

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Determinación de microorganismos considerados
indicadores biológicos de eutrofización en la laguna
Huacracocha Huancayo en el período abril a
septiembre del año 2019**

Stephanie Delia Escobar Cayetano

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

M. Sc. Olga Vadimovna Kostenko

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a la Universidad Continental, por brindarme una formación de calidad en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día y que hasta el día de hoy me ayudó a concluir mi tesis. A mis padres, por su ayuda, comprensión, paciencia y cariño incondicional. A Ángel Rojas por ser quien me motivo constantemente a seguir adelante durante el desarrollo de este proyecto.

De igual forma agradezco a la M. Sc. Olga Vadimovna Kostenko quien, con su experiencia, conocimientos, sus valiosas sugerencias y observaciones me guío para poder concluir este trabajo de investigación. Al Dr. Leonardo Orduña Gutiérrez, por la enseñanza y apoyo que me brindó durante los análisis en laboratorio y la identificación de especies de fitoplancton. Les estaré siempre agradecida.

A mis amigas Judith y Petra, por enseñarme lo que es una verdadera amistad, por ser mi compañía durante toda mi etapa universitaria, en mi corazón nuestra amistad seguirá siempre viva.

Finalmente agradezco a todos los catedráticos que me brindaron sus conocimientos y me guiaron durante los cinco años de educación.

DEDICATORIA

A mi madre, Haydeé por darme el ejemplo de valentía y lucha ante los problemas, amor a su familia y su consagración con el trabajo, quien influyó en mi formación personal, fuiste tú quien me dio mi más valiosa lección.

A mi padre, Oscar por siempre creer en mí, y demostrarme su amor y apoyo infinito, en todo momento.

A Ángel, por siempre desear lo mejor para mi vida y estar presente con su ayuda y amor durante el desarrollo de este proyecto.

A mi familia quienes con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante, sin esperar nada a cambio.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| PORTADA | i |
| ASESOR..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT | x |
| INTRODUCCIÓN..... | xi |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1.2. Formulación del problema | 3 |
| 1.2. Objetivos | 4 |
| 1.2.1. Objetivo general | 4 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 4 |
| 1.4. Hipótesis y variables..... | 6 |
| 1.4.1. Hipótesis de investigación | 6 |
| 1.4.2. Hipótesis nula..... | 6 |
| 1.4.3. Operacionalización de las variables..... | 6 |
| CAPÍTULO II..... | 8 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos | 8 |
| 2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis | 12 |

| | | |
|---------------------------------|--|----|
| 2.2. | Bases teóricas | 14 |
| 2.2.1. | Fundamentos teóricos y metodológicos de la investigación | 15 |
| 2.2.2. | Modelo teórico de la investigación | 30 |
| 2.3. | Definición de términos | 31 |
| CAPÍTULO III..... | | 36 |
| 3.1. | Método, tipo y nivel de la investigación..... | 36 |
| 3.1.1. | Métodos de la investigación..... | 36 |
| 3.1.2. | Tipo de la investigación | 37 |
| 3.1.3. | Nivel de la investigación | 37 |
| 3.2. | Diseño de la investigación | 37 |
| 3.3. | Población y muestra | 38 |
| 3.3.1. | Población..... | 38 |
| 3.3.2. | Muestra | 38 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 39 |
| 3.4.1. | Técnicas de recolección de datos..... | 40 |
| 3.4.2. | Instrumentos de recolección de datos..... | 43 |
| CAPÍTULO IV | | 46 |
| 4.1. | Resultados de la investigación..... | 46 |
| □ | Especies indicadoras de eutrofización | 47 |
| 4.1.1. | Prueba de hipótesis..... | 51 |
| 4.2. | Discusión de resultados..... | 57 |
| CONCLUSIONES | | 59 |
| RECOMENDACIONES..... | | 60 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 61 |
| ANEXOS..... | | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01. Estado oligotrófico..... | 17 |
| Figura 02. Estado mesotrófico..... | 18 |
| Figura 03. Estado eutrófico..... | 18 |
| Figura 04. Flujograma general de la investigación..... | 30 |
| Figura 05. Puntos de muestreo en la Laguna Huacracocha..... | 39 |
| Figura 06. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el primer punto..... | 49 |
| Figura 07. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el segundo punto..... | 50 |
| Figura 08. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el tercer punto..... | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 01. Operacionalización de las variables del estudio..... | 7 |
| Tabla 02. Especies de fitoplancton correspondientes a cada nivel de eutrofización..... | 21 |
| Tabla 03. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de <i>Navicula</i> sp..... | 23 |
| Tabla 04. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de <i>Desmodesmus communis</i> .. | 24 |
| Tabla 05. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de <i>Euglena</i> sp..... | 25 |
| Tabla 06. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de <i>Amphipleura</i> sp..... | 25 |
| Tabla 07. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de <i>Cryptomonas ovata</i> | 26 |
| Tabla 08. Coordenadas de los puntos de muestreo en la Laguna Huacracocha..... | 39 |
| Tabla 09. Parámetros evaluados y metodología aplicada..... | 40 |
| Tabla 10. Especies de fitoplancton seleccionadas como bioindicadores..... | 42 |
| Tabla 11. Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la Laguna Huacracocha, en los meses de mayo y septiembre 2019..... | 46 |
| Tabla 12. Densidades de especies seleccionadas como indicadoras de eutrofización..... | 48 |
| Tabla 13. Concentración total de especies seleccionadas durante la primera y segunda visita a la Laguna Huacracocha..... | 51 |
| Tabla 14. Prueba de normalidad Shapiro – Wilk..... | 52 |
| Tabla 15. Interpretación de los diversos valores que puede asumir el coeficiente de Pearson..... | 54 |
| Tabla 16. Resultados de la correlación de Pearson..... | 55 |
| Tabla 17. Valores P de la prueba de correlación de Pearson..... | 56 |

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue identificar los microorganismos que pueden ser considerados como bioindicadores de calidad de agua de la Laguna Huacracocha y permitan determinar el grado de eutrofización. El tipo de investigación es básica con un diseño no experimental - longitudinal. Para poder seleccionar a las especies fitoplanctónicas que permitan determinar el grado de eutrofización de la laguna Huacracocha, primero se realizó una revisión de información elaborada por diferentes autores a nivel internacional y nacional, lo cual permitió tener una base sólida y facilitar dicha selección, posteriormente se realizaron las visitas a la Laguna Huacracocha considerando las épocas de estiaje y lluvia para la obtención de muestras representativas, tanto para los análisis de los indicadores físicos de calidad de agua (pH, OD, TDS, Conductividad eléctrica, turbidez y temperatura), como para los indicadores biológicos (fitoplancton) y finalmente se registraron los datos obtenidos. La elección de los microorganismos indicadores de eutrofización de la laguna Huacracocha, tuvo importante apoyo por parte de la bibliografía referida, es gracias a esta que se determinaron las condiciones ambientales a las que estas especies son capaces de sobrevivir. Siendo así que la especie *Navicula* sp., responde al aumento de nutrientes en el agua, multiplicándose de forma agresiva en comparación a *Cryptomonas ovata*, que logra sobrevivir en condiciones bajas de nutrientes, lo que muestra que en condiciones de eutrofia esta no tendría desarrollo. *Desmodesmus communis*, también presenta anomalías en su distribución y abundancia siendo esta directamente proporcional a la cantidad de nutrientes que se encuentren en el cuerpo de agua que lo alberga. Para el caso de *Euglena* sp., su desarrollo depende de la cantidad de luz que ingrese a la columna de agua, lo que indicaría que las aguas turbias no favorecerían su crecimiento. Finalmente, para el caso de *Amphipleura* sp., esta logra su óptimo desarrollo en aguas de pH neutro, moderadamente oxigenadas, y baja conductividad.

Palabras clave: Laguna Huacracocha, pH, OD, TDS, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura, eutrofización, fitoplancton.

ABSTRACT

The objective of this research was to identify the microorganisms that can be considered as bioindicators of the water quality of the Huacracocha Lagoon and allow determining the degree of eutrophication. The type of research is basic with a non-experimental -longitudinal design. In order to select the phytoplanktonic species that allow determining the degree of eutrophication of the Huacracocha lagoon, a review of the information prepared by different authors at the international and national level was first carried out, which allowed for a solid basis and to facilitate said selection, later on, They made the visits to the Huacracocha Lagoon considering the periods of low water and rain to obtain representative samples, both for the analysis of the physical indicators of water quality (pH, OD, TDS, electrical conductivity, turbidity and temperature), as for biological indicators (phytoplankton) and finally the data obtained were recorded. The choice of microorganisms that indicate eutrophication in the Huacracocha lagoon had significant support from the referenced bibliography, thanks to which the environmental conditions that these species are capable of surviving were determined. Thus, the *Navicula* sp. species responds to the increase in nutrients in the water, multiplying aggressively compared to *Cryptomonas ovata*, which manages to survive in low nutrient conditions, which shows that in eutrophic conditions it would not have development. *Desmodesmus communis* also presents anomalies in its distribution and abundance, being this directly proportional to the quantity of nutrients found in the body of water that houses it. In the case of *Euglena* sp. its development depends on the amount of light entering the water column, which would indicate that cloudy waters would not favor its growth. Finally, in the case of *Amphipleura* sp. it achieves its optimal development in waters with neutral pH, moderately oxygenated, and low conductivity.

Key words: Huacracocha Lagoon, pH, OD, TDS, electrical conductivity, turbidity, temperature, eutrophication, phytoplankton.

INTRODUCCIÓN

El uso de bioindicadores para determinar la calidad del medio ambiente ha ido tomando fuerza al paso de los años, éstos han permitido observar el impacto de las actividades antropogénicas sobre los ecosistemas y su desarrollo durante largos periodos.

Estudios como el de Gaufin y Tarzwell, determinaron la validez del uso de seres bióticos propios de arroyos para conocer la calidad de agua en Cincinnati - Ohio. Los autores mencionan que un gran número de individuos, la baja diversidad de especies y la presencia de individuos que sobreviven con pocas cantidades de oxígeno disuelto, indican contaminación ¹.

Con respecto a estudios en Latinoamérica, Jiménez en el año de 1980, usaron la composición y distribución del fitoplancton y zooplancton como indicador de calidad de agua; para demostrar que el cuerpo de agua en estudio, conserva sus características biológicas normales, comparando sus resultados con estudios similares hechos en la misma zona. Se demostró que las densidades de fito y zooplancton tienen una relación directa con las condiciones hidrográficas y la temperatura del agua. A menor temperatura, menor concentración, siendo la más resaltante la concentración de cocolitofóridos 1.2×10^5 cel/mL, siendo relacionada con un estado oligotrófico ².

