoplancton, la eliminación de N de ecosistemas marítimos restringidos por este nutriente puede ocasionar valores de N/P extremadamente reducidos. Se ha documentado que proporciones N/P inferiores a 4 en ambientes de agua dulce pueden promover el desarrollo de cianobacterias perjudiciales, con capacidad de captar nitrógeno atmosférico. Estos microorganismos generan vacuolas gaseosas



que les permiten flotar cerca de la superficie, disminuyendo su velocidad de sedimentación e incluso alcanzando valores negativos.

### 2.2.11. Categoría trófica e Índice de estado trófico (TSI)

#### 1) Estado trófico basado en variables que señalan el grado de eutrofización aplicando los métodos (OECD, CARLSON Y APHA)

##### A. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development):

En 1982 se definió la secuencia de niveles tróficos considerando los valores de P total, clorofila "a" y lucidez medida con disco de Secchi. Estableciendo umbrales numéricos según la metodología de la OCDE para un esquema integral de codificación trófica (Bougarne, Ben Abbou, El haji, & Bouka, 2019).

**Tabla 2**

*Clasificación y categoría trófica según OECD.*

| Categoría Trófica | P total (µg/L) | Chl a (µg/L) | Transparencia Ds (m) |
|-------------------|----------------|--------------|----------------------|
| Ultraoligotrófico | <4             | <1           | >6                   |
| Oligotrófico      | 4 – 10         | 1 – 2.5      | 6 – 3                |
| Mesotrófico       | 10 – 35        | 2.5 – 8      | 3 – 1.5              |
| Eutrófico         | 35 – 100       | 8 – 25       | 1.5 – 0.7            |
| Hipertrófico      | >100           | >25          | <0.7                 |

*Nota.* Ptotal: Fósforo total; Chl a: Clorofila "a" y µg/L: Microgramo por litro.

Tomado de (Bougarne, Ben Abbou, El haji, & Bouka, 2019).

**B. APHA (American Public Health Association):**

La metodología APHA con sus correspondientes valores numerales y escalas de clasificación permite establecer la condición trófica específica mediante la aplicación del indicador de NO<sub>3</sub>-N de la siguiente manera: La tipificación ordinaria internacional categoriza el estado trófico o fructífero de lagunas y lagos. (Claude & Oporto, 2000)

**Tabla 3**

*Categoría de clasificación según APHA.*

| Estado trófico | Nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N) (µg/L) |
|----------------|---------------------------------------|
| Oligotrófico   | 1 – 50                                |
| Mesotrófico    | 60 – 200                              |
| Eutrófico      | >200                                  |

*Nota.* (NO<sub>3</sub>-N): Nitrógeno total en forma de nitrito y µg/L: Microgramo por litro, Tomado de (Claude & Oporto, 2000).

**C. Carlson 1977:**

El TSI esgrime la biomasa algal como fundamento primordial para la evaluación del estado trófico. Tomando en cuenta tres parámetros principales: concentración de clorofila "a", transparencia Secchi y concentración de P total. (Carlson, 1977)

Alguno de los 3 parámetros podría utilizarse teóricamente para la evaluación y categorización de un sistema acuático. Esto resulta ventajoso en los programas de monitoreo lacustre, donde únicamente la transparencia Secchi puede medirse con bajo costo. Sin embargo, si el objetivo principal es la clasificación, la clorofila adquiere prioridad al ser el indicador más preciso

para calcular la biomasa algal. El P total puede superar a la clorofila en la determinación del estado nutritivo en muestreos estivales e invernales, mientras que la transparencia se emplea cuando no existen alternativas metodológicas superiores. (Carlson, 1977)

**Tabla 4**

*Valores del estado trófico en los cuerpos acuáticos y escala Carlson.*

| Estado de eutrofia                | Transparencia Ds (m) | Ptotal ( $\mu\text{g/L}$ ) | Chl a ( $\mu\text{g/L}$ ) |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>Oligotrófico</b><br>(TSI<30)   | >8                   | <6                         | <0.95                     |
| <b>Mesotrófico</b><br>(30<TSI<50) | 8 – 2                | 6 – 24                     | 0.95 – 7.3                |
| <b>Eutrófico</b><br>(50<TSI<70)   | 2 – 0.5              | 24 – 96                    | 7.3 – 56                  |
| <b>Hipertrófico</b><br>TSI>70     | <0.5                 | >96                        | >56                       |

*Nota.* Ptotal: Fósforo total; Chl a: Clorofila “a” y  $\mu\text{g/L}$ : Microgramo por litro.

Tomado de (Carlson, 1977).

**Tabla 5**

*Ecuaciones para calcular el estado trófico utilizando los parámetros de eutrofización.*

| Parámetros de eutrofización                                | Carlson (TSI)                                          |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Fósforo total (Ptotal) (<math>\text{mg/m}^3</math>)</b> | $\text{TSI Ptotal} = 14,41 \ln (\text{Ptotal}) + 4,15$ |
| <b>Clorofila “a” (Chl. a) (<math>\text{mg/m}^3</math>)</b> | $\text{TSI CHL} = 9,81 \ln (\text{Chla}) + 30,6$       |
| <b>Nitrógeno total (Ntotal)(<math>\text{mg/L}</math>)</b>  | $\text{TSI TN} = 54,45 + 14,43 \ln (\text{TN})$        |

*Nota: Ptotal: Fósforo total; Chl a: Clorofila "a" ; Ntotal: Nitrógeno total; mg/m<sup>3</sup>: Miligramo por metro cúbico y mg/L: Miligramo por litro. Tomado de (Carlson, 1977).*

## **2.3. Marco conceptual.**

### **2.3.1. Eutrofización**

Se trata de procesos multifacéticos que abarca elementos climáticos, físicos y biológicos, generando modificaciones en la variedad y la cantidad de especies. (Fontúrbel Rada, 2003)

### **2.3.2. Isla**

Es un territorio naturalmente circundado por agua, de menor extensión que un continente, pero mayor que un islote. (Concepto, s.f.)

### **2.3.3. Nitrógeno total**

Diversos compuestos nitrogenados son nutrientes fundamentales. Su concentración excesiva en los cuerpos de agua provoca eutrofizaciones. El N se manifiesta en múltiples conveniencias químicas en aguas nativas y polucionadas. En los estudios convencionales generalmente se determina el NTK que comprende el N amoniacal y el orgánico. El contenido de nitritos y nitratos se reporta de manera independiente. (Adriázola Vásquez, 2015)

### **2.3.4. Fósforo total**

El P, al igual que el N, constituye un mecanismo nutritivo fundamental para los seres vivos. Su presencia excesiva en el H<sub>2</sub>O genera eutrofización. El P total comprende diferentes compuestos como varios polifosfatos, ortofosfatos y P orgánico. La cuantificación se realiza transformando todos



estos compuestos en ortofosfatos, que son los que se miden mediante estudio químico. (Adriázola Vásquez, 2015)

### **2.3.5. Estado trófico**

Es la clasificación o establecimiento de un sistema acuático como su nivel de enriquecimiento trófico, ocasionado por la sobreabundancia de nutrientes, pudiendo presentar un estado leve o severo dependiendo de su grado de polución. (Water on the Web. Resources Glossary, 2011)

### **2.3.6. Estándares de calidad para agua (DS N° 004-2017-MINAM)**

La normativa suprema vigente define los umbrales de concentración para elementos, sustancias, indicadores fisicoquímicos y biológicos existentes en el H<sub>2</sub>O como cuerpo receptor y mecanismo esencial de los ecosistemas marítimos, que no impliquen un peligro inmenso para la salubridad humana ni para el entorno ambiental (MINAM, 2017).



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

El diseño del actual análisis es no experimental, de campo y longitudinal, dado que se trabajó con datos observados derechamente en las condiciones naturales del Lago Titicaca, sin manipulación de las variables. Se recolectaron muestras en cinco puntos estratégicos correspondientes a las islas flotable de los Uros a lo largo de tres meses consecutivos, lo que permitió registrar la variación temporal de las reuniones de P y N. Al tratarse de un diseño no experimental, el análisis se limita a describir, analizar y comparar los valores encontrados en función de las normativas de condición ambiental y de los índices tróficos, proporcionando un análisis realista del escenario actual del ecosistema acuático (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista , 2014).

#### 3.2. Tipo de investigación

El tipo de análisis es aplicado, en tanto que no se limita únicamente a la generación de conocimiento teórico, sino que produce información relevante y útil para comprender un problema ambiental concreto que afecta al Lago Titicaca y a las comunidades asentadas en las islas flotable de los Uros. Al determinar



las concentraciones de nutrientes y evaluar el grado de eutrofización, los resultados proporcionan una evidencia científica sólida que puede ser utilizada como sustento en futuros estudios, en procesos de gestión ambiental y en la fórmula de políticas de preservación y progreso sostenible.

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de análisis es descriptivo y correlacional. Es descriptivo puesto que caracteriza y detalla los valores de N y P presentes en el H<sub>2</sub>O de las islas flotantes, mostrando cómo varían en función del espacio y del tiempo, y evidenciando el grado de presión que estos nutrientes ejercen sobre el ecosistema. Al mismo tiempo, es correlacional porque establece vínculos entre las concentraciones de nutrientes y el grado de eutrofización a través de la aplicación de índices como el TSI de Carlson y la simbolización de la OCDE. De esta manera, no solo se describe la situación actual de las aguas, sino que también se examina la correspondencia entre las variables para entender cómo la presencia de fósforo y nitrógeno determina la condición trófica de la zona de estudio.

### **3.4. Enfoque de investigación**

El enfoque metodológico es cuantitativo, pues se sustenta en la compilación y estudios de datos propósitos y medibles que permiten describir con claridad la problemática ambiental estudiada. Se trabajó con concentraciones de nitrógeno y fósforo expresadas en mg/L y µg/L, respectivamente, y a partir de esos resultados se calcularon índices de estado trófico y relaciones entre nutrientes empleando hojas de cálculo en Excel. La usanza de este enfoque admitió organizar y procesar los datos de manera

ordenada y precisa, garantizando resultados confiables y comparables con estándares nacionales e internacionales. Asimismo, la naturaleza cuantitativa del estudio asegura que los hallazgos puedan ser contestados en estudios posteriores, aportando a la construcción de un diagnóstico ambiental válido y útil para la comprensión del estado de las H<sub>2</sub>O en el Lago Titicaca.

### **3.5. Diseño estadístico**

En el actual estudio no se empleó un diseño estadístico formal debido a que los objetivos fueron: la descripción de las concentraciones de nutrientes y la determinación del grado de eutrofización en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros. El estudio se centró en la compilación de datos experimentales de P y N, los cuales fueron procesados y organizados mediante hojas de cálculo en Excel para obtener promedios, relaciones y la aplicación de índices tróficos reconocidos internacionalmente. La ausencia de un diseño estadístico avanzado no afecta la validez de los resultados, ya que el propósito del trabajo no fue establecer inferencias poblacionales o realizar contrastes de hipótesis, sino presentar un diagnóstico ambiental descriptivo que valga como centro científico para futuros estudios y posibles gestiones de conservación.

### **3.6. Población y muestra**

#### **3.6.1. Población**

La urbe de análisis vivió formada por las islas que se encuentran en las H<sub>2</sub>O del Lago Titicaca, específicamente aquellas que se encuentran en contacto con las islas flotable de los Uros, ubicadas en la bahía interior del lago, en el departamento de Puno. Este sector representa un ecosistema acuático de gran relevancia cultural y ambiental, sometido a presiones antrópicas derivadas de la

actividad turística, la generación de residuos y el asentamiento humano sobre las islas. La urbe se concibe, por tanto, como el grupo de masas de agua que rodean y sostienen la existencia cotidiana de las colectividades que residen en estas islas.

### **3.6.2. Muestra**

El muestreo está desarrollado por 05 puntos de muestreo correspondientes a cinco islas flotantes seleccionadas por su representatividad y accesibilidad: Titicaca Lodge Perú, Amalia Titicaca Lodge, Uros Samaraña Uta Lodge, Uros Khantati Lodge y Uros Aruma Uro. En cada estación de monitoreo se obtuvieron muestreos de H<sub>2</sub>O superficial a lo largo de tres mensualidades seguidos (octubre, noviembre y diciembre de 2024), en cada recolección se extrajeron 0.5 litros de agua, totalizando 7.5 L, lo cual permitió analizar la fluctuación temporal de las reuniones de P y N. La selección de la muestra fue de carácter intencionado y no probabilístico, ya que se eligieron las islas con mayor interacción con actividades turísticas y poblacionales, buscando reflejar las condiciones más representativas del ecosistema en estudio.

### **3.7. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos esgrimidos en la actual estudio fueron los siguientes.

#### **a. Materiales**

En este estudio se esgrimieron los siguientes materiales:

- Probetas.
- Vasos precipitados.
- Pipetas volumétricas.
- Frascos Erlenmeyer.



- Papel toalla.
- Frascos de plástico de boca ancha.
- Frascos de vidrio con válvula.
- Gotero.
- Cooler de Tecnopor.
- Rotulador.
- Espátulas.
- Guantes descartables.
- Mandil.

## **b. Equipos**

- Espectrofotómetro.
- Autoclave.
- Digestor.
- GPS.
- Balanza analítica.
- Equipo de cómputo.
- Cámara fotográfica.
- EPPs.