Bonilla demostró que las variaciones cuantitativas y cualitativas del plancton reflejan los cambios en la dinámica biológica del agua, la influencia del ingreso de las diferentes masas de agua tanto cálidas como frías, al cuerpo de agua en estudio (océano pacífico), modificaban la distribución y la composición de la comunidad planctónica. Evidenciando que la especie *Navícula* sp. y su concentración promedio de 3142 cel/L, era propia de un estado del agua oligotrófico ³.

Con relación a estudios en cuerpos loticos, Pedraza y Donato estudiaron el río Tolán ubicado en Colombia utilizando la diversidad del fitoplancton con respecto a los periodos de estiaje y lluvias. Resaltando que en épocas de estiaje la contaminación del agua es magnificada por la escasez de agua. Encontrando así que la especie *Rhoicosphenia abbreviata*, permaneció constante durante todo el periodo de estudio, la especie *Melosira varians* fue propia de la época seca mientras que la especie *Reimeria sinuata* corresponde a la época de lluvia ⁴.

En las lagunas altoandinas ubicadas en el departamento de Pasco - Perú, se realizó una investigación sobre la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicador de calidad de agua por Baylón, Roa y Tito en 2018. En este estudio se utilizaron a las diatomeas como bioindicadoras de calidad ya que sus floraciones eran frecuentes en el agua afectada por el incremento de nutrientes producto de la minería. Logrando relacionar la cantidad de diatomeas con el estado eutrófico del agua ⁵.

Trasladando este contexto a nuestro ámbito local, el uso de bioindicadores de calidad ambiental, es muy poco desarrollado para ecosistemas altoandinos, desaprovechando el potencial que tienen para describir la calidad de agua. La laguna Huacracocha es uno de los ecosistemas altoandinos y fuente de agua más importantes para la ciudad de Huancayo, ya que actualmente aporta con un 62.62 % al agua que discurre por el río Shullcas, para el abastecimiento de agua potable de la ciudad ⁶. Por este motivo requiere de cuidados que ayuden a la preservación de la calidad y cantidad del agua de la laguna.

Por lo cual, se planteó problema general de la presente investigación: ¿Qué microorganismos pueden ser considerados como bioindicadores de calidad de agua y permiten a determinar el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín, al año 2019?

En el capítulo I, se presenta el planteamiento y formulación del estudio, los objetivos, las hipótesis, la descripción de las variables y finalmente la justificación e importancia del proyecto de investigación, esta es una parte sustancial del proyecto ya que es aquí donde se describe que se va a estudiar y el motivo de estudio.

En el capítulo II, se muestra la recopilación de información tanto de artículos científicos, como tesis, guías y noticias, a nivel internacional, nacional y regional. Posteriormente se muestran las bases teóricas las cuales conducen a mostrar la importancia del agua, los niveles de estado trófico del agua, y un típico caso de contaminación de agua, la eutrofización. Finalmente se muestran una relación de definiciones de términos básicos, para ayudar a una mejor comprensión del proyecto de investigación.

En el capítulo III, se hará mención a la metodología usada en el proyecto de investigación, a su vez explicará la forma de obtención de datos tanto en campo como en laboratorio, a partir de análisis físicos del agua y el conteo e identificación de las especies de fitoplancton encontradas, para posteriormente realizar una comparación con lo

mencionando por otros autores, y buscar una relación lógica y coherente entre lo teórico y lo real.

En el capítulo IV, se describen los resultados, en base a los objetivos planteados, los cuales van enfocados a identificar los microorganismos que pueden ser considerados como bioindicadores de calidad de agua en la Laguna Huacracocha, a través de la determinación de la estructura fitoplanctónica de la Laguna Huacracocha, la identificación de especies representativas de los diferentes estados tróficos de lagunas altoandinas y la selección de las especies representativas de la laguna Huacracocha que pueden indicar eutrofización.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La calidad del agua viene siendo definida por la clase de uso al que esta direccionada, esta depende tanto de factores naturales, como de la acción humana. Al paso de los años con el crecimiento poblacional, el desarrollo acelerado de industrias, el cambio climático y el cambio del ciclo hidrológico, ha ido aumentando la preocupación por el deterioro de la calidad de agua, considerándose actualmente como un problema mundial ⁷.

Estadísticas presentadas en el Informe Mundial de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos para el año 2018, muestran que la demanda mundial de agua está alrededor de 4.600 km³/año y se prevé que aumente en un 20 % y un 30 %, es decir de entre 5.500 a 6.000 km³/año para el 2050, lo que indica que una gestión óptima del recurso hídrico es necesaria y urgente ⁸.

El principal problema relacionado con la calidad de agua es la eutrofización, que es el aumento de nutrientes en el agua, y afecta sustancialmente su uso. Esto a la vez, disminuye la cantidad de agua

disponible para el consumo humano, y la hace inservible para su uso como conservadora de ecosistemas ⁹.

Las causas de la eutrofización están asociadas a factores antropogénicos como naturales, las cuales pueden incidir directa e indirectamente en el cuerpo de agua, entre las fuentes directas incluyen el flujo de aguas residuales, la intensificación de la ganadería, el consumo de combustibles fósiles, el incremento en el uso de fertilizantes y abonos, y fuentes indirectas como el crecimiento económico, la globalización, entre otros ¹⁰.

Al haber aumento en la concentración de nutrientes, estas sirven de alimento para múltiples organismos propios del cuerpo de agua afectado, entre ellos el fitoplancton cuyas poblaciones crecen exponencialmente, induciendo a impactos ecológicos sanitarios y económicos a escala regional y local ¹¹. A su vez provoca un enturbiamiento que impide la penetración de la luz al fondo, los organismos fotótrofos no puede realizar sus actividades metabólicas lo que provoca su muerte, por lo que la producción de oxígeno disminuye y los organismos descomponedores como las bacterias anaerobias, consumen el oxígeno restante, creando un sistema anóxico ¹⁰.

Algunos de los ecosistemas más vulnerables a los efectos de la eutrofización, son las lagunas y los lagos, debido a que estos cuerpos al considerarse de naturaleza léntica no cuentan con una corriente continua y esto dificulta la renovación de oxígeno y favorece el crecimiento constante de especies vegetales hasta llegar incluso a puntos de desaparición total del agua ¹².

A nivel internacional en el año 2011, el lago Margéjü tvenkinys, ubicado en Alemania fue impactado por el exceso de *Cylindrospermopsis raciborskii*, una especie de cianobacteria de agua dulce potencialmente tóxica, esta se propagaba rápidamente por todo el cuerpo de agua debido a las condiciones óptimas para su desarrollo; sobresaliendo entre estas, la alta temperatura del agua a causa del cambio climático y la cantidad de nutrientes gracias a los efluentes que se vertían directamente en el lago. Esta especie invasora llegó a dañar a la salud humana y la salud ambiental. Situación que fue abordada y que actualmente viene siendo gestionada ¹³.

A nivel nacional, en el año 2017 las lagunas: Lacsacocha, Yanamate, Quiulacocha, Milpo Andina y Huaroncocha, ubicadas en el departamento de Pasco, presentaron anomalías en su calidad de agua, debido a descargas de aguas procedentes de la minería, la cual afecto tanto a la población a la flora y fauna de la zona, después de realizar los análisis correspondientes se determinó un alto nivel de eutrofización, altas concentraciones de metales pesados en el agua, y la presencia de la especie de fitoplancton *Nitzschia* sp., especie considerada potencialmente tóxica, siendo este un problema importante que puede conllevar con daños a ecosistemas acuáticos y continuar con los problemas a la salud humana ⁵.

En contexto con lo mencionado anteriormente, se confirma que los lagos alto andinos son sistemas de agua dulce sensibles a modificaciones antrópicas, más que ningún otro ecosistema ¹⁴.

Una de las muchas lagunas altoandinas con las que cuenta Perú es la laguna Huacracocha, laguna de origen pluvial, ubicada en el centro poblado de Acopalca, provincia de Huancayo, región Junín, está viene siendo perjudicada por el cambio climático y ganadería, presentando problemas en la calidad de agua, sufriendo la degradación del su medio y modificación del funcionamiento de sus ecosistemas ¹⁵.

En tal caso, notando la gravedad del problema y la necesidad de una adecuada gestión a los recursos hídricos de nuestra región, decidí investigar la presencia de bioindicadores de calidad de agua en la laguna Huacracocha, con el propósito de proporcionar información sobre las condiciones actuales de la laguna desde un plano hidrobiológico.

1.1.2. Formulación del problema

A. Problema general:

¿Existen bioindicadores que ayuden a determinar el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín, al año 2019?

B. Problemas específicos:

- ¿Qué organismos son los más representativos en el agua de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019?
- ¿La presencia de determinadas especies y sus densidades corresponden a características del grado oligotrófico, mesotrófico o eutrófico del agua?
- ¿Se puede utilizar solo indicadores biológicos para determinar la calidad de agua de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Identificar a través de microorganismos considerados bioindicadores, el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín en el año 2019.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el cuerpo de agua, considerando los parámetros físicos relacionados con el desarrollo de fitoplancton de la Laguna Huacracocha.
- Determinar la estructura de la comunidad fitoplanctónica mediante observación microscópica de la Laguna Huacracocha.
- Seleccionar las especies representativas considerados como bioindicadores de eutrofización en la Laguna Huacracocha mediante la revisión literaria, el análisis cualitativo y cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica.

1.3. Justificación e importancia

Diversos estudios han sido elaborados con el propósito de determinar la calidad de agua usando indicadores biológicos: estos métodos, mencionados por primera vez en el siglo XX, utilizaron especies propias de los cuerpos de agua afectados, para conocer a través de su composición la calidad de agua ¹⁶. De modo que, los organismos tomados como indicadores se adaptaban a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia mientras que otros no, por lo que eran denominados sensibles ¹⁷.

A lo largo de la historia, el uso de los bioindicadores fue evolucionando, a mediados de los años 50 se proponen métodos biológicos para determinar la calidad de agua. En el año 1960 el concepto “diversidad de especies” fue agregado basándose en índices matemáticos. Posteriormente la Unión Europea mencionó que la indicación biológica es el núcleo del sistema de monitoreo y calidad de agua, hasta llegar a los últimos 30 años, donde ya se desarrollaron al menos 100 diferentes índices. (60% biológicos, 30% diversidad y 10% sapróbicos) ¹⁶.

La eutrofización es un problema ambiental altamente perjudicial para un ecosistema acuático ¹⁰. Diversas organizaciones y personas están interesadas en evaluar el bienestar de ecosistemas del planeta utilizando especies que funcionan como bioindicadores, desde análisis con peces, macroinvertebrados, flora acuática hasta el uso de bacterias, hongos y plancton. Siendo este último muy eficaz debido a su capacidad de describir de manera temprana las alteraciones que podrían afectar negativamente a poblaciones, especies o ecosistemas ¹⁸. Es así como el plancton y su potencial como indicador de calidad de agua fue desarrollándose al paso del tiempo, siendo actualmente uno de los métodos más utilizados para análisis hidrobiológicos debido a que son sencillos de recolectar, son de fácil aplicabilidad y su análisis da resultados casi inmediatos ¹⁸.

Para el caso de la Laguna Huacracocha, se tomaron a las especies: *Navicula* sp., *Cryptomonas ovata*, *Desmodesmus communis*, *Euglena* sp. y *Amphipleura* sp., debido a que estas responden de manera significativa a cambios en el medio en la que habitan, como el cambio de pH, la disminución de oxígeno disuelto, el aumento de turbidez y nutrientes en el agua, siendo estos a su vez, indicadores puntuales de eutrofización ¹⁹. También posee un valor académico, práctico y económico, porque hasta el momento no existen estudios previos enfocados a las alteraciones de los grados de eutrofización (oligotrófico, mesotrófico y eutrófico), utilizando bioindicadores propios de la laguna, sumando a esto, los resultados del trabajo de

investigación beneficiarán a las poblaciones que utilizan el agua de la laguna, debido a que este trabajo de investigación colabora con el cumplimiento del numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú que establece el derecho de toda persona, a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida ²⁰ y a las especies que dependen de sus aguas para sobrevivir como aves migratorias, insectos y especies bentónicas, que tienen un importante valor ecológico ⁶.

Finalmente, la importancia del presente trabajo de investigación, radica en demostrar la validez del fitoplancton como indicador de contaminación en cuerpos de agua lénticos; dada su interacción con el agua por su breve ciclo de vida, su rápida respuesta a cambios ambientales, su pequeño tamaño, presentar algunos géneros tolerantes a concentraciones tóxicas de metales pesados y su gran abundancia que hacen de esta, una herramienta fundamental en estudios de calidad del agua ²¹.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H1: Mediante la observación y el conteo de microorganismos seleccionados como bioindicadores, se determinará el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.

1.4.2. Hipótesis nula

H0: Mediante la observación y el conteo de microorganismos seleccionados como bioindicadores, no se determinará el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.

1.4.3. Operacionalización de las variables

Para la correcta comprensión de las variables implicadas en el trabajo de investigación, fue necesario establecer sus definiciones, los indicadores, instrumentos y unidades de medida con los que se evaluaron como se muestra en la tabla 01 presentada a continuación.

Tabla 01. *Operacionalización de las variables del estudio.*

| Variable | Tipo de Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | Instrumento | Escala valorativa |
|------------------------|------------------|--|-------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------|
| Indicadores biológicos | Independiente | Organismos con la capacidad de detectar perturbaciones o variaciones en los cuerpos de agua ya sean lóticos o lénticos. Pueden presentar cambios en su taxonomía, distribución y composición de colonias y son comúnmente usados para determinar la calidad del agua | Fitoplancton | Densidad e identificación de especies | Sedimentación y observación en microscopio | ind/L |
| | | | | Oxígeno disuelto (OD) | Oxímetro | ≥6 mg/L |
| Grado de eutrofización | Dependiente | Fenómeno generado por el exceso de nutrientes en el agua, generado ya sea por el cambio climático o por la actividad antropogénica. | Estándar de Calidad Ambiental | Temperatura | Multiparámetro | Δ3 |
| | | | | Conductividad eléctrica | Multiparámetro | 1600 μS/cm |
| | | | | Sólidos disueltos totales (TDS) | Turbidímetro | 1000mg/L |
| | | | | Turbidez | Turbidímetro | < 5 UNT |
| | | | | pH | Multiparámetro | 6,5 -8,5 |

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

El artículo científico titulado “Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como Indicadores de la Calidad del agua en Lagunas Altoandinas del departamento de Pasco (Perú)” elaborado por Baylón y otros, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en lagunas Altoandinas de la Región Pasco contaminadas con relaves mineros, tomando como referencia, la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton como indicador alternativo de la calidad del agua. El artículo conduce a mostrar que las comunidades de fitoplancton son muy sensibles a cambios fisicoquímicos del agua. Por lo cual sirven como indicadoras de calidad al observar cambios en la composición y abundancias de especies que ocurren en determinado espacio y tiempo. El trabajo de investigación, utilizó trabajos desarrollados por Komárek y Anagnostidis, Komárek, Streble y Krauter, Whitford y Schumacher, para la identificación de especies, y el uso de la cámara de conteo de Sedgewick - Rafter para la lectura en el microscopio y conteo de fitoplancton, se observó cómo resultados la presencia de la especie *Nitzschia* sp. con densidades entre 889 a 6563 org/L, *Achnanthes* sp. de entre 1875 a 1950 org/L, *Pinnularia* sp. con 625 org/L y finalmente *Navicula* sp. con 114 org/L, también se

encontraron valores de conductividad eléctrica de hasta 5200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y valores de pH entre 2 a 6.4 lo cual no cumplía con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El estudio concluyó, que una alta concentración de metales pesados en el agua, tales como el cadmio, plomo y zinc afectan a la diversidad de especies fitoplanctónicas, que algunos parámetros físicos como la conductividad eléctrica y el pH influyen de forma significativa en la composición y abundancia de fitoplancton. Por último, nos muestra que la especie *Nitzschia* sp. es resistente a condiciones ambientales críticas como aguas con pH ácido y presencia de metales ⁵.

El artículo científico “Utilización del Fitoplancton como bioindicador en una laguna urbana (Gualeguaychú)”, desarrollado por Gianello y otros, cuyo objetivo fue establecer la calidad de agua de la laguna del Parque Unzue, utilizando a la comunidad fitoplanctónica como bioindicador y determinación de parámetros físico - químicos y bacteriológicos. La investigación conduce a mostrar que hay especies biológicas que caracterizan determinados estados de contaminación del agua, entre ellos el fitoplancton. La metodología utilizada relacionó la identificación de especies de fitoplancton a través del uso de un microscopio y la guía taxonómica de Langhans y el índice Carlson que usa la transparencia del agua determinada con el disco Secchi, clorofila a y fósforo total (Pt). Los resultados arrojaron un estado eutrófico de la laguna todo el año, y la presencia de los géneros de fitoplancton: *Phacus* sp., *Scenedesmus* sp., *Closterium* sp., *Nitzschia* sp., *Spirulina* sp., *Gomphonema* sp., *Fragilaria* sp., *Sellaphora* sp., *Pinnularia* sp., *Aulacoseira* sp., *Reimeria* sp., *Surirella* sp., *Diploneis* sp., *Pediastrum* sp., *Chlorella* sp., *Coeleastrum* sp., *Mougeotia* sp., *Staurastrum* sp., *Navícula* sp., *Eudorina* sp., *Tetrastrum* sp., *Crucigenia* sp., *Euglena* sp., *Traechelomonas* sp., *Leponcinclis* sp. y *Microcystis* sp. los cuales indicarían eutrofización en el agua. El estudio concluyó, que los géneros, *Pediastrum* sp., *Scenedesmus* sp., *Euglena* sp., *Chlorella* sp., *Navícula* sp. y *Pinnularia* sp., son especies resistentes a la contaminación debido a que se presentaron durante todo el año de estudio ²².

En el artículo científico de Escobar, Terneus y Yáñez, titulado “El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas:

Análisis de caso”, tuvo como objetivo determinar la calidad de agua del río Guayabamba ubicado en Quito – Ecuador para el año 2014 mediante el uso de fitoplancton. Mencionan que el uso de agroquímicos y fertilizantes para cultivos de árbol de tomates y frejol influyen en el deterioro de la calidad del río que tiene un alto potencial para el consumo humano. La metodología utilizada se basó en la identificación de especies con apoyo en claves taxonómicas de especialistas reconocidos a nivel mundial como: Anagnostidis y Komárek, Anton y Duthie, Bourelly, Carter, entre otros, y un análisis de los parámetros físico - químicos para el uso del Índice de Calidad de Agua (ICA). Los resultados mostraron que el agua analizada tiene una buena calidad para ser utilizada en riego, notándose la gravedad de contaminación por materia orgánica en solo un punto de los cuatro tomados, siendo las especies indicadoras de este evento: *Closterium* sp., *Nitzschia* sp., *Oscillatoria* sp., *Gomphonema* sp., *Melosira* sp. y *Synedra* sp. La investigación concluye demostrando una relación directa entre la actividad del hombre y sus residuos con una calidad pésima de agua, por lo cual las zonas no influenciadas por el uso de agroquímicos presentan una calidad óptima y esta presenta a: *Amphora* sp., *Anabaena* sp., *Cosmarium* sp., *Cymbella* sp., *Lyngbya* sp., *Oedogonium* sp., *Pinnularia* sp., *Spirogyra* sp., *Surirella* sp., *Trachelomona* sp., *Habrotrocha* sp., especies de fitoplancton que indicarían buena calidad de agua

El artículo científico de López denominado “*El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en la DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña. España)*”, tuvo como objetivo analizar la variación de la calidad del agua y de la comunidad fitoplanctónica del lago artificial As Pontes desde 2009 hasta el 2014. La investigación procede a mostrar la utilidad de la composición de la comunidad fitoplanctónica durante la determinación de calidad de agua. La metodología utilizada se basó en la búsqueda de una relación entre la comunidad fitoplanctónica encontrada en el área de estudio, y el estado trófico del cuerpo de agua. Se realizaron análisis cuantitativos de fitoplancton utilizando el método UTERMÖHL, los análisis cualitativos se realizaron con la ayuda de un microscopio y la revisión de claves taxonómicas y monografías de: Förster, Geitler, Hindák, Huber- Pestalozzi, Hustedt, John et al., Komárek y Anagnostidis, entre otros. Finalmente, para poder realizar la comparación mencionada

anteriormente se utilizó el Índice TSI o el Índice de estado trófico de Carlson el cual toma en cuenta la concentración de clorofila a, fósforo total y la transparencia del agua medida con el disco de Secchi. Los resultados arrojaron que especies como *Aphanocapsa* sp. y *Merismopedia tenuissima* están relacionadas con la concentración elevada de fósforo, las especies *Melosira* sp., *Aulacoseira* sp. y *Navicula* sp. aumentaron su concentración cuando el Lago As Pontes aumentaba su volumen gracias a portes de ríos cercanos con signos de contaminación, la especie *Tabellaria flocculosa* al presentarse sólo con 0.4 cel/mL durante todo el tiempo de muestro comprobó que es indicadora de estados oligotróficos a mesotróficos dentro de un cuerpo de agua, finalmente la concentración total de fitoplancton fue de 622.72 cel/mL valor que ubica a la calidad de agua en un estado mesotrófico. La investigación concluye que la comunidad fitoplanctónica es muy sensible a cambios en la dinámica del agua y que la variabilidad climática es el factor más influyente en el desarrollo de esta, por lo cual es de gran utilidad como bioindicador de eutrofización ²⁴.