## **3.8. Técnicas e instrumentos**

### **3.8.1. Técnicas**

Constituyen los instrumentos que usa el estudiaador para conseguir y documentar los datos: Cuestionarios, escalas de valoración, valoraciones y medición de percepciones.

En este estudio científico para la compilación de datos se implementaron los siguientes métodos:

- **Técnica de datos en campo:** Reconocimiento, cuantificación y obtención de muestreos de variables sujetas a investigación.
- **Técnica de selección, recopilación y síntesis bibliográfica:** El estudio se fundamenta en publicaciones académicas y trabajos de grado relacionados con la materia.
- **Análisis de laboratorio:** Consta de la evaluación del nitrógeno total y fosforo total de muestras de agua recolectadas en diferentes puntos en las inmediaciones de las islas flotables de los Uros del Lago Titicaca.

### 3.8.2. Instrumentos

Los medios de obtención de pesquisa son todos aquellos recursos, conectores o formularios (impresos o digitales), que se emplean para recopilar, anotar o proteger datos.

El análisis implementó las herramientas establecidas por el protocolo nacional de control de condición de aguas de superficie nativas de la ANA como base inicial.

En el actual estudio se emplearon las herramientas metodológicas:

- **Ficha de registro de campo:** Para documentar información de cada punto de muestra (fecha, hora, coordenadas, condiciones climáticas, observaciones).
- **Equipos de muestreo y análisis:** Laboratorio certificado para estudios de los indicadores de P total y N total.

- **Cámaras Fotográficas y GPS:** Es para documentar visualmente el lugar de muestra y para georreferenciar los puntos de muestra.
- **Normas y Estándares:** Documentos de referencia como las Normas de Condición Ambiental para el H<sub>2</sub>O señalados por el MINAM o la OMS para condición de H<sub>2</sub>O potable.

### 3.9. Lugar de estudio

El actual análisis se desarrolló en el Lago Titicaca, específicamente en el sector de las islas flotable de los Uros, ubicadas en la bahía interior del lago, dentro de la jurisdicción del distrito de Puno, provincia de Puno, Puno, Perú. El Lago Titicaca, estimado el lago hondo más elevado del universo con una elevación aproximada de 3,812 m s. n. m., constituye un ecosistema de gran importancia ecológica, cultural y económica para las comunidades que habitan sus orillas e islas. Las islas flotables de los Uros representan un espacio singular, conformado por estructuras artesanales de totora que sirven de soporte a viviendas y espacios turísticos. La población local se dedica principalmente al turismo vivencial, la pesca y la artesanía, actividades que generan presiones sobre el ecosistema acuático a través de descargas de aguas grises, acumulación de residuos y aporte de materia orgánica.

Posteriormente, se muestran los ejes geográficos de cada uno de los puntos de muestra seleccionados en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca. Estos puntos fueron establecidos con el fin de garantizar la representatividad espacial del estudio y facilitar la caracterización precisa de las zonas de recolección de muestras, asegurando así la confiabilidad y trazabilidad del trabajo de campo.



**Tabla 6**

*Coordenadas de los puntos de muestreo de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca*

| Código | Ubicación/Lugar (isla)  | Coordenadas |            |
|--------|-------------------------|-------------|------------|
|        |                         | Este        | Norte      |
| P-1    | Titicaca Lodge Perú     | 395472.00   | 8253743.00 |
| P-2    | Amalia Titicaca Lodge   | 395788.00   | 8253336.00 |
| P-3    | Uros Samaraña Uta Lodge | 395891.00   | 8253006.00 |
| P-4    | Uros Khantati Lodge     | 396057.00   | 8252592.00 |
| P-5    | Uros Aruma Uro          | 395982.00   | 8252217.00 |

Con el propósito de brindar una mejor comprensión del área de análisis, posteriormente, se muestra el sitio geográfico de los 5 pts de muestra en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca.

**Figura 9**

*Ubicación de los puntos de muestreo de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.*



*Nota.* Extraído del Google Earth.

### 3.10. Procedimiento metodológico

#### 3.10.1. Procedimiento para el objetivo específico 1: Determinar la concentración de nitrógeno total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.

Para cumplir el actual propósito se siguieron los siguientes procedimientos:

##### a. Selección de puntos de muestreo:

- Se identificaron y georreferenciaron 5 puntos de muestra estratégicos en las inmediaciones de las islas flotable, considerando tanto zonas de alta actividad humana (áreas turísticas, descargas de aguas grises, pesca) como sectores con menor intervención.
- La selección se realizó con el fin de obtener un panorama representativo de la influencia antrópica en la condición del H<sub>2</sub>O.

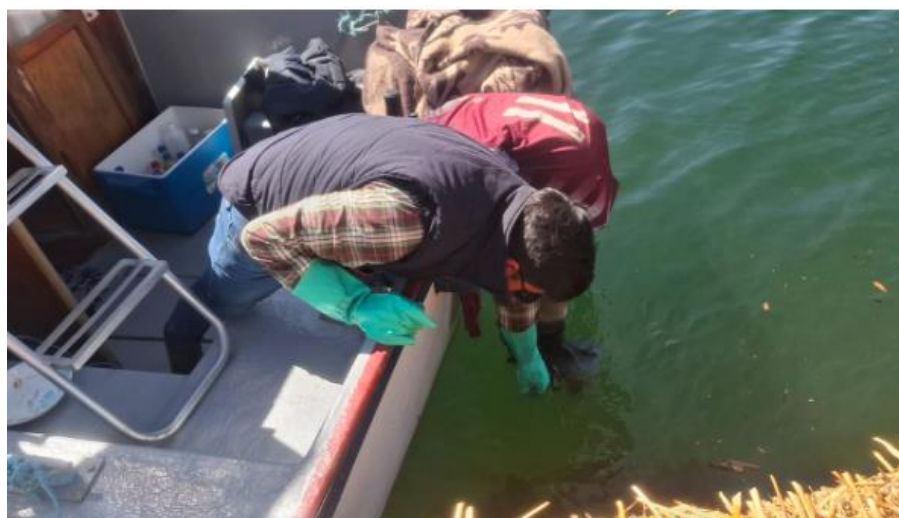
##### b. Muestreo de agua:

- **Frecuencia:** Se realizaron tres acciones de muestra durante la época de aguaceros (octubre, noviembre y diciembre de 2024).
- **Volumen de muestra:** En cada estación se recolectaron 500 mL en frascos estériles y debidamente rotulados.
- **Conservación:** Las muestras se preservaron en refrigeración a 4 °C durante su transporte al laboratorio, y se adicionaron conservantes específicos según protocolos estandarizados, como ácido sulfúrico, para evitar la transformación del nitrógeno.

- **Profundidad:** El muestreo se efectuó a 1 metro de profundidad, con el fin de garantizar la representatividad del agua superficial y evitar alteraciones por la capa más superficial.

### Figura 10

*Muestreo de agua en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.*



#### c. Análisis de laboratorio:

- El análisis del nitrógeno total se llevó a cabo en el Recinto de Condición Ambiental de la EPISA de la UANCV – Juliaca.
- Se aplicó el procedimiento de digestión Kjeldahl y, en algunos casos, el método de persulfato, con lectura mediante espectrofotometría, garantizando la exactitud de los resultados mediante controles de condición internos (blancos, estándares de verificación y duplicados).

#### d. Trabajo en gabinete

- Los hallazgos de recinto fueron fundados en el software Microsoft Excel, donde se calcularon promedios mensuales y generales por punto de muestreo.

- Posteriormente, se obtuvieron tablas y gráficos que facilitaron la exegesis de los datos conseguidos.
- Finalmente, se compararon los resultados con el valor de referencia establecido en la Norma de Condiciones Ambientales para H<sub>2</sub>O – Clase 4: Preservación del ambiente acuático (0.315 mg/L para nitrógeno total), lo que permitió evaluar las posibles excedencias y establecer el nivel de afectación ambiental en el área de estudio.

### **3.10.2. Procedimiento para el objetivo específico 2: Determinar la concentración de fósforo total en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.**

Para cumplir con el propósito de determinar la concentración de fósforo total en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se persiguieron los siguientes pasos metodológicos:

#### **a. Selección de puntos de muestreo**

- Se instituyeron cinco puntos de muestra en islas flotable representativas de los Uros, considerando tanto áreas con alta actividad turística y asentamientos humanos como zonas con menor intervención.
- Cada punto fue georreferenciado mediante GPS para asegurar la repetibilidad de los muestreos y la trazabilidad de los datos.

#### **b. Muestreo de agua**

- **Frecuencia:** Se ejecutaron tres acciones de muestra durante la época de lluvias, proporcionados a los períodos de octubre, noviembre y diciembre de 2024.

- **Volumen de muestra:** Se recolectaron 500 mL de agua en frascos de polietileno estériles y rotulados adecuadamente.
- **Conservación:** Las muestras fueron preservadas a 4 °C durante el transporte hacia el laboratorio y se adicionaron conservantes según protocolos estandarizados para evitar reacciones que modificaran la concentración de fósforo.

### Figura 11

*Muestreo y conservación de las aguas muestreadas de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.*



- **Profundidad:** La recolección se efectuó a una profundidad aproximada de 1 metro, con el fin de obtener un agua representativa de la capa superficial y evitar posibles interferencias de la película superficial.

### c. Análisis de laboratorio

- Los análisis se realizaron en el Recinto de Condición Ambiental de la EPISA de la UANCV – Juliaca.



- La intrepidez de P total se ejecutó por medio de digestión ácida y método del ácido ascórbico, con lectura en espectrofotómetro a la longitud de onda correspondiente.
- Se aplicaron medidas de control de condición como blancos, curvas de calibración y muestras duplicadas, asegurando la confiabilidad de los hallazgos obtenidos.

#### **d. Trabajo en gabinete**

- Los hallazgos de fósforo total fueron organizados en Microsoft Excel, donde se calcularon promedios mensuales y valores promedio generales por isla.
- Posteriormente, los datos fueron mostrados en tablas y figuras que permitieron visualizar las tendencias temporales y espaciales de este nutriente.
- Finalmente, se compararon los resultados con el valor de referencia establecido en la Norma de Condiciones Ambientales para Agua – Clase 4: Protección del ambiente acuático (0.035 mg/L para fósforo total), identificándose las excedencias y determinando el nivel de riesgo que representa este nutriente para el ecosistema del Lago Titicaca.

#### **3.10.3. Procedimiento para el objetivo específico 3: Evaluar el grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y fósforo.**

Para desempeñar con el propósito objetivo se realizaron los pasos siguientes:

**a. Preparación y consolidación de datos**

- Se integraron en Excel los resultados validados de N total y P total conseguidos en los propósitos 3.10.1. y 3.10.2.
- Se verificó la trazabilidad por código de muestra, punto y mes.
- Se revisó consistencia de unidades y se estandarizaron para el cálculo de índices.

**Tabla 7***Estandarización de unidades y organización de datos.*

| Variable        | Unidad usada<br>en el índice            | Conversión aplicada                                                                    | Observación<br>operativa                                    |
|-----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Fósforo total   | µg por litro                            | Se convirtió de mg por litro a µg por litro multiplicando por mil cuando fue necesario | Requerido por el TSI de Carlson y por la clasificación OCDE |
| Nitrógeno total | mg por litro                            | Se mantuvo en mg por litro                                                             | Requerido por el TSI de Kratzer y Brezonik                  |
| Tiempo          | Meses de octubre, noviembre y diciembre | No aplica                                                                              | Se trabajó por mes y por promedio por isla                  |
| Espacio         | Cinco islas flotantes                   | No aplica                                                                              | Se organizó por código de punto y nombre de isla            |

*Nota.* Esta tabla presenta la estandarización de las variables utilizadas en la evaluación del grado de eutrofización, indicando las unidades requeridas, las conversiones aplicadas y las observaciones operativas que garantizan la coherencia de los datos.



## b. Cálculo de índices tróficos

- Se calcularon índices numéricos reconocidos para estimar el estado trófico.
- Se operó con fórmulas en Excel y se documentaron las celdas con referencias y notas.

**Tabla 8**

*Índices y ecuaciones aplicadas.*

| Índice o criterio                         | Ecuación o regla                                                                                                                                                                        | Variable de entrada                               | Salida esperada                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| TSI fósforo total de Carlson              | TSI TP igual a $14.42 \text{ por } \log_{\text{natural}} \text{ de TP en } \mu\text{g por litro más } 4.15$                                                                             | Fósforo total en $\mu\text{g por litro}$          | Índice numérico del estado trófico asociado a fósforo   |
| TSI nitrógeno total de Kratzer y Brezonik | TSI TN igual a $54.45 \text{ más } 14.43 \text{ por } \log_{\text{natural}} \text{ de TN en mg por litro}$                                                                              | Nitrógeno total en mg por litro                   | Índice numérico del estado trófico asociado a nitrógeno |
| Clasificación OCDE por fósforo            | Oligotrófico menor que $10 \mu\text{g por litro}$ . Mesotrófico entre $10 \text{ y } 35$ . Eutrófico entre $35 \text{ y } 100$ . Hipereutrófico mayor a $100$                           | Fósforo total en $\mu\text{g por litro}$          | Categoría trófica por fósforo total                     |
| Relación N sobre P y nutriente limitante  | N sobre P igual a $\text{TN en mg por litro dividido entre TP en mg por litro}$ . Limitante por nitrógeno si N sobre P menor que $9$ . Limitante por fósforo si N sobre P mayor que $9$ | TN en mg por litro y TP convertido a mg por litro | Razón de nutrientes y diagnóstico de limitación         |

*Nota.* Esta tabla resume los índices y ecuaciones aplicadas para valorar el nivel de eutrofización, señalando las variables de entrada y la interpretación de la salida numérica o categórica.