En artículo científico de Vélez, Lozano y Cáceres, que tiene como título “*Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú*”, cuyo objetivo fue determinar las características físicas del agua, y determinar su calidad en base a la diversidad de microalgas y cianobacterias. Nos conduce a mostrar que algunas especies de fitoplancton son capaces de sobrevivir a condiciones ambientales con altos índices de contaminación y otras que no, por lo cual se consigue una relación de especies fitoplanctónicas por nivel de contaminación o eutrofización de cuerpos de agua. La metodología utilizada relacionó la medición de parámetros físicos con un multiparámetro portátil HANNA HI 98128 y la identificación de especies de fitoplancton con apoyo en claves taxonómicas de Acleto y Zúñiga, Bicudo y Menezes, para las microalgas, Komárek y Anagnostidis, y plataformas virtuales como National Center for Biotechnology Information (NCBI) y AlgaeBase. Los resultados arrojados por la investigación mencionan que la división *Bacillariophyta* presentó la mayor riqueza específica con un 72 %, siendo los géneros dominantes *Navicula*, *Fragilaria*, *Nitzschia* y *Synedra*. El proyecto de investigación concluye que la diversidad de microalgas y cianobacterias en cursos de agua es importante para conocer el impacto

antropogénico causado por el vertimiento de residuos sólidos y desagües domésticos al agua, sumando a esto, reconoce que una alta concentración de fitoplancton, pero con una baja diversidad, lo que demuestra síntomas de contaminación de agua ²⁵.

Comba realizó la investigación titulada “Las cianobacterias como indicadores de la calidad de agua en el Embalse de Betania (Cuenca alta del río Magdalena)”, de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, que tuvo como objetivo establecer a través de la abundancia y composición, la utilidad de las cianobacterias en la valoración de las condiciones ambientales en el embalse de Betania con el fin de proponer su uso como bioindicadoras de la calidad del agua. El trabajo de investigación aporta con una metodología apropiada para la identificación de fitoplancton utilizando claves taxonómicas elaboradas por Sant’Anna y Azevedo, Komarek y Anagnostidis y el método de conteo por epifluorescencia. Dentro de los resultados se identificó a las especies de fitoplancton *Aulacoseira* sp., *Pediastrum* sp., *Ceratium* sp., *Cilindrospermopsis* sp., *Anabaena* sp., *Synechococcus* sp., *Microcystis* sp., los cuales son capaces de sobrevivir en ambientes con una alta carga orgánica debido a las actividades de piscicultura, ganadería y agricultura que se desarrollan en la zona de estudio. Se concluyó que el embalse en mención tiene un estado eutrófico, y la presencia de una especie altamente toxica, que atentaba contra varios ordenes tróficos afectando tanto a productores primarios como a consumidores de niveles superiores *Microcystis* sp. ²⁶

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

La tesis de investigación presentada por Sánchez titulada “*Relación entre los niveles de eutrofización y la presencia de algas en el Río Tunal y Río Durango*”, del Instituto Politécnico Nacional unidad de Durango, tuvo como objetivo determinar la relación entre los niveles de eutrofización y la composición de grupos de algas en el Río Tunal y Río Durango. Este proyecto asoció el nivel de eutrofización hallado mediante análisis químicos (nitratos, fosfatos y compuesto amoniacales) con la presencia de

ciertas especies de cianobacterias. La metodología utilizada para la medición de la concentración de amoníaco fue a través de la fotometría, la concentración de nitratos y fosfatos fueron calculados con un equipo de cromatografía iónica, finalmente se utilizó el índice de eutrofización por nutrientes de Karydis, para clasificar cada punto de muestreo en un determinado nivel de eutrofia. En cuanto al análisis cualitativo del fitoplancton se utilizó un microscopio y las claves taxonómicas de Van Den Hoek, Wehr, Sheath y Bellinger. Para el análisis cuantitativo se usó la cámara Neubauer. Los resultados indicaron que los ríos Tunal y Durango no son aptos para un desarrollo óptimo de organismos acuáticos debido a que el amoníaco estaba presente con concentraciones de hasta 2.7 mg/mL, valores que sobrepasan lo recomendado. Para la concentración de especies fitoplanctónicas se presentó un valor máximo de 1007500 ind/mL, y grupos de fitoplancton identificados como *Cyanophytas*, *Euglenophytas* y *Chlorophytas*. El estudio concluye demostrado que el cuerpo de agua estudiado es eutrófico y que especies como *Bacillariophyta* y *Cyanophytas* responden positivamente al aumento de nutrientes en el agua además tener un alto potencial tóxico ²⁷.

Sumando a esta línea de investigación, se tiene a la tesis elaborada por Olivares titulada "Abundancia y distribución de cianobacterias (*Microcystis* sp., *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp.) en el lago de Ilopango, El Salvador", de la Universidad El Salvador de Centro América. Se planteó describir la relación entre la abundancia y diversidad del fitoplancton con los parámetros fisicoquímicos en el lago Ilopango. La metodología utilizada para la identificación de especies de cianobacterias fue la observación en microscopio y la revisión de los textos como el Manual on aquatic cyanobacteria, el Manual de cianobacterias planctónicas de Uruguay y el catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas, las densidades fueron calculadas gracias al uso de la cámara de conteo Sedgwick – Rafter, además se realizó la medición de parámetros como la temperatura, pH, el cual se realizó *in situ* con la ayuda de un equipo multiparámetro, para la transparencia de agua se usó un disco Secchi, para el nitrógeno total el método Macro - Kjeldahl (volumetría) y para el fósforo total se utilizó el método de la colorimetría. Los resultados demostraron que existe una relación directamente

proporcional entre la cantidad de nutrientes en el agua y las densidades de cianobacterias que oscilan entre los valores de 5.7 cel/mL hasta los 413 cel/mL dependiendo del punto del que fueron extraídos, ya que las actividades como la agricultura y ganadería afectaban directamente a algunos puntos por el arrastre de residuos que estos dejaban. Finalmente, el proyecto concluye que especies fitoplanctónicas como *Microcystis* sp. puede ser tomada como un excelente bioindicador ya que esta puede sobrevivir tanto en época de lluvia como en época de estiaje y que el nitrógeno total afecta significativamente al desarrollo de la especie *Oscillatoria* sp.²⁸

En el trabajo de investigación desarrollado por Peraza titulado “Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba)” del Centro de Investigaciones Marinas, de la Universidad de la Habana, presenta como objetivo el comparar el estado trófico del ecosistema del embalse con la diversidad y abundancia del fitoplancton. El trabajo de investigación utilizó literatura especializada como Bicudo y Menezes, Bourrelly, Comas, Croasdale et al., Ettl, entre otros, e informes con fotografías de fitoplancton para la identificación de especies. El conteo se realizó a través de una cámara de sedimentación de Utermohl, método de conteo manual semejante al método de la cámara Neubauer, el nivel trófico se halló con el coeficiente trófico “Qco” de Höhne, Klose y Gnauk, que socia a través de una fórmula el número de cianobacterias, cianoprocaritas, euglenoficeas y desmideaceas. Los resultados demostraron el estado hipereutrófico del agua, una alta concentración de fitoplancton (50000 cel/mL), encontrándose los géneros indicadores de este evento, *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*, *Synura*, y *Dinobryon*. Las conclusiones mencionan que la variación temporal en la composición hacia especies típicas de sistemas eutróficos y la disminución de la riqueza de especies estaría indicado el incremento del estado trófico de un ecosistema, además éstas confirmaron la influencia de la temperatura y el oxígeno disuelto en el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica³⁰.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos y metodológicos de la investigación

A. Lagunas altoandinas:

Las lagunas altoandinas son aquellos cuerpos de agua lénticos que se ubican por encima de 3500 msnm y poseer una temperatura media no mayor a los 14°C, estas se alimentan de otros ríos, arroyos y también gracias a la precipitación y tienen poco movimiento de agua puesto que están estancadas ³¹.

- Clasificación de lagunas altoandinas:

- i. Laguna glaciar:

Estos lagos son el resultado de la intensa dinámica climática y geológica que ha modelado la Península Ibérica. Su génesis está directamente ligada a la dinámica glaciar del Pleistoceno. Durante los periodos de mayor extensión glaciar, la presión glacioestática ejercida por las grandes masas de hielo sobre el terreno por el que discurrían, especialmente en las zonas en que se produce una disminución de la pendiente, produjeron depresiones denominadas cubetas de sobre excavación glaciar. Con el retroceso de las masas de hielo, estas cubetas se transforman en áreas lacustres receptoras de aguas procedentes del deshielo de glaciares y neveros superiores ³².

- ii. Laguna pluvial:

Este tipo de lagunas son el resultado de la acumulación de agua de las precipitaciones. Muchas de ellas tienen su origen de forma natural y por acción antropogénica van aumentando su capacidad de embalse ⁶.

- iii. Laguna Huacracocho:

Laguna pluvial ubicada en el centro poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, provincia de Huancayo, región Junín.

B. Contaminación de agua:

La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc. alterando la calidad del agua. Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente ³³.

- Eutrofización:

La eutrofización consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de más nutrientes, y también de materia orgánica, que alteran temporalmente las condiciones de equilibrio, induciendo desviaciones en las características del sistema, en su composición biótica y en su sucesión ³⁴. El proceso de eutrofización tiene consecuencias, una de estas es que conduce gradualmente al incremento de la productividad general del ecosistema acuático. A su vez, esto provoca la reducción de la biodiversidad, crecimiento desmedido de plantas acuáticas, malos olores por falta de oxígeno, mortandad de especies, un deterioro general de la calidad de agua y la dominancia progresiva de ciertas especies oportunistas ²⁸. El fitoplancton reacciona de manera muy particular ante casos de eutrofización, al formar floraciones o “blooms” de microalgas principalmente por los grupos *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cryptophyceae*, *Chrysophyceae*, *Euglenophyceae* y *Bacillariophyceae*. Las floraciones pueden ocurrir en la superficie o a profundidades específicas de la columna de agua y pueden ser favorecidas por determinadas condiciones ambientales como el pH, la temperatura y exceso de nutrientes. Si la producción de biomasa planctónica excede a su consumo, este se acumula

llegando en muchas situaciones a cambiar el color del agua, disminuir su transparencia y a su vez la diversidad de especies ³⁵.

C. Estado trófico:

El estado trófico es el peso total del material biológico (biomasa) en un cuerpo de agua, en un lugar y tiempo específico ¹¹.

- **Oligotrófico:**

Este estado es característico de lagos y embalses cuyas aguas son “pobres en nutrientes y contienen bajos niveles de fósforo, lo que conlleva a que se limite la producción biológica, esto significa que existe una menor proliferación de algas; además contienen bajas concentraciones de clorofila-a, tienden a tener aguas claras lo que hace que penetre la luz con facilidad, existe suficiente oxígeno por todo el año para apoyar al desarrollo del fitoplancton y otros organismos acuáticos” ³⁶.



Figura 01. Estado oligotrófico.

Fuente: Moreno et. al. ³⁷.

- **Mesotrófico:**

Estado característico de lagos y embalses cuyas aguas poseen “una cantidad moderada de nutrientes, y que por consiguiente

genera una mayor productividad y desarrollo de organismos. Se caracteriza por tener una cantidad mediana de plantas acuáticas y agua moderadamente claras”³⁶.

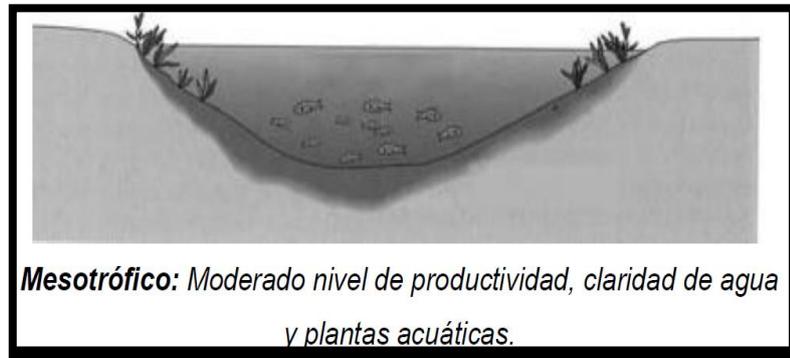


Figura 02. Estado mesotrófico.

Fuente: Moreno et. al.³⁷.

- Eutrófico:

Estado característico de lagos y embalses cuyas aguas poseen “una cantidad excesiva de nutrientes que facilitan el desarrollo y proliferación de algas y fitoplancton, se caracteriza por poseer aguas turbias y bajos niveles de oxígeno disuelto”³⁶.



Figura 03. Estado eutrófico.

Fuente: Moreno et. al.³⁷.

D. Indicadores de eutrofización

- Indicadores físicos:
 - Temperatura: es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos, tiene gran influencia sobre los organismos acuáticos, modificando sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas ³⁸. Se ha determinado que 17 °C es el valor umbral de temperatura por encima del cual se dispara el crecimiento de fitoplancton ¹³.
 - Oxígeno disuelto: está relacionado directamente con la densidad y diversidad del fitoplancton, si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, esta especie junto con otros organismos no pueden sobrevivir ³⁹. Para mantener una óptima calidad de agua para el desarrollo del fitoplancton requiere una concentración de oxígeno disuelto no menor de 4 a 8 mg/L ⁴⁰.
 - Turbidez: el fitoplancton posee características eco fisiológicas que ayuda a su supervivencia de acuerdo al ambiente en el que habita, algunas especies tienen la capacidad de crecer en un amplio gradiente de intensidad lumínica (baja turbidez) o tolerar intensidades de luz muy bajas (alta turbidez) ¹³. Las masas de agua con cantidades grandes de vida planctónica tienen un nivel de turbidez entre 10 a 30 UNT ⁴¹.
 - Potencial de hidrógeno (pH): su valor determina la supervivencia de algunas especies de fitoplancton, existen especies que habitan aguas muy ácidas con valores entre el rango de 2.0 a 4.0, como *Nitzschia* sp. y *Cymbella* sp., a su vez existen también especies que sobreviven en aguas alcalinas con valores de hasta 8.3 tales como *Staurstrum* sp., *Pediastrum* sp. y *Gomphonena acuminatum*. Por lo que el pH no es un parámetro que inhiba el crecimiento y desarrollo del fitoplancton ⁵.

- Conductividad eléctrica: su valor está altamente relacionado con la comunidad fitoplanctónica; se ha demostrado que valores de conductividad eléctrica por encima de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ afectan la composición y abundancia de fitoplancton ⁵.
- Sólidos disueltos totales: su valor puede ser determinado midiendo la conductividad eléctrica, por lo que sus valores están relacionados, ya que aquellos sólidos que se ionizan aumentan la conductividad eléctrica del cuerpo natural involucrado ⁴². Por consiguiente, a mayores cantidades de sólidos disueltos totales menor será la abundancia y diversidad del fitoplancton ⁵.
- Indicadores químicos:
 - Fosfatos: el fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos, su falta puede implicar la inhibición de algunas especies acuáticas entre ellas el fitoplancton. Los vertidos contaminados, o con alto contenido en fosfatos, pueden dar lugar al desarrollo de organismos fotosintéticos acuáticos en concentraciones problemáticas ⁴⁸. Se ha determinado que valores por encima de los 0.8 mg/L indican que el cuerpo de agua está atravesando un proceso de eutrofización ⁴⁴.
 - Nitratos: el incremento de concentración en las aguas de este compuesto se produce eminentemente en zonas de producción agrícola, también por vertidos de aguas residuales y excrementos animales en zonas de ganadería; este compuesto ayuda al crecimiento acelerado de la comunidad fitoplanctónica ⁴⁵. Se ha determinado que valores por encima de los 2.0 mg/L indican que el cuerpo de agua está atravesando un proceso de eutrofización ⁴⁴.
- Indicadores biológicos:

- Fitoplancton: es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua, la mayoría vive sin movimiento, suspendidos y a merced de los movimientos del agua ⁴⁶. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. El tamaño de los organismos que componen el fitoplancton es: picoplancton (0.2-2 μm), nanoplancton (2-20 μm), microplancton (20-200 μm) y mesoplancton (200-2 000 μm), siendo algunos de estos organismos potencialmente tóxicos ⁴⁷. Estos organismos se caracterizan por ser sensibles a los cambios fisicoquímicos en su medio ambiente, estas a través de su composición, dominancia y abundancia pueden deducir el grado de contaminación en un determinado tiempo y espacio ⁵. Diversas investigaciones basadas en demostrar la validez del fitoplancton como indicador de eutrofización, mencionan que este microorganismo a través de la presencia o ausencia de sus diversas especies describen el nivel de eutrofia del cuerpo de agua en el que habitan ^{5, 25} y densidades mayores a 1500 ind/L es característico de cuerpos de agua eutrofizados ²². Se obtuvo información sobre las especies representativas en cada nivel de eutrofización (oligotrófico, mesotrófico y eutrófico), basados en sus límites de tolerancia a la contaminación en cuerpos de agua dulce, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 02. *Especies de fitoplancton correspondientes a cada nivel de eutrofización.*

| Especie | Nivel de eutrofización |
|------------------------|------------------------|
| <i>Aulacoseira</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Melosira</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Nitzschia</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Denticula</i> sp. | Oligotrófico |

| | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| <i>Bacillaria</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Eunotia</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Fragilaria</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Navicula</i> sp. | Mesotrófico |
| <i>Tabellaria</i> sp. | Oligotrófico - Mesotrófico |
| <i>Coelastrum</i> sp. | Mesotrófico |
| <i>Desmodesmus communis</i> . | Oligotrófico |
| <i>Closterium</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Staurastrum</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> | Oligotrófico |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | Oligotrófico - Mesotrófico |
| <i>Asterionella formosa Hassall</i> | Oligotrófico |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> | Mesotrófico |
| <i>Trachelomonas armata</i> | Oligotrófico |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> | Oligotrófico |
| <i>Pinnularia</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Oscillatoria</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Trachelomona</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Euglena</i> sp. | Oligotrófico |
| <i>Anabaena</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Mallomonas</i> sp. | Eutrófico |
| <i>Amphipleura</i> sp. | Oligotrófico - Mesotrófico |
| <i>Phacus</i> sp. | Mesotrófico |
| <i>Pediastrum</i> sp. | Oligotrófico - Mesotrófico |

Fuente: elaboración propia.

Especies de fitoplancton seleccionadas como bioindicadores de eutrofización.

- *Navicula* sp.: pertenecientes a la clase *Bacillariophyceae* o también llamadas diatomeas, son organismos fotosintéticos eucariotas, principalmente acuáticos, unicelulares, desempeñan un papel importante en la ecología global, produciendo aproximadamente una cuarta parte de todo el oxígeno dentro de la biosfera de la Tierra, a menudo sirviendo como especies clave en la cadena alimentaria de muchos entornos donde proporcionan un alimento básico para las dietas de muchas especies acuáticas ⁵⁴. Manifiesta su capacidad como bioindicador al multiplicarse de manera agresiva en condiciones eutróficas ²⁵. Viven en su mayoría en sistema de agua dulce con rangos ambientales especificado en la tabla siguiente.

Tabla 03. *Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de Navicula sp.*

| | |
|---------------------------|------------------|
| Rango de profundidad (m) | De 0 a 210 m |
| Rango de temperatura (°C) | De – 2 a 29 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | De 1.154 a 9.116 |
| pH | De 5 a 7 |

Fuente: Enciclopedia de vida de Ramírez y Plata: Diatomeas periféricas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Santurbán, norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales ⁵⁶.