### c. Reglas de clasificación y decisión

- Se establecieron criterios de lectura únicos para evitar ambigüedades en la asignación de categorías.

**Tabla 9**

*Reglas de clasificación utilizadas.*

| Indicador                                | Rango o umbral                | Categoría o decisión                                   |
|------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| TSI menor que 40                         | Oligotrófico                  | Baja productividad y baja carga de nutrientes          |
| TSI entre 40 y 50                        | Mesotrófico                   | Productividad intermedia                               |
| TSI entre 50 y 70                        | Eutrófico                     | Alta productividad y mayor probabilidad de floraciones |
| TSI mayor que 70                         | Hipereutrófico                | Exceso de nutrientes y floraciones frecuentes          |
| OCDE fósforo menor que 10 µg por litro   | Oligotrófico                  | Agua clara con baja concentración de fósforo           |
| OCDE fósforo entre 10 y 35 µg por litro  | Mesotrófico                   | Condición intermedia                                   |
| OCDE fósforo entre 35 y 100 µg por litro | Eutrófico                     | Enriquecimiento significativo                          |
| OCDE fósforo mayor que 100 µg por litro  | Hipereutrófico                | Enriquecimiento extremo por fósforo                    |
| N sobre P menor que 9                    | Nutriente limitante nitrógeno | Déficit relativo de nitrógeno                          |
| N sobre P mayor que 9                    | Nutriente limitante fósforo   | Déficit relativo de fósforo                            |

*Nota.* Esta tabla define los rangos de clasificación aplicados a los valores de TSI, fósforo total y relación N/P, asegurando uniformidad en la categorización del estado trófico de las islas.



## d. Integración de resultados

- Se construyó una tabla final por isla y por mes con los siguientes campos: TSI fósforo, TSI nitrógeno, categoría OCDE por fósforo, relación N sobre P y nutriente limitante.
- Se generó un resumen por isla con promedios trimestrales para facilitar la discusión.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### ***4.1.1. Concentración de Nitrógeno en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.***

Para desempeñar con el actual propósito específico, primero se determinó el nivel de reunión de N total en los 05 puntos de muestra ubicados en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros, a lo largo de los períodos de octubre, noviembre y diciembre de 2024. El presente análisis de nitrógeno total se realizó en el Recinto de Condición Ambiental de la EPISA de la FICP de la UANCV – Juliaca, bajo condiciones controladas y siguiendo protocolos estandarizados. Hay que tener en cuenta que este parámetro constituye uno de los principales indicadores en la evaluación del grado de eutrofización, ya que su presencia en concentraciones elevadas puede estar asociada a descargas domésticas, vertimientos de materia orgánica y la intensificación de actividades turísticas en la zona.

Por lo tanto, el estudio de esta nutriente resulta indispensable porque, si bien es esencial para el progreso de los ecosistemas marítimos, su nivel de

incremento por fuentes antrópicas altera la dinámica natural del lago y favorece procesos de desperfecto de la condición del H<sub>2</sub>O. En este sentido, los valores obtenidos permiten evaluar las variabilidades espaciales y temporales del nutriente en las cinco islas seleccionadas, además de contrastarlos con lo establecido en la normativa nacional (ECA–Agua, DS N.º 004-2017-MINAM) y con estudios antecedentes desarrollados en el Lago Titicaca.

Posteriormente, se muestra la tabla con los hallazgos conseguidos de la reunión de nitrógeno total en cada uno de los puntos de muestra.

**Tabla 10**

*Concentración de nitrógeno total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, 2024.*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla       | Meses de muestreo - Nitrógeno |           |           | Promedio |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------|
|                   |                         | total (mg/L)                  |           |           |          |
|                   |                         | Octubre                       | Noviembre | Diciembre |          |
|                   |                         | 2024                          | 2025      | 2024      |          |
| P-1               | Titicaca Lodge Perú     | 0.32                          | 0.45      | 0.40      | 0.39     |
| P-2               | Amalia Titicaca Lodge   | 0.28                          | 0.38      | 0.35      | 0.34     |
| P-3               | Uros Samaraña Uta Lodge | 0.36                          | 0.52      | 0.47      | 0.45     |
| P-4               | Uros Khantati Lodge     | 0.30                          | 0.42      | 0.39      | 0.37     |
| P-5               | Uros Aruma Uro          | 0.26                          | 0.36      | 0.33      | 0.32     |

*Nota.* Valores expresados en mg/L. Los resultados corresponden al estudio de laboratorio de muestreos de H<sub>2</sub>O recolectadas en los 05 puntos de muestra, en el transcurso de tres campañas consecutivas (octubre–diciembre 2024).

En la tabla 10, se enseña los hallazgos conseguidos de la concentración de nitrógeno total en las afueras de las islas flotable de los Uros. En donde, se presenta una variación tanto temporal como espacial en cada isla y punto. En la isla Titicaca Lodge Perú las reuniones de nitrógeno fluctuaron entre 0.32 mg/L en octubre, 0.45 mg/L en noviembre y 0.40 mg/L en diciembre, alcanzando un promedio de 0.39 mg/L. Estos valores reflejan una carga de nutrientes moderada, posiblemente asociada a la presencia constante de visitantes y a la actividad turística que caracteriza a esta zona. En la isla Amalia Titicaca Lodge los valores fueron de 0.28 mg/L en octubre, 0.38 mg/L en noviembre y 0.35 mg/L en diciembre, con un promedio de 0.34 mg/L, evidenciando una tendencia al incremento en los meses intermedios que puede estar relacionada con aportes domésticos y descargas puntuales de residuos orgánicos. Por su parte, la isla Uros Samaraña Uta Lodge presentó las concentraciones más elevadas, con 0.36 mg/L en octubre, 0.52 mg/L en noviembre y 0.47 mg/L en diciembre, alcanzando un promedio de 0.45 mg/L, lo cual denota una mayor influencia de diligencias antrópicas, especialmente por la intensidad turística que caracteriza a este sector de la comunidad.

En la isla Uros Khantati Lodge se registraron valores de 0.30 mg/L en octubre, 0.42 mg/L en noviembre y 0.39 mg/L en diciembre, con un promedio de 0.37 mg/L, evidenciando un comportamiento de aumento intermedio en la temporada de mayor movimiento poblacional. Finalmente, la isla Uros Aruma Uro mostró las concentraciones más bajas del conjunto, con 0.26 mg/L en octubre, 0.36 mg/L en noviembre y 0.33 mg/L en diciembre, alcanzando un promedio de 0.32 mg/L. Estos hallazgos reflejan que se trata de un sector con menor presión antrópica, posiblemente debido a un menor flujo turístico y a la



ausencia de descargas significativas en sus inmediaciones. En conjunto, las cinco islas mantienen un rango estrecho de concentraciones de nitrógeno total, con incrementos notorios en noviembre que coinciden con condiciones estacionales como el inicio del periodo de lluvias y una mayor resuspensión de MO en el H<sub>2</sub>O.

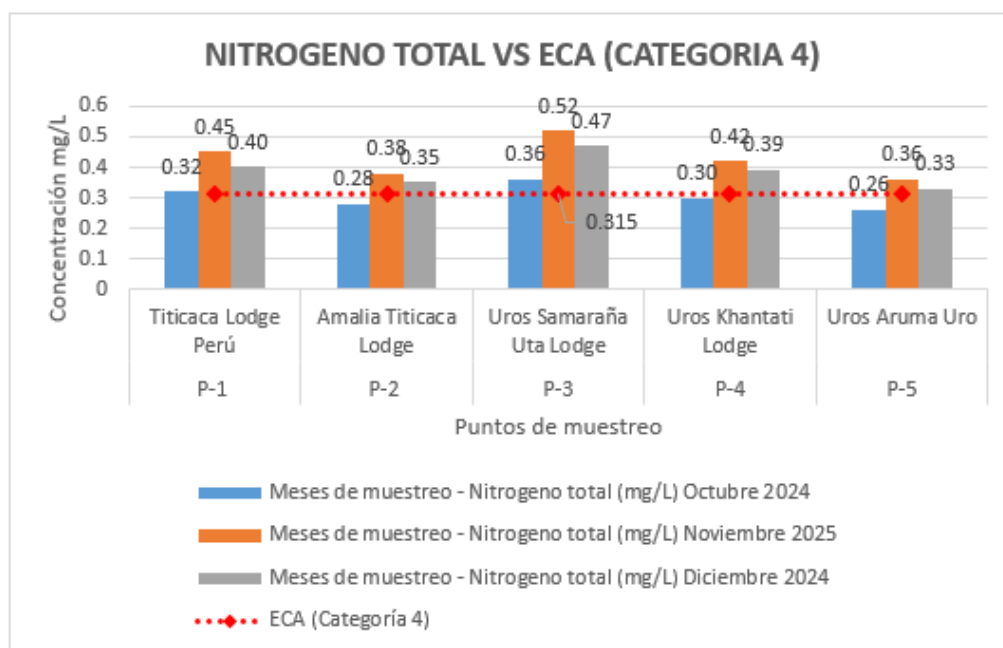
### **Análisis comparativo con el ECA (Categoría 4):**

Para el estudio comparativo de los hallazgos de nitrógeno total conseguidos en las afueras de las islas flotable de los Uros, se consideró la Clase 4: Protección del ambiente marítimo establecida en las Normas de Condición Ambiental para H<sub>2</sub>O (DS N.º 004-2017-MINAM). Esta categoría es la más pertinente en el marco del presente estudio, debido a que el propósito central es valorar el nivel de eutrofización, un proceso que afecta de manera directa la biota acuática y el equilibrio ecológico del lago. A diferencia de las categorías destinadas al uso poblacional o recreacional, la Categoría 4 busca garantizar la protección de los ecosistemas marinos frente al acopio de nutrientes, contaminantes y otros factores que puedan comprometer su integridad.



**Figura 12**

*Concentración de nitrógeno total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, en comparación con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4.*



La figura 12, enseña que en los cinco puntos de muestreo las reuniones de nitrógeno total superan el valor de referencia de la Clase 4 del ECA-Agua, que instituye un límite de 0.315 mg/L para la protección del ambiente marítimo. Los hallazgos de nitrógeno total en las afueras de las islas flotable de los Uros muestran que en todos los puntos de muestra los valores registrados superan el límite determinado por el ECA-Agua en la Clase 4, que fija un máximo de 0.315 mg/L para la preservación del ambiente marino. En Titicaca Lodge Perú se observó un incremento marcado en noviembre con 0.45 mg/L y un valor aún elevado en diciembre con 0.40 mg/L, lo que indica una condición de aporte sostenido de nutrientes por encima de lo aceptado para mantener la integridad del ecosistema. En Amalia Titicaca Lodge, aunque las concentraciones fueron menores que en otros puntos, con valores de 0.28 mg/L en octubre, 0.38 mg/L

en noviembre y 0.35 mg/L en diciembre, se evidencia un incumplimiento del estándar en dos de los tres meses, confirmando presión ambiental en esta zona.

En Uros Samaraña Uta Lodge se presentó la situación más crítica, con un inmenso de 0.52 mg/L en noviembre y 0.47 mg/L en diciembre, valores que superan significativamente el límite de referencia y reflejan la mayor carga de nitrógeno entre las islas evaluadas. En Uros Khantati Lodge se registraron 0.30 mg/L en octubre, 0.42 mg/L en noviembre y 0.39 mg/L en diciembre, lo que evidencia un ligero cumplimiento únicamente en el primer mes y un incumplimiento sostenido en los siguientes. Por último, Uros Aruma Uro mostró las concentraciones más bajas, con 0.26 mg/L en octubre y valores de 0.36 y 0.33 mg/L en noviembre y diciembre, que superan el valor normativo. Finalmente, podemos decir que en los 05 puntos de muestra exceden los estándares ambientales durante la mayor parte del periodo de evaluación, lo que demuestra un estado de enriquecimiento de nitrógeno que representa un riesgo para la biota acuática y constituye un factor relevante en el proceso de eutrofización del Lago Titicaca.

**Tabla 11**

*Nivel de cumplimiento del nitrógeno total (mg/L) en cinco islas flotantes de los Uros con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4 (0.315 mg/L).*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla     | Promedio N total (mg/L) | ECA Cat. 4 (0.315 mg/L) | Cumple con ECA Cat. 4 |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P-1               | Titicaca Lodge Perú   | 0.39                    | 0.315                   | No cumple             |
| P-2               | Amalia Titicaca Lodge | 0.34                    | 0.315                   | No cumple             |

|     |                         |      |       |           |
|-----|-------------------------|------|-------|-----------|
| P-3 | Uros Samaraña Uta Lodge | 0.45 | 0.315 | No cumple |
| P-4 | Uros Khantati Lodge     | 0.37 | 0.315 | No cumple |
| P-5 | Uros Aruma Uro          | 0.32 | 0.315 | No cumple |

*Nota.* Los valores corresponden al promedio de las reuniones de nitrógeno total derivadas en 3 campañas de muestra realizadas en los períodos de octubre, noviembre y diciembre de 2024.

En la tabla 11, se puede ver el nivel de cumplimiento del nitrógeno total (mg/L) en cinco islas flotable de los Uros. En donde, al comparar los promedios de nitrógeno total con el valor de referencia del ECA-Agua Clase 4, se observa que las diversas islas sobrepasan el límite de 0.315 mg/L. El valor más elevado corresponde a Uros Samaraña Uta Lodge con 0.45 mg/L, lo que indica una mayor presión de nutrientes en esta zona. Le siguen Titicaca Lodge Perú con 0.39 mg/L y Uros Khantati Lodge con 0.37 mg/L, ambos reflejando un exceso significativo respecto al estándar. En Amalia Titicaca Lodge se reconoció un promedio de 0.34 mg/L, en tanto que en Uros Aruma Uro se obtuvo 0.32 mg/L, aunque es el más bajo, también excede el valor normativo. Es decir, que los resultados evidencian que ninguna de las islas cumple con la norma ambiental para la preservación del ecosistema marino, lo que confirma un escenario de enriquecimiento de N que favorece el proceso de eutrofización en el Lago Titicaca.

#### **4.1.2. Concentración de fósforo en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca.**

De igual forma, para desempeñar con el presente propósito, se determinó el nivel de reunión de fósforo total en 05 puntos de muestra localizados en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros, en el transcurso de los períodos de octubre, noviembre y diciembre de 2024. Este nutriente constituye uno de los principales factores que regulan el nivel de eutrofización en entidades de H<sub>2</sub>O dulce, ya que actúa como el mecanismo limitante para el desarrollo del fitoplancton. Cuando su concentración se incrementa por la acción de actividades antrópicas, puede desencadenar procesos de deterioro de la condición del H<sub>2</sub>O y merma de biodiversidad acuática.

Estos valores encontrados nos permiten identificar la diferenciación espacial y temporal del fósforo en el área de estudio, generando información valiosa para la interpretación de su rol en los procesos de eutrofización del Lago Titicaca. Posteriormente, se muestra la tabla con los hallazgos conseguidos.

**Tabla 12**

*Concentración de fósforo total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, 2024.*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla   | Meses de muestreo – Fósforo total (mg/L) |           |           | Promedio |
|-------------------|---------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|----------|
|                   |                     | Octubre                                  | Noviembre | Diciembre |          |
|                   |                     | 2024                                     | 2025      | 2024      |          |
|                   |                     |                                          |           |           |          |
| P-1               | Titicaca Lodge Perú | 0.95                                     | 1.25      | 1.10      | 1.10     |
| P-2               | Amalia Titicaca     |                                          |           |           |          |
|                   | Lodge               | 0.85                                     | 1.10      | 0.98      | 0.98     |

|     |                   |      |      |      |      |
|-----|-------------------|------|------|------|------|
| P-3 | Uros Samaraña Uta |      |      |      |      |
|     | Lodge             | 1.10 | 1.60 | 1.35 | 1.35 |
| P-4 | Uros Khantati     |      |      |      |      |
|     | Lodge             | 0.90 | 1.20 | 1.05 | 1.05 |
| P-5 | Uros Aruma Uro    | 0.80 | 1.05 | 0.92 | 0.92 |

*Nota.* Los valores expresados en mg/L corresponden a los análisis realizados en muestras recolectadas en tres campañas de monitoreo (octubre–diciembre de 2024).

En la tabla 12, se enseña los hallazgos conseguidos de la concentración de fósforo total en las afueras de las islas flotable de los Uros. En donde, en Titicaca Lodge Perú se registraron concentraciones de 0.95 mg/L en octubre, 1.25 mg/L en noviembre y 1.10 mg/L en diciembre, con un promedio de 1.10 mg/L, lo que refleja un acrecentamiento marcado en noviembre y un nivel elevado sostenido en diciembre. En Amalia Titicaca Lodge los valores fluctuaron entre 0.85 mg/L y 1.10 mg/L, con un promedio de 0.98 mg/L, lo que indica un comportamiento menos variable, aunque con niveles altos de fósforo durante todo el periodo. La situación más crítica corresponde a Uros Samaraña Uta Lodge, que alcanzó 1.60 mg/L en noviembre y 1.35 mg/L en diciembre, con un promedio de 1.35 mg/L, constituyéndose en el punto de mayor concentración y evidenciando la influencia directa de actividades humanas intensivas.

En Uros Khantati Lodge las concentraciones fueron de 0.90, 1.20 y 1.05 mg/L en los tres meses, con un promedio de 1.05 mg/L, mostrando un patrón de aumento en noviembre y una reducción parcial en diciembre, aunque permaneciendo en niveles altos. Finalmente, Uros Aruma Uro presentó los valores más bajos dentro del conjunto, entre 0.80 y 1.05 mg/L, con un

promedio de 0.92 mg/L, lo que muestra una menor carga de fósforo, aunque todavía significativa. De acuerdo a estos resultados, se podría decir que, el fósforo está presente en concentraciones elevadas en todas las islas, con incrementos notables en noviembre y valores máximos en Uros Samaraña Uta Lodge, confirmando su papel como nutriente clave en los procesos de eutrofización del Lago Titicaca.

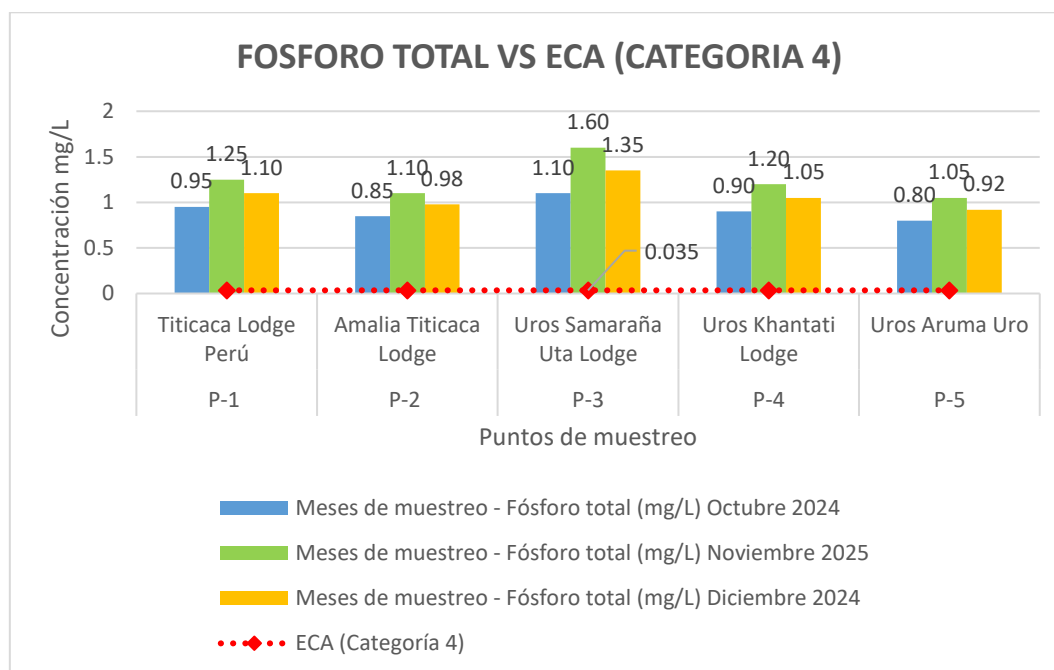
#### **Análisis comparativo con el ECA (Categoría 4):**

Para dar cumplimiento al parámetro evaluado, se realizó un análisis comparativo de las concentraciones de fósforo total obtenidas en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros frente al valor de referencia establecido en la Clase 4: Protección del ambiente marino de las Normas de Condiciones Ambientales para Agua (DS N.º 004-2017-MINAM). Esta categoría resulta pertinente en el marco del actual estudio, ya que posee como fin garantizar el amparo de los ecosistemas marítimos y la preservación de la biota frente a procesos de enriquecimiento de nutrientes como la eutrofización.

La comparación de los resultados de fósforo con el límite normativo de 0.035 mg/L permite asemejar el nivel de exceso de este nutriente en las aguas del lago, así como dimensionar su papel como factor crítico en el deterioro de la condición ambiental. En la subsiguiente figura se enseña la relación entre las reuniones obtenidas en los cinco puntos de muestra y el valor de referencia normativo.

**Figura 13**

*Concentración de fósforo total (mg/L) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, en comparación con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4.*



La figura 13, muestra que en todos los puntos de muestra las concentraciones de P total superan ampliamente el valor de referencia del ECA-Agua Clase 4, que es de 0.035 mg/L para la preservación del ambiente marítimo. En Titicaca Lodge Perú los valores oscilaron entre 0.95 y 1.25 mg/L, con un nivel sostenidamente alto en los tres meses. En Amalia Titicaca Lodge las concentraciones se ubicaron entre 0.85 y 1.10 mg/L, con un comportamiento similar, aunque ligeramente más bajo. El escenario más crítico se registró en Uros Samaraña Uta Lodge, donde los valores alcanzaron 1.60 mg/L en noviembre y 1.35 mg/L en diciembre, lo que representa casi cuarenta y cinco veces más que el estándar permitido. En Uros Khantati Lodge los valores oscilaron entre 0.90 y 1.20 mg/L, evidenciando también un patrón



de incremento en noviembre. Finalmente, en Uros Aruma Uro se registraron las concentraciones más bajas dentro del conjunto, entre 0.80 y 1.05 mg/L, aunque igualmente muy superiores al límite normativo.

Conjuntamente, los hallazgos irradian que las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes presentan una fuerte carga de fósforo, con valores que superan de manera sistemática el valor de referencia en todos los meses y en todas las islas. Esto confirma que el P es un nutrimento en exceso en la zona de estudio y constituye el principal elemento que impulsa el proceso de eutrofización en el Lago Titicaca, comprometiendo las condiciones del H<sub>2</sub>O y la estabilidad ecológica del ecosistema marítimo.

**Tabla 13**

*Nivel de cumplimiento del fósforo total (mg/L) en cinco islas flotantes de los Uros con el valor de referencia del ECA-Agua Categoría 4 (0.035 mg/L).*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla       | Promedio N total (mg/L) | ECA Cat. 4 (0.035 mg/L) | Cumple con ECA Cat. 4 |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P-1               | Titicaca Lodge Perú     | 1.10                    | 0.035                   | No cumple             |
| P-2               | Amalia Titicaca Lodge   | 0.98                    | 0.035                   | No cumple             |
| P-3               | Uros Samaraña Uta Lodge | 1.35                    | 0.035                   | No cumple             |
| P-4               | Uros Khantati Lodge     | 1.05                    | 0.035                   | No cumple             |
| P-5               | Uros Aruma Uro          | 0.92                    | 0.035                   | No cumple             |

*Nota.* Los valores corresponden al promedio de las reuniones de nitrógeno total conseguidas en tres campañas de muestra realizadas en los mensualidades de octubre, noviembre y diciembre de 2024.

En la tabla 13, se puede ver el nivel de cumplimiento del fósforo total (mg/L) en cinco islas flotables de los Uros con el valor de informe del ECA-Agua Clase 4 (0.035 mg/L). En donde, al comparar los valores de fósforo total con el límite de la Clase 4 del ECA-Agua, establecido en 0.035 mg/L, se puede ver que todos los puntos de muestra superan este valor de manera muy significativa. En Titicaca Lodge Perú y Uros Khantati Lodge, con promedios de 1.10 y 1.05 mg/L proporcionalmente, las reuniones resultan más de treinta veces mayores que el estándar. En Amalia Titicaca Lodge y Uros Aruma Uro se registraron promedios de 0.98 y 0.92 mg/L, que igualmente superan el límite en más de veinticinco veces. El escenario más crítico se presenta en Uros Samaraña Uta Lodge, donde el promedio fue de 1.35 mg/L, cifra que representa casi cuarenta veces el valor normativo permitido.

De acuerdo a dichas concentraciones en cada punto, los resultados ponen en evidencia que el fósforo total se encuentra en exceso en todas las islas, constituyéndose en un factor terminante en los procesos de eutrofización del Lago Titicaca. Esta situación fortalece que el ecosistema se encuentra bajo un fuerte estrés por aportes antrópicos, lo que simboliza una amenaza seguida para la condición del H<sub>2</sub>O, la biodiversidad acuática y la sostenibilidad del entorno natural en las inmediaciones de las islas flotantes.

#### ***4.1.3. Grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca a partir de las concentraciones de nitrógeno y fósforo.***

En el marco del actual análisis, se consideró necesario realizar la conversión de las concentraciones de fósforo total a la unidad de microgramos por litro (µg/L), ya que este es el formato estándar utilizado en la aplicación

del IETC (1977) y en la clasificación propuesta por la OCDE (1982). El fósforo en ecosistemas acuáticos se encuentra generalmente en valores muy bajos, por lo que expresarlo en  $\mu\text{g/L}$  facilita la comparación con los rangos de referencia establecidos para establecer los niveles de eutrofizaciones.

En el caso del nitrógeno total, no se ejecutó conversión a  $\mu\text{g/L}$  debido a que la fórmula de Kratzer & Brezonik (1981) para el cálculo del TSI utiliza directamente los valores en  $\text{mg/L}$ . Esto se debe a que el nitrógeno, a diferencia del fósforo, suele encontrarse en concentraciones más elevadas en los cuerpos de agua, y su procesamiento en  $\text{mg/L}$  permite una representación más adecuada dentro de los rangos que maneja el índice.