- *Desmodesmus communis*: género perteneciente a la clase *Chlorophyceae* o también llamadas algas verdes por el brillante color de sus cloroplastos, son productores de clorofila, poseen carotenos y xantofilas, son no-móviles, generalmente se agrupan formando colonias de 4 células ⁵⁷. Manifiesta su capacidad como bioindicador de forma general a través de su densidad, es decir mostraría un buen crecimiento en cuerpos de agua con mayor cantidad de

nutrientes y un bajo crecimiento en cuerpos oligotróficos ⁵⁸. Viven en sistemas de agua dulce con rangos ambientales especificados en la tabla siguiente.

Tabla 04. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de *Desmodesmus communis*.

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Rango de profundidad (m) | De 0 a 20 m |
| Rango de temperatura (°C) | De 5 a 25 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | De 0.50 a 9.0 |
| pH | De 7 a 8 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | Hasta 2800 |

Fuente: Hernández y Labbé: Microalgas, cultivo y beneficios ⁵⁹. Méndez, Albarracín y otros: Crecimiento de *Scenedesmus quadricauda* en efluentes cloacales de la ciudad de Trelew, Chubut, Argentina ⁶⁰. Mercado Tupiño: Cultivo de la microalga *Scenedesmus Obliquus var. Dimorphus* (TURPIN) para la obtención de biomasa y lípidos ⁶¹. Pérez, Vega y otros: Uso de *Scenedesmus* para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales para la industria textil ⁶².

- *Euglena* sp.: género perteneciente a la clase *Euglenophycidae*, son organismos que pueden contener numerosos cloroplastos en forma de lente o aplanados, la mayoría de las especies son unicelulares muy móviles, de tamaño y forma variable, viven en aguas oxigenadas y con poca materia orgánica, al ser un organismo que hace fotosíntesis requiere de un hábitat con una óptima exposición a la luz solar ⁶³. Manifiesta su capacidad como bioindicador gracias a su necesidad de cantidades óptimas de oxígeno disuelto y luz solar para su supervivencia, es decir en cuerpos de agua con una turbiedad alta y baja concentración de oxígeno disuelto (cuerpos eutrofizados), estas especies no sería capaz de sobrevivir ⁶⁴. *Euglena* puede habitar tanto en agua dulce como salada, sin embargo, se encuentran con mayor frecuencia en estanques, arroyos y lagos. Los rangos ambientales en los que se desarrolla óptimamente se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 05. *Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de Euglena sp.*

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Rango de profundidad (m) | De 0 a 40 m |
| Rango de temperatura (°C) | De 10 a 17 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | De 2.2 a 12.6 |
| pH | De 6 a 8 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | Hasta 110 |

Fuente: Vincés, Chacón y Popovici: Contribución al conocimiento de las algas unicelulares de las lagunas de bioestabilización en San Juan, Lima ⁶⁵. Catalán: Agregados de algas en la superficie del agua (Delta del Llobregat) ⁶⁶. Seeligmann, Tracanna y otros: Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas lóticos en el noroeste argentino ⁶⁷.

- *Amphipleura sp.*: pertenecientes a la clase *Bacillariophyceae* o también llamadas diatomeas, son organismos fotosintéticos eucariotas, principalmente acuáticos, unicelulares. Viven en la mayoría de sistemas de agua dulce. Las células se presentan aisladas o en colonias, algunas de las cuales son visibles a simple vista ⁶⁸. Manifiesta su capacidad como bioindicador al sobrevivir en ambientes neutros o ligeramente básicos, moderadamente oxigenados y de baja conductividad eléctrica ⁶⁹. Las condiciones ambientales a las que sobrevive se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 06. *Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de Amphipleura sp.*

| | |
|---------------------------------|------------------|
| Rango de profundidad (m) | De 0 a 40 m |
| Rango de temperatura (°C) | De 2 a 29 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | De 1.154 a 9.116 |
| pH | De 6 a 8 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 64 |

Fuente: Enciclopedia de vida, EOL ⁵⁵. Ramírez y Plata: Diatomeas periféricas en diferentes tramos de dos Sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Santurbán, norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales ⁵⁶.

- *Cryptomonas ovata*: pertenecientes a la clase *Cryptophyceae*, es común en hábitats de agua dulce y agua salobre en todo el mundo, las células son generalmente de color marrón o verdoso, son características de tener un surco en forma de hendidura en la parte anterior y sirven de alimento para muchos peces ⁷⁰. Manifiesta su capacidad como bioindicador debido a que necesitan escasas cantidades de nutrientes en el agua para su excelente desarrollo, las densidades de esta especie en cuerpos oligotróficos van desde los 25 ind/L a los 700 ind/L ⁵². Su hábitat presenta rangos ambientales especificados en la tabla siguiente.

Tabla 07. Rangos ambientales para el óptimo desarrollo de *Cryptomonas ovata*.

| | |
|---------------------------------|------------------|
| Rango de profundidad (m) | De 0 a 40 m |
| Rango de temperatura (°C) | De 2 a 29 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | De 1.154 a 9.116 |
| pH | De 6 a 8 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 64 |

Fuente: Hoef, Melkonian: Revisión del género *Cryptomonas* (*Cryptophyceae*) ⁷⁰. Sandgren: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton ⁷¹. Oliva, Rodriguez y otros ⁷².

- Técnicas de análisis de bioindicadores:
 - Análisis cualitativo: Consiste en realizar una identificación de los taxa presentes en la muestra, sin importar su cantidad. Se hacen observaciones al microscopio con lámina y se realizan tratamientos específicos para cada grupo. Se recomienda hacer revisiones completas de cada lámina con un mínimo de 3 a 5 repeticiones por muestra (el número de repeticiones dependerá de la densidad de la muestra). Está complementado con la revisión de material literario especializado, como manuales taxonómicos, catálogos con fotografías, informes microbiológicos, entre otros ⁴⁶.

o Análisis cuantitativo:

- a) Método de la Cámara Neubauer: la cámara de Neubauer, hematímetro o hemocitómetro, es un instrumento de laboratorio que consiste en una placa de vidrio especial grueso. Esta cámara sirve para realizar recuentos de algunos tipos celulares como hematíes, glóbulos blancos y plaquetas, aunque puede ser usado para recuento de esporas, espermatozoides, parásitos, etc. ⁷³. Presenta unas características muy peculiares, consta de 3 zonas, una central para el recuento y dos zonas de soporte. La zona de contaje posee divisiones en forma de cuadrícula, siendo los laterales o esquinas en donde se realiza el contaje de la mayoría de las células (hematíes y leucocitos), mientras que las plaquetas se cuentan en la zona central ⁷⁴.

La cámara de recuento de Neubauer, cuenta con una superficie de 1 mm² y un volumen de 0.1 mm³. Cuenta con un reglaje en su base, las líneas limítrofes son las líneas centrales en grupos de a tres. El milímetro cuadrado localizado en el centro, está formado por 25 grupos cada uno de 16 pequeños cuadrados, cada grupo separado por una triple línea, siendo la del medio el límite, lo que facilita el conteo de esporas, hongos y microalgas, así como eritrocitos y leucocitos ⁷⁵.

$$N^{\circ} \frac{Org}{L} = \frac{1mm^3 \times N}{0.1 mm^3 \times Y} \times FD$$

Donde:

- N = número de individuos contados en el total de zonas de recuento considerados.
- Y = número de zonas de recuento considerados.
- FD = factor de difusión.

b) Método de la cámara Sedgwick – Rafter: para ello, se emplea la placa o cámara del mismo nombre, cuyas dimensiones son de 5 cm de largo por 2 cm de ancho y 1 mm de altura, con capacidad para 1 ml de muestra. El recuento de organismos puede hacerse por campos o por franjas. Se sugiere abarcar el mayor número de campos o franjas para que los resultados sean confiables. Los resultados se dan en número de individuos/mL ⁴⁶. Este método utiliza un microscopio óptico calibrado, y requiere de una limpieza exhaustiva para evitar resultados erróneos ⁷⁶. El recuento se determina según las siguientes ecuaciones:

$$N^{\circ} \text{ Org/L} = \frac{C \times V1}{V2 \times V3}$$

Donde:

- C = organismos contados para cada género.
- V1 = volumen del concentrado (mL).
- V2 = volumen contado del concentrado (mL).
- V3 = volumen de la muestra (L).

También se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de células por mL} = \frac{C \times 1000 \text{ mm}^3}{A \times D \times F}$$

Donde:

- C = número de organismos contados.
- A = Área (cubre objeto) en mm².
- D = profundidad en mm de la cámara de Sedgwick-Rafter.
- F = número de campos contados.

- c) Método de Utermohl: este método utiliza un microscopio invertido que debe estar calibrado y contar con un condensador de apertura número (NA) de 0.5 como mínimo y una guía de identificación e iconografías, adecuadas al estudio. En ocasiones es conveniente el uso de técnicas de microscopia electrónica de barrido (MEB) o de transmisión (MET) para llegar a una correcta clasificación de las especies. Las estrategias de conteo son: recuento por campos ópticos o recuento de toda la cubeta se sedimentación. Posteriormente se procede a la determinación de la concentración de fitoplancton ⁷⁷ según la siguiente ecuación:

$$N = X * [(A * d)/(a * v)]$$

Donde:

- N = número de células en la muestra (cel/mL).
- x = número medio de células por campo/cámara.
- A = área de la cámara.
- v = volumen de muestra sedimentado en la cámara.
- a = área del campo óptico o de la cuadrícula.
- d = factor de dilución o concentración de la muestra.

Otros métodos validos de conteo de algas incluyen a:

- Método de Palmer: empleando la lámina o placa de Palmer, con capacidad para 0,1 mL de muestra. El conteo se realiza empleando objetivos de 40x.
- Método de Lackey (conteo entre lámina y laminilla): la capacidad es de 1/20 mL de muestra (aproximadamente 1 gota de muestra). Este método ayuda a contar nanoplancton (algas muy pequeñas) empleando aceite de inmersión para su visualización (100x) ⁴⁶.