De esta manera, en los análisis posteriores únicamente el fósforo se presenta convertido a  $\mu\text{g/L}$ , mientras que el nitrógeno se mantiene en  $\text{mg/L}$ , respetando las unidades requeridas por cada uno de los índices tróficos aplicados.

**Tabla 14**

*Concentración de fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ) en aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024.*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla | Meses de muestreo - Fósforo total |           |           | Promedio |
|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|----------|
|                   |                   | ( $\mu\text{g/L}$ )               |           |           |          |
|                   |                   | Octubre                           | Noviembre | Diciembre |          |
|                   |                   | 2024                              | 2025      | 2024      |          |
| P-1               | Titicaca          | 950                               | 1250      | 1100      | 1100     |
|                   | Lodge Perú        |                                   |           |           |          |

|     |                               |      |      |      |      |
|-----|-------------------------------|------|------|------|------|
| P-2 | Amalia<br>Titicaca<br>Lodge   | 850  | 1100 | 980  | 977  |
| P-3 | Uros<br>Samaraña<br>Uta Lodge | 1100 | 1600 | 1350 | 1350 |
| P-4 | Uros<br>Khantati<br>Lodge     | 900  | 1200 | 1050 | 1050 |
| P-5 | Uros Aruma<br>Uro             | 800  | 1050 | 920  | 923  |

*Nota.* Valores expresados en microgramos por litro ( $\mu\text{g/L}$ ). Corresponden a la conversión directa de las concentraciones originales en  $\text{mg/L}$ , multiplicadas por 1000.

En la tabla 14, se puede ver las reuniones de P total resultan considerablemente elevadas en los diversos puntos de muestra, con un rango que va de 800  $\mu\text{g/L}$  a 1600  $\mu\text{g/L}$ . En Titicaca Lodge Perú, los valores oscilaron entre 950 y 1250  $\mu\text{g/L}$ , con un cociente de 1100  $\mu\text{g/L}$ , evidenciando una presencia constante y elevada de este nutriente. En Amalia Titicaca Lodge, las concentraciones variaron de 850 a 1100  $\mu\text{g/L}$ , con un cociente de 977  $\mu\text{g/L}$ , lo que representa una carga igualmente alta, aunque algo menor que en otros sectores. En Uros Samaraña Uta Lodge se registraron los valores más críticos, alcanzando 1600  $\mu\text{g/L}$  en noviembre y un promedio de 1350  $\mu\text{g/L}$ , lo que refleja la mayor presión de fósforo en el área de análisis. En Uros Khantati Lodge, los hallazgos fluctuaron entre 900 y 1200  $\mu\text{g/L}$ , con un cociente de 1050  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en Uros Aruma Uro los valores se situaron entre 800 y 1050  $\mu\text{g/L}$ , con un cociente de 923  $\mu\text{g/L}$ , siendo los más bajos dentro del grupo, aunque aún muy altos en términos absolutos. De forma general, se

observa que todas las islas presentan un aumento en noviembre, lo que indica un patrón recurrente de incremento de nutrientes durante este mes, probablemente influenciado por descargas antrópicas y procesos de resuspensión de sedimentos.

### **Índice de estado trófico:**

Con el fin de valorar el grado de eutrofización en las afueras de las islas flotable de los Uros, se aplicaron los TSI, los cuales constituyen herramientas ampliamente utilizadas en el diagnóstico limnológico de cuerpos de agua. Estos índices permiten transformar los valores de nutrientes en una escala numérica que facilita la interpretación del estado trófico, clasificando los sistemas acuáticos como oligotróficos, mesotróficos, eutróficos o hipereutróficos, de acuerdo con su nivel de productividad y concentración de nutrientes.

Para el presente estudio se calcularon dos variantes: el TSI para P total (TSI-P), propuesto por Carlson (1977), y el TSI para N total (TSI-N), desarrollado por Kratzer & Brezonik (1981) como una extensión del índice original. En el caso del fósforo, las concentraciones fueron convertidas a  $\mu\text{g/L}$ , siguiendo la metodología internacionalmente aceptada y en concordancia con la clasificación de la OCDE (1982). Para el nitrógeno, en cambio, los cálculos se realizaron directamente en  $\text{mg/L}$ , tal como lo requiere la fórmula de referencia.

De esta manera, los resultados obtenidos reflejan no solo la magnitud de los nutrientes presentes en cada punto de muestra y mes de evaluación, sino también la condición ecológica de las aguas, permitiendo establecer

comparaciones entre las diferentes islas y comprender cuál de los nutrientes actúa como el principal factor limitante en el proceso de eutrofización.

**Tabla 15**

*Valores del Índice de Estado Trófico (TSI) para nitrógeno total en 05 islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024.*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla       | Índice de Estado Trófico (TSI) - Nitrógeno total |           |           | TSI Promedio |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|
|                   |                         | Octubre                                          | Noviembre | Diciembre |              |
|                   |                         | 2024                                             | 2025      | 2024      |              |
| P-1               | Titicaca Lodge Perú     | 38.01                                            | 42.93     | 41.23     | 40.86        |
| P-2               | Amalia Titicaca Lodge   | 36.08                                            | 40.49     | 39.30     | 38.74        |
| P-3               | Uros Samaraña Uta Lodge | 39.71                                            | 45.01     | 43.56     | 42.93        |
| P-4               | Uros Khantati Lodge     | 37.08                                            | 41.93     | 40.86     | 40.10        |
| P-5               | Uros Aruma Uro          | 35.01                                            | 39.71     | 38.45     | 37.86        |

*Nota.* Los valores corresponden al cálculo del TSI para nitrógeno total, aplicando la fórmula propuesta por Kratzer & Brezonik (1981).

La tabla 15, presenta los valores del TSI para N total (TSI-N) en 5 puntos de muestra correspondientes a las islas flotable de los Uros, en el lapso de las mensualidades de octubre, noviembre y diciembre de 2024, además del promedio de cada isla. Se observa que los valores fluctúan entre 35.01 y

45.01, lo que sitúa al sistema en condiciones comprendidas entre oligotróficas y mesotróficas. Las islas Uros Samaraña Uta Lodge (P-3) y Titicaca Lodge Perú (P-1) presentan los promedios más elevados (42.93 y 40.86 respectivamente), mientras que Uros Aruma Uro (P-5) muestra el valor más bajo (37.86). Estos resultados sugieren que el nitrógeno se mantiene en niveles relativamente reducidos, desempeñando el rol de nutriente limitante en la dinámica trófica del lago.

**Tabla 16**

*Clasificación del estado trófico según el Índice de Estado Trófico (TSI) para nitrógeno total en cinco islas flotantes de los Uros.*

| Punto | Isla                          | Octubre<br>2024 | Noviembre<br>2025 | Diciembre<br>2024 | TSI<br>Promedio | Clasificación<br>Promedio |
|-------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| P-1   | Titicaca<br>Lodge<br>Perú     | Oligotrófico    | Mesotrófico       | Mesotrófico       | 40.86           | Mesotrófico               |
| P-2   | Amalia<br>Titicaca<br>Lodge   | Oligotrófico    | Mesotrófico       | Oligotrófico      | 38.74           | Oligotrófico              |
| P-3   | Uros<br>Samaraña<br>Uta Lodge | Mesotrófico     | Mesotrófico       | Mesotrófico       | 42.93           | Mesotrófico               |
| P-4   | Uros<br>Khantati<br>Lodge     | Oligotrófico    | Mesotrófico       | Mesotrófico       | 40.10           | Mesotrófico               |
| P-5   | Uros<br>Aruma<br>Uro          | Oligotrófico    | Mesotrófico       | Oligotrófico      | 37.86           | Oligotrófico              |

*Nota.* La clasificación se realizó de acuerdo a la escala propuesta por Carlson (1977) y adaptada por Kratzer & Brezonik (1981) para nitrógeno total: Mesotrófico (40–50), Oligotrófico (<40), Hipereutrófico (>70), Eutrófico (50–70).



En la tabla 16, los resultados muestran que las islas se distribuyen principalmente entre las categorías oligotrófico y mesotrófico, lo que indica que el nitrógeno no se encuentra en exceso en la zona de estudio. En Titicaca Lodge Perú (P-1), los valores oscilaron entre oligotrófico en octubre y mesotrófico en noviembre y diciembre, con un promedio mesotrófico. En Amalia Titicaca Lodge (P-2) y Uros Aruma Uro (P-5) predominó la condición oligotrófica, evidenciando menores concentraciones de nitrógeno. En contraste, Uros Samaraña Uta Lodge (P-3) presentó valores mesotróficos en todos los meses, alcanzando el promedio más alto (42.93), lo que sugiere una mayor presión antrópica. Finalmente, Uros Khantati Lodge (P-4) mostró una transición de oligotrófico a mesotrófico, situándose en un nivel intermedio. Es decir, que estos resultados confirman que el nitrógeno actúa como nutriente limitante en el sistema, ya que sus valores son relativamente bajos en comparación con el fósforo, que se encuentra en exceso y es el principal impulsor de la condición hipereutrófica en las afueras de las islas flotables de los Uros.

**Tabla 17**

*Valores del Índice de Estado Trófico (TSI) para fósforo total en 05 islas flotantes de los Uros, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2024.*

| Punto de muestreo | Nombre de la Isla   | Índice de Estado Trófico (TSI) - Fósforo total |           |           | TSI Promedio |
|-------------------|---------------------|------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|
|                   |                     | Octubre                                        | Noviembre | Diciembre |              |
|                   |                     | 2024                                           | 2025      | 2024      |              |
|                   |                     |                                                |           |           |              |
| P-1               | Titicaca Lodge Perú | 103.02                                         | 106.98    | 105.13    | 105.13       |

|     |                               |        |        |        |        |
|-----|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| P-2 | Amalia<br>Titicaca<br>Lodge   | 101.42 | 105.13 | 103.47 | 103.42 |
| P-3 | Uros<br>Samaraña<br>Uta Lodge | 105.13 | 110.54 | 108.09 | 108.09 |
| P-4 | Uros<br>Khantati<br>Lodge     | 102.24 | 106.39 | 104.46 | 104.46 |
| P-5 | Uros Aruma<br>Uro             | 100.54 | 104.46 | 102.56 | 102.61 |

*Nota.* Los valores corresponden al cálculo del TSI para P total, aplicando la fórmula propuesta por Carlson (1977).

La tabla 17, muestra los valores del TSI para P total (TSI-P) en cinco puntos de muestra de las islas flotable de los Uros, en el transcurso de las mensualidades de octubre, noviembre y diciembre de 2024, además del promedio de cada isla. Los valores obtenidos son extremadamente elevados, oscilando entre 100.54 y 110.54, lo que sitúa a todas las islas en la categoría de hipereutróficas. La isla Uros Samaraña Uta Lodge presenta los valores más críticos, con un TSI promedio de 108.09, mientras que Uros Aruma Uro registra el valor más bajo, con un promedio de 102.61, aunque igualmente dentro del rango hipereutrófico. Estos resultados reflejan la fuerte presencia de fósforo en la zona, confirmando que este nutriente se encuentra en exceso y es el primordial garante de la alta eutrofización observada.

**Tabla 18**

*Clasificación del estado trófico según el Índice de Estado Trófico (TSI) para fosforo total en cinco islas flotantes de los Uros.*

| Punto | Isla                          | Octubre<br>2024 | Noviembre<br>2025 | Diciembre<br>2024 | TSI<br>Promedio | Clasificación<br>Promedio |
|-------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| P-1   | Titicaca<br>Lodge<br>Perú     | Hipereutrófico  | Hipereutrófico    | Hipereutrófico    | 105.13          | Hipereutrófico            |
| P-2   | Amalia<br>Titicaca<br>Lodge   | Hipereutrófico  | Hipereutrófico    | Hipereutrófico    | 103.42          | Hipereutrófico            |
| P-3   | Uros<br>Samaraña<br>Uta Lodge | Hipereutrófico  | Hipereutrófico    | Hipereutrófico    | 108.09          | Hipereutrófico            |
| P-4   | Uros<br>Khantati<br>Lodge     | Hipereutrófico  | Hipereutrófico    | Hipereutrófico    | 104.46          | Hipereutrófico            |
| P-5   | Uros<br>Aruma<br>Uro          | Hipereutrófico  | Hipereutrófico    | Hipereutrófico    | 102.61          | Hipereutrófico            |

*Nota.* La clasificación se realizó de acuerdo con la escala propuesta por Carlson (1977): Mesotrófico (40–50), Oligotrófico (<40), Hipereutrófico (>70), Eutrófico (50–70).

En la tabla 18, se enseña los hallazgos conseguidos para el TSI-P, en donde se aprecia que, todas las islas evaluadas se encuentran en condición hipereutrófica, con valores promedio superiores a 100 en cada caso. Esta situación refleja una carga excesiva de fósforo en el ecosistema acuático, lo cual constituye un factor terminante en los procesos de eutrofización del Lago Titicaca en el sector de las islas flotables de los Uros.