- Criterio de monitoreo:
 - a) Para estudios taxonómicos de fitoplancton se recomienda coleccionar dos veces al año coincidentes a las épocas lluviosas y secas. Según lo mencionado por el Ministerio del Ambiente en asociación con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en su catálogo de métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas ⁴⁶.
 - b) Un adecuado periodo de muestreo de fitoplancton en alta montaña septentrional o meridional de aguas ácidas a básicas requieren de dos a tres muestreos al año considerando época de primavera, verano y otoño, según lo mencionado por la Confederación Hidrográfica del Ebro del Ministerio del Ambiente de España en el protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton ⁷⁷.

2.2.2. Modelo teórico de la investigación

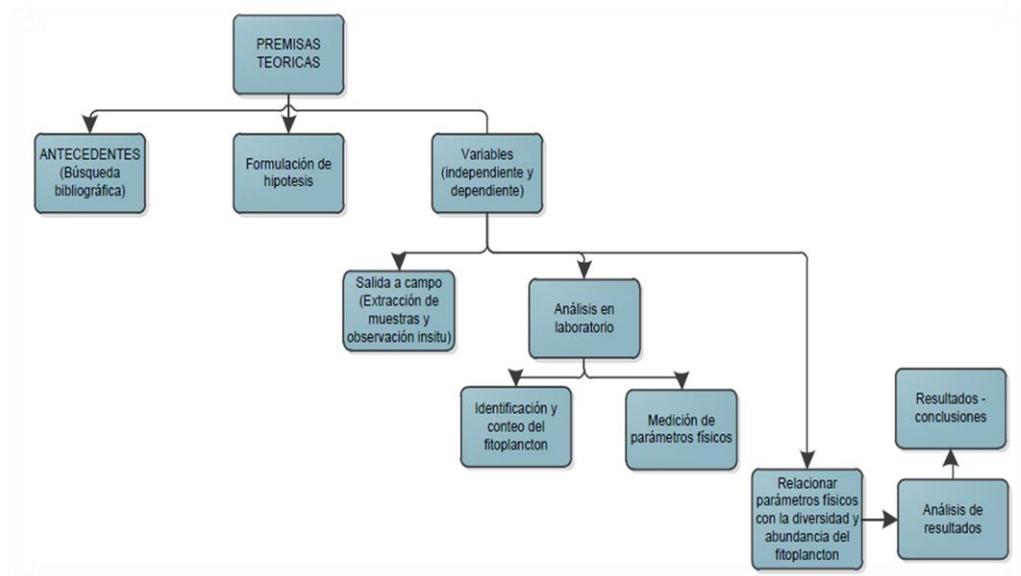


Figura 04. Flujograma general de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Definición de términos

- Altoandina: zona geográfica ubicada en un piso altitudinal por encima de los 3500 msnm por lo tanto pertenecen a las ecorregiones de Puna y Jalca o Páramo ⁶.
- Anóxico: zonas de agua marina, agua dulce o de aguas subterráneas en las que el oxígeno disuelto está agotado. Esta condición se encuentra generalmente en las áreas con un limitado intercambio de agua y con procesos de eutrofización en progreso ⁷⁸.
- Bentónico: organismos que viven en el fondo de un ambiente acuático (lago, laguna, mar entre otros), que se desplazan desde la superficie hasta la zona más profunda ⁴⁶.
- Bioindicador: es una especie vegetal, hongo o animal; o formado por un grupo de especies o agrupación vegetal cuya presencia nos da información sobre ciertas características ecológicas, (físico-químicas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio ⁷⁹.
- Caroteno: los carotenos son pigmentos fotosintéticos importantes para la fotosíntesis, no contienen átomos de oxígeno. Absorben la luz ultravioleta, violeta y azul y dispersan la luz naranja o roja, y en bajas concentraciones la luz amarilla ⁸⁰.
- Cianobacterias: son microorganismos unicelulares y agrupaciones celulares. Poseen núcleo rodeado de membrana y pigmentos fotosintéticos, pueden formar grandes y densas capas sobre la superficie del agua, por ello, disminuyen el valor estético de la misma en ocasiones proporcionan mal olor y sabor, pero al mismo tiempo, proporcionan una buena oxigenación de las aguas donde se encuentran. Algunas especies, producen sustancias de carácter tóxico para el hombre y los animales ⁸¹.
- Cloroplastos: son los orgánulos celulares de los vegetales y algas verdes que se encargan de llevar a cabo la fotosíntesis, se encuentran en los organismos eucariotas, en grandes cantidades y sus tamaños son variables, por lo general son óvalos o esféricos ⁸².
- Concentración: la concentración química determina la proporción de soluto y solvente en una solución química, es la cantidad en que se encuentran las sustancias que se disuelven (soluto) en relación a la o las sustancias que lo disuelven (solvente) ⁸³.

- Conductividad eléctrica: es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él. La conductividad varía con la temperatura (es una de sus características más importante ⁸⁴.
- Comunidad: grupo de poblaciones de diferentes especies que interactúan entre sí y que habitan en una misma área ⁸⁵.
- Contaminación: distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en el agua, suelo o aire, donde puede causar efectos adversos al ambiente o a la salud ³³.
- Contaminante: cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del agua, suelo o aire, o que cuya concentración exceda la del nivel del fondo, susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente ³³.
- Densidad: es la propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad, alude a la relación que existe entre la masa de una sustancia (o de un cuerpo) y su volumen ⁸⁶.
- Diatomeas: son algas unicelulares, constituyen el fitoplancton son importante en la alimentación de diversos organismos, actualmente se conocen más de 200 géneros de diatomeas. Dada sus características se sostiene que son las únicas algas verdaderas al no presentar estructuras propias del reino animal ⁸⁷.
- Diversidad biológica: variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie y los patrones naturales que conforma ⁸⁸.
- Época de lluvia, creciente o avenida: periodo del año coincidente con las máximas lluvias, caracterizado por el aumento del caudal del río. Comprende para la mayoría de cuencas hidrográficas en el Perú los meses de diciembre a abril ⁴⁶.
- Época de estiaje o vaciante: periodo del año caracterizado por la disminución de las precipitaciones pluviales y disminución de los niveles de agua de los ambientes acuáticos, siendo más evidente en la mayoría de cuencas hidrográficas en el Perú entre los meses de junio a setiembre ⁴⁶.

- Especie: conjunto de individuos que viven en una misma área, con características físicas comunes, igual número de cromosomas, y que pueden reproducirse y tener crías fértiles. El conjunto de individuos de la misma especie constituye la población ⁴⁶.
- Eucariota: el nombre de célula eucariota es aquel que se aplica a todas las células de un organismo vivo que poseen una membrana que las recubre y protege del ambiente exterior, pero especialmente por tener un núcleo celular definido y delimitado también dentro de la célula por una capa protectora o membrana nuclear ⁸⁹.
- Eutrofización: es el proceso de contaminación más importante de las aguas en lagos, balsas, ríos, embalses, etc. Este proceso está provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad del hombre ⁹⁰.
- Fitoplancton: es un plancton vegetal, son microalgas que obtienen su energía y nutrientes a través de la energía solar por el proceso conocido como fotosíntesis y por ello, casi siempre se encuentran cerca de la superficie del agua. El fitoplancton constituye el primer eslabón de la cadena alimenticia de los sistemas acuáticos ⁹¹.
- Fosfatos: son la forma más habitual de encontrar el fósforo en agua. Los podemos encontrar en solución, en forma de partículas o incluso en los organismos acuáticos. El origen de dicha presencia puede ser muy variado, se añaden en algunos tratamientos de aguas, o como caso más habitual es en forma de aditivo a detergentes para el lavado de la ropa o limpieza en general y en la agricultura a través del uso de fertilizantes o abonos ⁴³.
- Fotótrofo: organismo capaz de sintetizar macromoléculas, a partir de intermediarios sencillos, empleando la energía luminosa ⁹³.
- Fotosíntesis: es un proceso físico-químico por el cual plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunos protistas como diatomeas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera ⁹³.
- Léntico: cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir. Comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua; es decir, aguas estancadas sin ningún flujo de corriente, como los lagos, las lagunas, los esteros y los pantanos ⁹⁴.

- Lótico: cuerpos de agua en el cual el movimiento del agua es predominantemente en una dirección, siguiendo el curso que tenga el cuerpo, afectado por factores físicos como: pendiente, caudal, profundidad, sinuosidad, entre otros ⁹⁵.
- Nitratos: El nitrato (NO_3) es una forma de nitrógeno. Es una parte natural del suelo y de las aguas subterráneas, que resulta intensificado por la actividad antropogénica como el uso de fertilizantes o la aplicación de estiércol de ganado ⁹⁶.
- Oxígeno disuelto: Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para cuerpos de agua saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua o cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal ³⁹.
- pH: El pH del agua mide su grado de acidez o alcalinidad. La escala de valores es de 0 a 14 unidades de pH. El pH inferior a 7 representa a las aguas ácidas y el pH superior al valor de 7 son básicas ⁹⁷.
- Plancton: engloba un grupo de organismos que viven tanto en agua marina como en agua dulce, demasiado pequeños, que viven en la zona pelágica de los cuerpos de agua, dentro de este grupo incluimos organismos como las bacterias, algunos tipos de algas, de crustáceos o de moluscos; en su mayoría se requiere de un microscopio para poder verlos ⁹¹.
- Producción primaria: producción de materia orgánica a partir de materia inorgánica, usualmente por fotosíntesis ⁴⁶.
- Riqueza de especies: es el número de especies diferentes, en una comunidad particular ⁴⁶.
- Sólidos disueltos totales: es la medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular también se puede decir que es la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua, en medidas más pequeñas de 2 micrones y no pueden ser removidos por un filtro tradicional ⁹⁸.
- Taxón: Un taxón es un grupo de organismos asociado a un conjunto de atributos que determinan la pertenencia de esos organismos a ese grupo, son organismos con rasgos similares ⁹⁹.
- Taxonomía: Ciencia que clasifica organismos biológica, sistemática y de manera jerarquizada ⁴⁶.