La isla Uros Samaraña Uta Lodge (P-3) destaca como la más crítica, alcanzando un TSI promedio de 108.09, lo que sugiere una mayor presión

antrópica relacionada posiblemente con actividades turísticas intensivas, generación de residuos y descargas locales. En el caso de Titicaca Lodge Perú (P-1) y Uros Khantati Lodge (P-4), los valores de TSI-P también se mantienen elevados, con promedios de 105.13 y 104.46 respectivamente, confirmando igualmente un estado de fuerte eutrofización. Amalia Titicaca Lodge (P-2) y Uros Aruma Uro (P-5) presentan promedios ligeramente menores (103.42 y 102.61), pero sin dejar de pertenecer a la categoría hipereutrófica.

**Tabla 19**

*Clasificación del estado trófico según OCDE (1982) usando fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ) en cinco islas de los Uros, octubre, noviembre y diciembre 2024.*

| Punto de muestreo              | Oct-2024<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | Clasif. | Nov-2024<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | Clasif. | Dic-2024<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | Clasif. | Promedio<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | Clasif. prom. |
|--------------------------------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------------|
| P-1<br>(Titicaca Lodge Perú)   | 950                             | Hiper.  | 1250                            | Hiper.  | 1100                            | Hiper.  | 1100                            | Hiper.        |
| P-2<br>(Amalia Titicaca Lodge) | 850                             | Hiper.  | 1100                            | Hiper.  | 980                             | Hiper.  | 977                             | Hiper.        |
| P-3 (Uros Samaraña Uta Lodge)  | 1100                            | Hiper.  | 1600                            | Hiper.  | 1350                            | Hiper.  | 1350                            | Hiper.        |
| P-4 (Uros Khantati Lodge)      | 900                             | Hiper.  | 1200                            | Hiper.  | 1050                            | Hiper.  | 1050                            | Hiper.        |
| P-5 (Uros Aruma Uro)           | 800                             | Hiper.  | 1050                            | Hiper.  | 920                             | Hiper.  | 923                             | Hiper.        |

*Nota.* Clasificación OCDE (1982) basada exclusivamente en P total ( $\mu\text{g/L}$ ): Mesotrófico 10–35; Oligotrófico  $<10$ ; Hipereutrófico  $>100$ ; Eutrófico 35–100.

En la tabla 19, se observa que en las cinco islas y durante los tres meses evaluados, todas las concentraciones de fósforo superan holgadamente los  $100 \mu\text{g/L}$ , por lo que la clasificación es hipereutrófica en todos los casos. Se observa un máximo en noviembre en cada punto, coherente con un aumento estacional de aportes difusos y descargas locales. El punto P-3 (Uros Samaraña Uta Lodge) es el más crítico, con promedios en torno a  $1350 \mu\text{g/L}$ , mientras que P-5 (Uros Aruma Uro) presenta los valores más bajos del conjunto, aunque todavía en el rango hipereutrófico. Este patrón confirma una sobrecarga generalizada de P en el entorno de las islas flotantes, condición que favorece floraciones algales y riesgo de deterioro de la condición ecológica del lago.

**Tabla 20**

*Relación N/P y nutriente limitante (promedios de los meses de octubre, noviembre y diciembre 2024).*

| Punto | Isla                       | N promedio<br>(mg/L) | P promedio<br>(mg/L) | N/P  | Nutriente<br>limitante* |
|-------|----------------------------|----------------------|----------------------|------|-------------------------|
| P-1   | Titicaca Lodge<br>Perú     | 0.39                 | 1.10                 | 0.35 | Nitrógeno               |
| P-2   | Amalia Titicaca<br>Lodge   | 0.34                 | 0.98                 | 0.35 | Nitrógeno               |
| P-3   | Uros Samaraña<br>Uta Lodge | 0.45                 | 1.35                 | 0.33 | Nitrógeno               |
| P-4   | Uros Khantati<br>Lodge     | 0.37                 | 1.05                 | 0.35 | Nitrógeno               |
| P-5   | Uros Aruma Uro             | 0.32                 | 0.92                 | 0.35 | Nitrógeno               |

*Nota.* La relación N/P se calculó como cociente de concentraciones en masa:

$N/P = N(\text{mg/L}) / P(\text{mg/L})$  usando los promedios de cada isla para octubre–diciembre 2024. \* Criterio operativo:  $N/P < 9 \rightarrow$  limitación por nitrógeno;  $N/P > 9 \rightarrow$  limitación por fósforo.

En la tabla 20, se observa que, en las 05 islas, la relación N/P se ubica en un rango muy bajo 0.33–0.35, señal inequívoca de limitación por nitrógeno en todo el sector evaluado. Esto, combinado con los resultados del TSI y la OCDE, confirma un escenario de exceso de fósforo y déficit relativo de nitrógeno, condición típica de sistemas hipereutróficos impulsados por aportes de fósforo. En términos de manejo, las acciones prioritarias deberían orientarse a reducir las fuentes de fósforo en las inmediaciones de las islas y su cuenca local, sin descuidar el control de cargas de nitrógeno que, aunque menores, pueden intensificar episodios de floraciones cuando el fósforo permanece alto.

**Tabla 21**

*Comparación del estado trófico mediante índices de Carlson, OCDE y relación N/P en cinco islas flotantes de los Uros, octubre–diciembre de 2024.*

| Punto de muestreo             | TSI-P  | Clasificación P | TSI-N | Clasificación N | Clasificación OCDE | N/P  | Nutriente limitante |
|-------------------------------|--------|-----------------|-------|-----------------|--------------------|------|---------------------|
| P-1 (Titicaca Lodge Perú)     | 105.13 | Hipereutrófico  | 40.86 | Mesotrófico     | Hipereutrófico     | 0.35 | Nitrógeno           |
| P-2 (Amalia Titicaca Lodge)   | 103.42 | Hipereutrófico  | 38.74 | Oligotrófico    | Hipereutrófico     | 0.35 | Nitrógeno           |
| P-3 (Uros Samaraña Uta Lodge) | 108.09 | Hipereutrófico  | 42.93 | Mesotrófico     | Hipereutrófico     | 0.33 | Nitrógeno           |
| P-4 (Uros Khantati Lodge)     | 104.46 | Hipereutrófico  | 40.10 | Mesotrófico     | Hipereutrófico     | 0.35 | Nitrógeno           |

|                      |        |                |       |              |                |      |           |
|----------------------|--------|----------------|-------|--------------|----------------|------|-----------|
| P-5 (Uros Aruma Uro) | 102.61 | Hipereutrófico | 37.86 | Oligotrófico | Hipereutrófico | 0.35 | Nitrógeno |
|----------------------|--------|----------------|-------|--------------|----------------|------|-----------|

*Nota.* La tabla integra los hallazgos de diferentes metodologías para la evaluación del grado de eutrofización. El TSI-P se calculó con la fórmula de Carlson (1977) usando fósforo total expresado en  $\mu\text{g/L}$ , mientras que el TSI-N se obtuvo con la adaptación de Kratzer & Brezonik (1981) empleando nitrógeno total en  $\text{mg/L}$ . La clasificación OCDE (1982) se estableció en función de fósforo total. La relación N/P se calculó dividiendo la reunión de N entre la de P, ambas en  $\text{mg/L}$ , aplicando el criterio:  $\text{N/P} < 9 \rightarrow$  limitación por nitrógeno;  $\text{N/P} > 9 \rightarrow$  limitación por fósforo.

La tabla 21, muestra un análisis comparativo integral del estado trófico en las 05 islas flotable de los Uros, considerando diferentes metodologías. En todos los casos, los valores de TSI-P superan 100, clasificando a las aguas como hipereutróficas, lo cual refleja un exceso crítico de fósforo. Este diagnóstico coincide con la clasificación de la OCDE (1982), que también ubica a todas las islas en la categoría hipereutrófica.

Por el contrario, los valores de TSI-N fluctúan entre 37.86 y 42.93, ubicando al sistema en condiciones oligotróficas a mesotróficas, lo que evidencia que el nitrógeno no se encuentra en exceso. Esta diferencia entre fósforo y nitrógeno se confirma en la relación N/P, cuyos valores muy bajos (0.33–0.35) indican de manera consistente que el N es el nutrimento limitante en toda la zona de estudio.

Asimismo, se observa que la isla Uros Samaraña Uta Lodge (P-3) presenta la situación más crítica, con el mayor TSI-P (108.09) y un TSI-N en rango mesotrófico, lo que señala una mayor presión antrópica posiblemente



vinculada a actividades turísticas y descargas locales. Aunque los demás puntos presentan valores ligeramente menores, todos permanecen dentro de la categoría hipereutrófica por fósforo. Estos resultados confirman que el P es el primordial impulsor del proceso de eutrofización en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros, mientras que la baja disponibilidad de nitrógeno regula parcialmente el crecimiento biológico.

#### 4.2. Discusiones

Las concentraciones de nitrógeno total obtenidas en las islas de los Uros, se encuentran entre 0.32 y 0.45 mg/L, se ubican en un rango intermedio bajo en comparación con otros estudios. Son mucho menores a las reportadas en el río Chone en Ecuador por Veliz y Seni (2022), donde se encontraron valores entre 5.88 y 14 mg/L bajo fuerte presión de descargas. También resultan inferiores a lo hallado por Cosme (2023) en la laguna La Pampa, con valores de 1.5 a 2.8 mg/L, y a lo informado por Villanueva (2022) en la ribera del Titicaca en Juli, con resultados de 1.2 a 3.4 mg/L. Los valores de Uros son semejantes a los rangos mesotróficos asociados al nitrógeno descritos por Choque y Jalisto (2021) en la laguna de Huatata, y ligeramente superiores a los nitratos muy bajos registrados por Ramos (2022) en el lago de Los Milagros, donde no superaron 0.168 mg/L. Este comportamiento evidencia un aporte moderado de nitrógeno en Uros, explicado por la influencia antrópica asociada al turismo y asentamientos, pero sin cargas nitrogenadas extremas.

En cambio, respecto a la concentración de fósforo en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se hallaron concentraciones entre 0.92 y 1.35 mg/L, evidencian un enriquecimiento severo y son muy

superiores a las reportadas por Cosme (2023) en La Pampa, donde se hallaron entre 0.09 y 0.23 mg/L. También superan lo registrado por Villanueva (2022) en Juli, con valores entre 0.08 y 0.21 mg/L, y por Choque y Jalisto (2021) en Huatata, con valores cercanos a 0.200 mg/L. Nuestros datos se alinean con los valores elevados obtenidos por Asqui (2021) en islas de la Reserva del Titicaca, donde los valores de P total fluctuaron entre 1.03 y 2.05 mg/L, y son comparables a los niveles altos encontrados en el río Chone por Veliz y Seni (2022), con concentraciones de 1.71 a 3.81 mg/L. El umbral de la OCDE establece que valores por encima de 100  $\mu\text{g/L}$  son hipereutróficos; en Uros los valores lo superan más de diez veces, lo que confirma aportes persistentes de fósforo a través de aguas grises, residuos y resuspensión de sedimentos. A diferencia de lo encontrado por Ocola (2022) en zonas de cultivo de trucha en Pomata, donde el TSI fue oligotrófico pese a la presencia de fósforo, en Uros la dinámica litoral favorece su disponibilidad en la columna de agua y un estado hipereutrófico marcado.

En cuanto, a la evaluación del grado de eutrofización en las islas flotable de los Uros confirma un estado hipereutrófico dominado por el fósforo. El TSI-P alcanzó valores promedio que oscilaron entre 102.61 en Uros Aruma Uro y 108.09 en Uros Samaraña Uta Lodge, clasificando a todas las islas como hipereutróficas. Por otro lado, el TSI-N presentó valores mucho menores, entre 37.86 en Uros Aruma Uro y 42.93 en Uros Samaraña Uta Lodge, lo que sitúa al sistema entre las categorías oligotrófico y mesotrófico. Esta diferencia se ve reforzada por las relaciones N/P, que variaron de 0.33 a 0.35, confirmando que el nitrógeno actúa como nutriente limitante mientras que el fósforo se encuentra en exceso. Estos resultados son consistentes con lo

descrito por Ruiz (2024) en la bahía interior del Titicaca, donde también se reportó un estado hipereutrófico, y con Vargas (2021) en la laguna de Yuriria, que presentó una hipereutrofia asociada a altas cargas de nutrientes. Asimismo, coinciden con la conclusión de Cosme (2023) en la laguna La Pampa, donde las altas concentraciones de fósforo impulsaron la clasificación hipereutrófica. A diferencia de estos casos, Ocola (2022) reportó un estado oligotrófico en zonas de cultivo de trucha en Pomata, gracias a la resiliencia geomorfológica que limita la biodisponibilidad de fósforo, lo que resalta que en los Uros la dinámica litoral y la presión antrópica favorecen la expresión directa del fósforo en la columna de agua.

En cuanto al objetivo general, respecto al grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, los resultados muestran un contraste marcado entre el fósforo y el nitrógeno. El P total alcanzó valores entre 0.92 y 1.35 mg/L, superando hasta treinta y ocho veces el límite del ECA Agua categoría 4, mientras que el nitrógeno total se mantuvo entre 0.32 y 0.45 mg/L. Esta asimetría confirma que el fósforo es el principal impulsor de la hipereutrofia, mientras que el nitrógeno actúa como nutriente limitante. Este hallazgo coincide con lo descrito por Ruiz (2024) en la bahía interior del Titicaca, donde se identificó un estado hipereutrófico, y con Vargas (2021) en Yuriria, donde la alta carga de nutrientes causó hipereutrofia. En contraste, difiere de estudios como el de Acuña y Marín (2022) en la laguna El Gallinazo, donde el bajo contenido de nutrientes mantuvo un estado oligotrófico. En el contexto regional, los resultados de Uros confirman una presión antrópica intensa que condiciona la condición del H<sub>2</sub>O y acelera el proceso de eutrofizaciones.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la determinación de la incidencia de la reunión de nutrientes que determinan el nivel de eutrofización en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca 2024, se llega a las conclusiones siguientes:

- **Primero:** Acerca de la concentración de nitrógeno en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se concluye que los valores promediaron entre 0.32 y 0.45 mg/L, superando en todos los casos el valor de informe señalado por el ECA H<sub>2</sub>O Clase 4 (0.315 mg/L). Esta diferencia evidencia que el nitrógeno, aunque presente en exceso respecto a la normativa, se mantiene en valores relativamente bajos si se compara con el fósforo, lo que refuerza su papel como nutriente limitante. Además, se identificó un incremento estacional en noviembre, lo cual podría asociarse a mayores aportes por escorrentía durante la época de lluvias.
- **Segundo:** En cuanto a la concentración de fósforo en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se concluye que los valores fluctuaron entre 0.92 y 1.35 mg/L, superando ampliamente el límite determinado en el ECA Agua Clase 4 (0.035 mg/L). Esta diferencia, confirma que el fósforo se encuentra en exceso crítico en todas las islas evaluadas. La isla Uros Samaraña Uta Lodge (P-3) presentó la concentración más alta (1.35 mg/L), mientras que Uros Aruma Uro (P-5) registró la menor (0.92 mg/L), aunque ambas se mantienen muy por encima del estándar de condición ambiental. Estos resultados ratifican

que el fósforo es el principal nutriente responsable del estado hipereutrófico del ecosistema.

- **Tercero:** Respecto al grado de eutrofización de las aguas en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se concluye que el TSI-P clasificó a todas las islas como hipereutróficas (102.61–108.09), mientras que el TSI-N las ubicó entre oligotróficas y mesotróficas (38.01–42.93). La clasificación OCDE (1982) confirmó la condición hipereutrófica generalizada y la relación N/P (0.33–0.35) evidenció limitación por nitrógeno. Por ende, los resultados confirman que el exceso de P es el primordial garante de la eutrofización, mientras que el nitrógeno se mantiene en niveles restrictivos.
- **Cuarto:** Como conclusión general, respecto al grado de eutrofización de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca, se concluye que el nitrógeno se encuentra en niveles bajos (0.32–0.45 mg/L), mientras que el fósforo alcanza valores excesivos (0.92–1.35 mg/L). Como consecuencia, los diferentes índices aplicados (Carlson, Kratzer & Brezonik, OCDE) coinciden en clasificar al sistema como hipereutrófico, evidenciando que el P es el nutrimento terminante en el proceso de eutrofización. Esta condición incrementa los riesgos de floraciones algales, pérdida de oxígeno y deterioro de la condición ecológica del Lago Titicaca.

## RECOMENDACIONES

Conforme a la determinación de la incidencia de la reunión de nutrimentos que determinan el nivel de eutrofización en las inmediaciones de las islas flotable de los Uros del Lago Titicaca 2024, se sugiere lo siguiente:

- **Primero:** A los prometidos estudiantes se les sugiere ejecutar los estudios en donde, deben de considerar variables complementarias como clorofila-a y nitidez del agua (Disco Secchi), con la finalidad de aplicar el índice de Carlson de manera integral y obtener un diagnóstico más completo del estado trófico.
- **Segundo:** A los estudiantes se les sugiere realizar muestreos continuos durante todo un ciclo anual, considerando tanto la temporada de lluvias como la de estiaje, para identificar con mayor precisión las variaciones estacionales en las concentraciones de nutrientes.
- **Tercero:** A los estudiantes se les sugiere realizar estudios para asemejar las principales fuentes de nitrógeno y fósforo (fertilizantes agrícolas, aguas residuales domésticas) para desarrollar estrategias específicas de mitigación.
- **Cuarto:** A los futuros estudiantes se les insinúa emplear modelos de condición de agua para simular escenarios de reducción de nutrientes y valorar el impacto de posibles medidas de conducción en el perfeccionamiento de la condición del lago
- **Quinto:** Se recomienda incluir en los futuros estudios la medición de oxígeno disuelto, biodiversidad fitoplanctónica y presencia de



floraciones algales, para establecer vínculos directos entre el exceso de nutrientes y los efectos ecológicos.

- **Sexto:** Para los futuros estudios se recomienda incluir otras islas flotantes y zonas cercanas a la ribera del lago, con el propósito de evaluar la heterogeneidad espacial de las eutrofizaciones en diferentes sectores del Lago Titicaca.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moreira, J., & Sabando, B. (2016). *Evaluación del grado de eutrofización del embalse Sixto Durán Ballén mediante indicadores de estado trófico*. Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Acuña Vásquez, J. M., & Marín Fernández, Y. J. (2022). *Nutrientes en la Laguna el Gallinazo en el bosque Seco Cañoncillo, La Libertad – Perú 2022*. UPAGU, Cajamarca - Perú. Obtenido de <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/2969/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Adriázola Vásquez, J. P. (2015). *Evaluación del nivel de polución hídrica en la bahía de Cohana y su impacto en la condición de la leche del ganado bovino*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9289/PG-1602-Adriazola%20Vasquez%2c%20Juan%20Pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asqui Mamani, I. (2021). *Propuesta del desarrollo ecosostenible de las islas flotantes de Titino Grande y Nuevo Amanecer de la Reserva Nacional del Titicaca*. Tesis de pregrado, UNA Puno, Puno.
- Borrás, C. (04 de Junio de 2024). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-eutrofizacion-definicion-y-caracteristicas-34.html>
- Bougarne, L., Ben Abbou, M., El haji, M., & Bouka, H. (2019). Carlson's Index and OECD Classification for the Assessment of Trophic Status of Bab



Louta Dam. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10, 878 - 880.

Carlson, R. (1977). *Índice TSI según Carlson*.

Chew Aldana, A. E. (2020). *Evaluación fisicoquímica del agua y grado de eutrofización de la laguna El Comendador, situada en los municipios de Pasaco y Moyuta, departamento de Jutiapa, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Choque Bravo, R., & Jalisto Jalixto, P. J. (2021). *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco 2021*. Universidad Continental, Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10663>

Claude, M., & Oporto, J. (2000). *La baja eficiencia de la Salmonicultura en Chile: Dimensiones sociales, económicas y ecológicas. Normativas ambientales: Clasificación universal (internacional) caracterizadora del estado trófico o productivo de sistemas lacustres (APHA, 1981)*. Santiago.

Concepto. (s.f.). Obtenido de <https://concepto.de/isla/>

Cosme Fustamante, A. P. (2023). *Determinación del estado trófico utilizando índices numéricos en la laguna La Pampa, humedales de Villa, Lima-Perú*. Lima-Perú.

Ecosistemas de aguas dulce. (s.f.). Obtenido de [https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/uni\\_04/u4c1s6.htm](https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/uni_04/u4c1s6.htm)

Escobar Cayetano, S. D. (2020). *Identificación de microorganismos indicativos del proceso de eutrofización en la laguna Huacracocha, Huancayo*,



durante el periodo abril–septiembre de 2019. Universidad Continental, Huancayo.

Escuela Superior de Ingenieros Industriales. (s.f.). *Población, ecología y ambiente*. Obtenido de [https://cidta.usal.es/contamin\\_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/150Eutro.htm](https://cidta.usal.es/contamin_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/150Eutro.htm)

Fontúrbel Rada, F. (2003). Algunos Criterios Biológicos sobre el proceso de Eutrofización a orillas de seis localidades del Lago Titikaka. *Ecología Aplicada*, 2(1), 75 - 79. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162003000100011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162003000100011&lng=es&nrm=iso)

García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (s.f.). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. Obtenido de [https://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2\\_Parte1\\_Eje3\\_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf](https://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf)

*Gestión sostenible del agua*. (05 de Febrero de 2016). Obtenido de [gidahatari: https://gidahatari.com/ih-es/aprenda-mas-sobre-la-eutrofizacion](https://gidahatari.com/ih-es/aprenda-mas-sobre-la-eutrofizacion)

GIARDINO TOUR OPERADOR. (s.f.). Obtenido de <https://giardinotours.com/es/lago-titicaca-islas-flotantes-de-los-uros/>

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista . (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta. ed.).

INCARAIL. (09 de Febrero de 2024). Obtenido de <https://blog.incarail.com/es/isla-flotantes-de-los-uros/>

Kratzer, C. R., & Brezonik, P. L. (1981). *Un índice de estado trófico tipo Carlson para el nitrógeno en lagos de Florida*. Boletín de Recursos Hídricos.



Mamani Paricanaza, P., Osorio Apaza, M. A., & Lozano Sulca, Y. (2023).

Influencia del extracto de avena en las aguas eutrofizadas del lago Titicaca bajo condiciones controladas en 2023. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(4), 241 - 248. doi:<https://doi.org/10.18271/ria.2023.573>

Meza Rojas, S. F. (2016). *Incidencia de los nutrientes en la eutrofización de la Bahía interior del Lago Titicaca, Puno*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

MINAM. (2017). *Estándares de condición Ambiental (ECA) para Agua DS N° 004—2014 y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-ag>

Ministerio de la Cultura. (s.f.). *Base de datos de Pueblos Indígenas u Originarios*. Obtenido de <https://bdpi.cultura.gob.pe/pueblos/uro#:~:text=Los%20Uros%20constituyen%20un%20pueblo,la%20familia%20lingu%C3%ADstica%20Uru%2DChipaya>.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-condicion-de-las-aguas/proteccion-eutrofizacion/causas.html>

OCDE. (1982). *Eutrofización de las aguas: Monitoreo, evaluación y control*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Programa Cooperativo de la OCDE para el Monitoreo de las Aguas Continentales (Control de la Eutrofización). , París.



Ocola Villasante, D. (2022). Evaluación de las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de trucha (*Oncorhynchus Mykiss*) en el Lago Titicaca, Pomata - Puno. *Revista de Investigación Científica de Ingeniería Ñawparisun*, 4(1), 19 - 29. doi:<http://doi.org/10.47190/nric.v4i1.2>

Olivera Vilca, V. (2022). *oncentración de nitrógeno y fósforo en la zona litoral del Lago Titicaca, distrito de Juli, 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Puno.

Ramos Pujay, Y. (2022). *Determinación de los parámetros físico - químicos biológicos y su relación con el nivel de eutrofización en la laguna de los Milagros – Provincia de Leoncio Prado – Huánuco 2021*. Universidad de Huánuco, Huánuco - Perú. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4093>

REMARCO. (s.f.). Obtenido de <https://remarco.org/eutrofizacion/>

Romero Medina, M. V. (2019). *Determinación de eutrofización a partir de la salubridad de sus nutrientes, en la laguna urbana Valle Hermoso del cantón Guano*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10597>

Ruiz Soncco, Z. E. (2024). *Concentración de nutrientes que caracterizan el grado de eutrofización de la bahía interior del Lago Titicaca*. Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Juliaca - Perú.

Soria Freire, D. J., & Soria Freire, N. A. (2020). *Evaluación de la eutrofización y variabilidad vertical de las concentraciones de nutrientes en la Laguna de*



Colta. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14259>

Tectonica. (10 de Agosto de 2021). Obtenido de <https://tectonica.archi/articles/las-islas-flotantes-de-los-ueros/>

Valdez, L. (03 de Diciembre de 2021). *El suelo como medio físico y substrato 2018*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/el-suelo-como-medio-fsico-y-substrato-2018/250779682>

Vargas Saénz, S. M., Barrios Martinez, Z. G., Olvera Rosales, B., & Zanor, G. A. (07 de Setiembre de 2021). Evaluación de la condición del agua de la laguna de Yuriria (Guanajuato) y su impacto antrópico. *Revista Jóvenes en la Ciencia*, 10. Obtenido de <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/5802>

VASQUEZ, G., HERRARA, L., & CANTERA, J. (Abril de 2012). Metodología Para Determinar Niveles De Eutrofización En Ecosistemas Acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 115.

Véliz Cedeño, C. R., & Seni Pinoargote, O. D. (Diciembre de 2022). Determinación de nitrógeno y fósforo en las aguas del Río Chone, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 7(12), 320 - 338. doi:10.23857/pc.v7i12

Water on the Web. Resources Glossary. (Enero de 2011). Obtenido de <http://www.waterontheweb.org/resources/glossary.html>



# ANEXOS





# TESIS UANCV



VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



ANEXO 1

Matriz de consistencia

Título: GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024

| Problema                                                                                                                                                                                      | Objetivos                                                                                                                                                                    | Hipótesis                                                                                                                                                                                                             | Variables                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema general:</b><br><br>¿Cuál es el grado de eutrofización de las aguas ubicadas en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca durante el año 2024?       | <b>Objetivo general:</b><br><br>Determinar el grado de eutrofización de las aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros del Lago Titicaca, en el año 2024. | <b>Hipótesis general:</b><br><br>Las aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros presentan un nivel de eutrofización moderado a alto durante el año 2024.                                           | <b>Variable independiente:-</b><br>Aporte de nutrientes al cuerpo de agua (nitrógeno y fósforo).Variable dependiente:<br- Grado de eutrofización.<br><br>Indicadores:- Concentración de Nitrógeno total (mg/L).- Concentración de Fósforo total (mg/L).- Clorofila "a" (mg/m³).- Turbidez (NTU).- Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L).- Índice de eutrofización (escala). | Tipo y nivel:<br><br>Investigación descriptiva– explicativa.- Diseño no experimental, transversal.<br><br>Población y muestra:<br><br>- Aguas de las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros<br><br>- Muestras recolectadas en puntos estratégicos.<br><br>Técnicas e instrumentos: |
| <b>Problemas específicos:</b><br><br>1. ¿Cuál es la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) presentes en el agua?<br><br>2. ¿Cuál es el nivel de clorofila "a" presente en el agua? | <b>Objetivos específicos:</b><br><br>1. Cuantificar las concentraciones de nitrógeno y fósforo presentes en el agua.<br><br>2. Determinar el nivel de clorofila "a".         | <b>Hipótesis específicas:</b><br><br>1. La concentración de nitrógeno y fósforo supera los límites recomendados, contribuyendo al incremento de nutrientes en el agua.<br><br>2. El nivel de clorofila "a" indica una |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



| Problema                                                                       | Objetivos                                                                                 | Hipótesis                                                                                                                                                                                  | Variables | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. ¿Cuál es el nivel de turbidez y DBO presente en el agua?                    | 3. Evaluar la turbidez y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)                           | proliferación significativa de fitoplancton.                                                                                                                                               |           | - Análisis físico-químico de laboratorio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4. ¿Qué nivel de calidad del agua se obtiene según el índice de eutrofización? | .4. Calcular el índice de eutrofización para determinar la categoría de calidad del agua. | 3. La turbidez y la DBO se encuentran elevadas, evidenciando degradación de la calidad del agua.<br><br>4. El índice de eutrofización clasificará el agua como eutrófica o hipereutrófica. |           | - Fichas de muestreo de agua.<br><br>- Equipos multiparámetros y espectrofotómetro.<br><br>Procedimiento:<br><br>1. Recolección de muestras en puntos georreferenciados.<br><br>2. Análisis de nutrientes, clorofila "a", turbidez y DBO.<br><br>3. Cálculo del índice de eutrofización<br><br>.4. Interpretación y clasificación del estado trófico. |

## ANEXO 2.

### Panel fotográfico



**Fotografía 01:** Preparación de muestras en campo para análisis de nutrientes.



**Fotografía 02:** Procedimiento de muestreo de agua superficial en zona de totorales.



**Fotografía 03:** Recolección de muestras de agua en las inmediaciones de las islas flotantes de los Uros.



**Fotografía 04:** Registro fotográfico del investigador durante la toma de muestras.

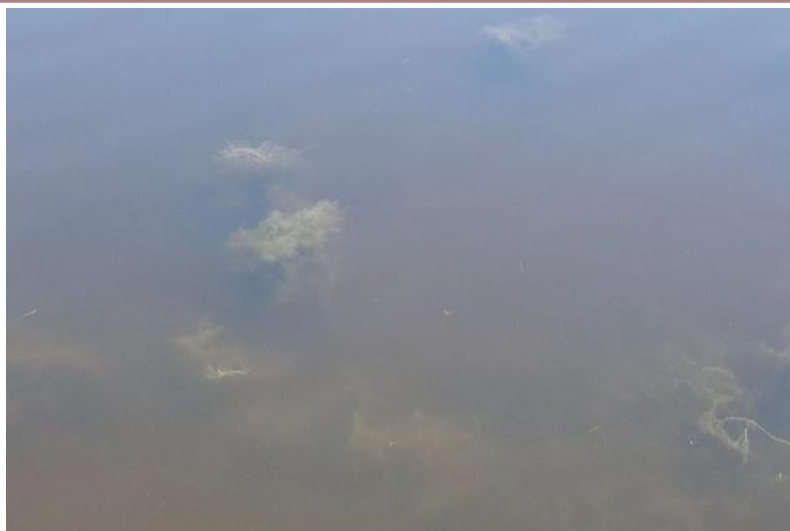




**Fotografía 05:** Muestras de agua recolectadas en frascos ámbar y transparentes.



**Fotografía 06:** Encuentro con poblador local de las islas flotantes durante el trabajo de campo.



**Fotografía 07:** Evidencia visual de proliferación de algas y pérdida de transparencia del agua en el Lago Titicaca.





## ANEXO 3.

### Resultados del análisis en laboratorio



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

#### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA179 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : JUAN RAMON GONZALES QUISPE  
1.2. **Proyecto** : GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS EN LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Agua natural – superficial  
2.2. **Numero de muestras** : 15  
2.3. **Muestreado por** : Juan Ramon Gonzales Quispe  
2.4. **Departamento** : Puno  
2.5. **Provincia** : Puno  
2.6. **Distrito** : Puno  
2.7. **Código, ubicación de muestreo**

| N° | Código | Ubicación/Lugar (isla)  | Coordenadas               |
|----|--------|-------------------------|---------------------------|
| 1  | P – 1  | Titicaca Lodge Perú     | E: 395472.00 N:8253743.00 |
| 2  | P – 2  | Amalia Titicaca Lodge   | E: 395788.00 N:8253336.00 |
| 3  | P – 3  | Uros Samaraña Uta Lodge | E: 395891.00 N:8253006.00 |
| 4  | P – 4  | Uros Khantati Lodge     | E:396057.00 N:8252592.00  |
| 5  | P – 5  | Uros Aruma Uro          | E: 395982.00 N:8252217.00 |



### III. RESULTADOS

| Punto de muestreo | Meses de muestreo      |                |                |
|-------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                   | Nitrógeno total (mg/L) |                |                |
|                   | Octubre 2024           | Noviembre 2024 | Diciembre 2024 |
| P-1               | 0.32                   | 0.45           | 0.40           |
| P-2               | 0.28                   | 0.38           | 0.35           |
| P-3               | 0.36                   | 0.52           | 0.47           |
| P-4               | 0.30                   | 0.42           | 0.39           |
| P-5               | 0.26                   | 0.36           | 0.33           |

| Punto de muestreo | Meses de muestreo    |                |                |
|-------------------|----------------------|----------------|----------------|
|                   | Fósforo total (mg/L) |                |                |
|                   | Octubre 2024         | Noviembre 2024 | Diciembre 2024 |
| P-1               | 0.95                 | 1.25           | 1.10           |
| P-2               | 0.85                 | 1.10           | 0.98           |
| P-3               | 1.10                 | 1.60           | 1.35           |
| P-4               | 0.90                 | 1.20           | 1.05           |
| P-5               | 0.80                 | 1.05           | 0.92           |

### 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

Juliaca, 30 de diciembre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"



Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

## ANEXO 4.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM.

### Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

| Parámetros                                        | Unidad de medida             | E1: Lagunas y lagos | E2: Ríos       |           | E3: Ecosistemas costeros y marinos |           |
|---------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------|-----------|------------------------------------|-----------|
|                                                   |                              |                     | Costa y sierra | Selva     | Estuarios                          | Marinos   |
| FÍSICOS- QUÍMICOS                                 |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Aceites y Grasas (MEH)                            | mg/L                         | 5,0                 | 5,0            | 5,0       | 5,0                                | 5,0       |
| Cianuro Libre                                     | mg/L                         | 0,0052              | 0,0052         | 0,0052    | 0,001                              | 0,001     |
| Color (b)                                         | Color verdadero Escala Pt/Co | 20 (a)              | 20 (a)         | 20 (a)    | **                                 | **        |
| Clorofila A                                       | mg/L                         | 0,008               | **             | **        | **                                 | **        |
| Conductividad                                     | (μS/cm)                      | 1 000               | 1 000          | 1 000     | **                                 | **        |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) | mg/L                         | 5                   | 10             | 10        | 15                                 | 10        |
| Fenoles                                           | mg/L                         | 2,56                | 2,56           | 2,56      | 5,8                                | 5,8       |
| Fósforo total                                     | mg/L                         | 0,035               | 0,05           | 0,05      | 0,124                              | 0,062     |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)      | mg/L                         | 13                  | 13             | 13        | 200                                | 200       |
| Amoníaco Total (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )    | mg/L                         | (1)                 | (1)            | (1)       | (2)                                | (2)       |
| Nitrógeno Total                                   | mg/L                         | 0,315               | **             | **        | **                                 | **        |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo)                   | mg/L                         | ≥ 5                 | ≥ 5            | ≥ 5       | ≥ 4                                | ≥ 4       |
| Potencial de Hidrógeno (pH)                       | Unidad de pH                 | 6,5 a 9,0           | 6,5 a 9,0      | 6,5 a 9,0 | 6,8 – 8,5                          | 6,8 – 8,5 |
| Sólidos Suspendidos Totales                       | mg/L                         | ≤ 25                | ≤ 100          | ≤ 400     | ≤ 100                              | ≤ 30      |
| Sulfuros                                          | mg/L                         | 0,002               | 0,002          | 0,002     | 0,002                              | 0,002     |
| Temperatura                                       | °C                           | Δ 3                 | Δ 3            | Δ 3       | Δ 2                                | Δ 2       |
| INORGÁNICOS                                       |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Antimonio                                         | mg/L                         | 0,64                | 0,64           | 0,64      | **                                 | **        |
| Arsénico                                          | mg/L                         | 0,15                | 0,15           | 0,15      | 0,036                              | 0,036     |
| Bario                                             | mg/L                         | 0,7                 | 0,7            | 1         | 1                                  | **        |
| Cadmio Disuelto                                   | mg/L                         | 0,00025             | 0,00025        | 0,00025   | 0,0088                             | 0,0088    |
| Cobre                                             | mg/L                         | 0,1                 | 0,1            | 0,1       | 0,05                               | 0,05      |
| Cromo VI                                          | mg/L                         | 0,011               | 0,011          | 0,011     | 0,05                               | 0,05      |
| Mercurio                                          | mg/L                         | 0,0001              | 0,0001         | 0,0001    | 0,0001                             | 0,0001    |
| Níquel                                            | mg/L                         | 0,052               | 0,052          | 0,052     | 0,0082                             | 0,0082    |
| Plomo                                             | mg/L                         | 0,0025              | 0,0025         | 0,0025    | 0,0081                             | 0,0081    |
| Selenio                                           | mg/L                         | 0,005               | 0,005          | 0,005     | 0,071                              | 0,071     |
| Talio                                             | mg/L                         | 0,0008              | 0,0008         | 0,0008    | **                                 | **        |
| Zinc                                              | mg/L                         | 0,12                | 0,12           | 0,12      | 0,081                              | 0,081     |
| ORGÁNICOS                                         |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Compuestos Orgánicos Volátiles                    |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo                 | mg/L                         | 0,5                 | 0,5            | 0,5       | 0,5                                | 0,5       |
| Hexaclorobutadieno                                | mg/L                         | 0,0006              | 0,0006         | 0,0006    | 0,0006                             | 0,0006    |
| BTEX                                              |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Benceno                                           | mg/L                         | 0,05                | 0,05           | 0,05      | 0,05                               | 0,05      |
| Hidrocarburos Aromáticos                          |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Benzo(a)Pireno                                    | mg/L                         | 0,0001              | 0,0001         | 0,0001    | 0,0001                             | 0,0001    |
| Antraceno                                         | mg/L                         | 0,0004              | 0,0004         | 0,0004    | 0,0004                             | 0,0004    |
| Fluoranteno                                       | mg/L                         | 0,001               | 0,001          | 0,001     | 0,001                              | 0,001     |
| Bifenilos Policlorados                            |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Bifenilos Policlorados (PCB)                      | mg/L                         | 0,000014            | 0,000014       | 0,000014  | 0,00003                            | 0,00003   |
| PLAGUICIDAS                                       |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Organofosforados                                  |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Malatión                                          | mg/L                         | 0,0001              | 0,0001         | 0,0001    | 0,0001                             | 0,0001    |
| Paratión                                          | mg/L                         | 0,000013            | 0,000013       | 0,000013  | **                                 | **        |
| Organoclorados                                    |                              |                     |                |           |                                    |           |
| Aldrin                                            | mg/L                         | 0,000004            | 0,000004       | 0,000004  | **                                 | **        |
| Clordano                                          | mg/L                         | 0,0000043           | 0,0000043      | 0,0000043 | 0,000004                           | 0,000004  |
| DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)                 | mg/L                         | 0,000001            | 0,000001       | 0,000001  | 0,000001                           | 0,000001  |
| Dieldrin                                          | mg/L                         | 0,000056            | 0,000056       | 0,000056  | 0,0000019                          | 0,0000019 |





ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 31 de Octubre

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JUAN RAMON GONZALES QUISPE

Dirección: Av. BOLIVIA 554 Dpto. 308

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72121926

Teléfono: 916753169 email: jg\_che@hotmail.com

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

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: GRADO DE EUTROFIZACIÓN DE AGUAS DE LAS INMEDIACIONES DE LAS ISLAS FLOTANTES  
DE LOS UROS DEL LAGO TITICACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): fósforo, nitrógeno, Lago Titicaca, islas flotantes, estado trófico.

¿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 ☒ Título ☐ 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

31 de Octubre

Fecha