- Toxinas: toda sustancia tóxica de origen biológico que provoca una intoxicación en un organismo. Generalmente, se refiere a aquellas sustancias procedentes de microorganismos que desencadenan una respuesta inmunitaria ¹⁰⁰.
- Temperatura: es una propiedad de la materia que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, que se expresa en términos de sensación de calor, siendo medible a través de un termómetro ¹⁰¹.
- Turbidez: es la medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua ¹⁰².
- Zona pelágica: el ambiente o dominio pelágico es el formado por las aguas libres que no están en contacto con el fondo. Esta masa de agua se ha compartimentado en sentido vertical y en sentido horizontal ¹⁰³.
- Xantofilas: la xantofila o xantófila es un pigmento fotosintético secundario que pertenece al grupo de los carotenoides, son compuestos pigmentados que se encuentran de forma natural en muchas plantas y algas, presentan también acción foto -sintética. Estos pigmentos, más resistentes a la oxidación que la clorofila, proporcionan a las hojas secas sus tonos amarillentos y parduzcos ¹⁰⁴.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

Para esta investigación se utilizó el método científico, donde se plantea como objetivo describir sucesos específicos y responder preguntas formuladas previa observación del fenómeno de interés, de forma sistematizada y de esta manera verificar la veracidad o falsedad de un estudio ¹⁰⁵.

El método científico, para que sea considerado como tal, debe tener dos características: debe poder ser reproducible por cualquier persona en cualquier lugar y debe poder ser refutable, pues toda proposición científica debe ser susceptible de poder ser objetada ⁶.

A) Método general o teórico de la investigación:

El método de general usado fue de análisis debido a que realizo un estudio cuidadoso y detallado de los componentes planteados en nuestra investigación, para conocer sus características y la relación entre ellos ¹⁰⁶.

B) Método específico de la investigación:

Los métodos específicos utilizados en el siguiente trabajo de investigación fueron cuatro: en primer lugar, la observación directa ya que se realizaron visitas a la zona de estudio para el reconocimiento adecuado, en segundo lugar, la investigación documental, ya que se necesitó información similar, para poder realizar comparación de resultados. En tercer lugar, la elaboración de información, a partir de datos obtenidos de las mediciones *in situ* y en laboratorio de los parámetros físicos y biológicos, finalmente se usó la generación de conocimiento a través análisis y comparación de resultados con la bibliografía consultada ¹⁰⁷.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es básica, debido a que el presente estudio tiene como finalidad aumentar los conocimientos teóricos que se tienen hasta el momento sobre el uso de bioindicadores para la determinación de calidad de agua en lagos altoandinos ¹⁰⁸.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del presente estudio, es explicativo ¹⁰⁹.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es No experimental, debido a que en el presente estudio se basa fundamentalmente en la observación de variables en su entorno natural y no son manipuladas deliberadamente. A su vez el diseño es longitudinal, ya que las variables fueron estudiadas a lo largo de un periodo de tiempo en concreto ¹¹⁰ en este caso de abril a septiembre del presente año.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población considerada para el proyecto de investigación fue la comunidad fitoplanctónica del agua de la Laguna Huacracocha.

3.3.2. Muestra

Para el caso del presente estudio se tomaron tres muestras no probabilísticas considerando los criterios básicos para la selección de puntos de muestreo establecidos por los Laboratorios CHARLIEG de Ciencia, Tecnología e Ingeniería, los cuales son la accesibilidad a la zona de muestreo, la representatividad de la muestra y la seguridad para las personas que realizan el muestreo ¹¹¹ y lo mencionado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en su Protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton, el cual establece de 3 a 6 puntos de muestreo en lagunas con superficies mayores a 50 hectáreas, para realizar un muestreo representativo ⁷⁷.

Las muestras se obtuvieron con la ayuda de un brazo metálico, un recipiente adherido en uno de sus extremos, un balde mediano y una soguilla. Las muestras fueron compuestas por otras tres sub muestras obtenidas a diferentes radios (5m, 3m y en la orilla), en cada punto de muestreo tanto para análisis de agua como para la recolección de sedimento. Por razones de accesibilidad a la zona no se tomaron muestras del centro de la laguna, pero esto no afecta la representatividad ya que la comunidad fitoplanctónica se encuentra muy bien representada en ambientes acuáticos que no poseen corriente (lénticos) en este caso la Laguna Huacracocha ⁴⁶. Se obtuvieron muestras de agua para los análisis cuantitativos y muestras de sedimento para los análisis cualitativos de fitoplancton. Se realizaron dos visitas a la Laguna Huacracocha, considerando la época seca o de estiaje y la época de lluvia ⁷⁷.

- A. Puntos de muestreo: los puntos de muestreo fueron tres en total, debido a que estos fueron los pertinentes de acuerdo a los recursos destinados para esta etapa y cumplen con los criterios básicos de selección de puntos de muestreo mencionados en el ítem 3.3.2. Muestra.

Tabla 08. *Coordenadas de los puntos de muestreo en la Laguna Huacracocha.*

| Punto | | Coordenadas UTM (WGS – 84) | |
|-------|------|----------------------------|---------|
| P1 | 18 L | 489418 | 8667955 |
| P2 | 18 L | 489041 | 8667672 |
| P3 | 18 L | 488274 | 8668016 |

Fuente: elaboración propia.



Figura 05. Puntos de muestreo en la Laguna Huacracocha.

Fuente: Google Maps.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La investigación se realizó en la Laguna Huacracocha, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- a) Se caracterizó el cuerpo de agua, tomando en cuenta los parámetros físicos relacionados con el desarrollo del fitoplancton.
- b) Se identificó la estructura de la comunidad fitoplanctónica correspondiente al cuerpo de agua.
- c) Se seleccionó las especies que sirven como bioindicadores de eutrofización.

- Caracterización del cuerpo de agua:

Se caracterizó la calidad de agua de la Laguna Huacracocha, tomando en cuenta a los parámetros fisicoquímicos relacionados con el desarrollo de los microorganismos bioindicadores de eutrofización ⁷⁷. La caracterización se realizó para constatar las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de fitoplancton y para ayudar a una posterior selección de especies indicadoras de eutrofización. Algunos de los parámetros seleccionados fueron evaluados *in situ* y los demás en el laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental certificado por Bereau Veritas, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 09. *Parámetros evaluados y metodología aplicada.*

| Parámetro | Unidad | Tipo de Envase | Metodología |
|-------------------------|----------------|-------------------|--|
| pH | Unidades de pH | Plástico o vidrio | SM N° 4500 H+ B (Método del electrométrico) |
| Temperatura | °C | Plástico o vidrio | SM 2550 B (Método del termómetro) |
| Conductividad eléctrica | µS/cm | Plástico o vidrio | IDEAM TP0082 (Método de electrométrico - multiparámetro) |

| | | | |
|---------------------------|------|-------------------|--|
| Sólidos disueltos totales | mg/L | Plástico o vidrio | IDEAM TP0083 (Método electrométrico - multiparámetro) |
| Oxígeno disuelto | mg/L | Plástico o vidrio | SM 4500 – OG (Método de la membrana de electrodos) |
| Turbiedad | UNT | Plástico o vidrio | SM N°2130 B (Método de turbidímetro) |

Fuente: elaboración propia.

SM: Método estándar

IDEAM: Método propuesto por el Instituto de hidrología, meteorología, y estudios ambientales, Republica de Colombia.

Posteriormente los valores obtenidos fueron comparados con los estándares de calidad ambiental - ECA (D.S. 004-2017- MINAM), categoría 1: Poblacional y recreacional y apartado A 2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. La medición de los parámetros de campo durante el muestreo se realizó en base al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales ¹¹² aprobado por la Autoridad Nacional del Agua según el Artículo 7º de las disposiciones que establecen los métodos de ensayo aplicables a la medición de los parámetros contenidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (R.M. N°130-2019-MINAM) ¹¹³.

- Estructura de la comunidad fitoplanctónica en la Laguna Huacracocha:

Para determinar la comunidad fitoplanctónica, se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos:

A. Análisis cuantitativos: los datos cuantitativos se obtuvieron mediante el conteo de fitoplancton en laboratorio, usando el método de la cámara de conteo de Neubauer. Para lo cual se tomaron cuatro sub muestras en tubos falcon de 10 mL, se homogenizaron con el propósito de que el sedimento presente este bien distribuido, se colocó la mezcla en la cámara con el uso

de una micro pipeta de 100 a 1000 μ L. Finalmente se contabilizó el fitoplancton en individuos/ml, repitiendo este proceso tres veces para evitar errores de conteo, de acuerdo al ensayo de ecotoxicidad de inhibición del crecimiento de algas de la Universidad Miguel Hernández ¹¹⁴.

B. Análisis cualitativos: los datos cualitativos fueron identificados en base a lo establecido por el protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton de la Confederación hidrográfica del Ebro ⁷⁷. Se utilizó un microscopio y un portaobjetos. Para lo cual se tomaron tres submuestras en tubos falcon de 10 mL, los cuales fueron colocados en la centrifuga con el propósito de separar el sedimento del agua. Posteriormente se colocó el sedimento directamente del tubo falcon al portaobjetos; se procedió con observación y la identificación de fitoplancton utilizando material especializado, complementado con la orientación del Dr. Leonardo Orduña Gutiérrez, docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.

- Selección de especies representativas como bioindicadores de eutrofización:

Para la selección de especies indicadoras de eutrofización en la Laguna Huacracocha se tomó en cuenta a las especies con mayor densidad dentro de las muestras evaluadas ¹¹⁵ y su relación con los estados tróficos de un cuerpo de agua, seleccionando cinco especies de fitoplancton como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 10. *Especies de fitoplancton seleccionadas como bioindicadores.*

| Especie | Fundamento de elección |
|---------------------|---|
| <i>Navicula</i> sp. | Responde de manera agresiva al aumento de nutrientes en el agua, en comparación a otras especies fitoplanctónicas. En condiciones eutróficas su concentración aumenta rápidamente a cantidades superiores a 6000 ind/L. |

| | |
|-----------------------------|---|
| <i>Cryptomonas ovata</i> | Esta diatomea es muy útil como indicadora de eutrofización debido a que esta sobrevive bajo condiciones de escasos o poca cantidad de nutrientes lo que nos indica que, esta no subsistiría en condiciones eutróficas. Su concentración en aguas oligotróficas oscila entre 25 ind/L y 700 ind/L. |
| <i>Desmodesmus communis</i> | Es más sensible a la concentración de nutrientes en el medio, su comportamiento poblacional podría servir como referente de altas y bajas densidades de manera general. Es decir, mostraría un buen crecimiento en los tratamientos con mayores nutrientes y un bajo crecimiento en los oligotróficos. |
| <i>Euglena sp.</i> | Es un protista que posee organelos sensibles a la luz, cuando hay luz este realiza fotosíntesis, cumpliendo así un papel importante dentro de la cadena alimenticia, ya que produce oxígeno y sirve como alimento para especies superiores. En condiciones de eutrofia esta especie no sobreviviría ya que la turbidez del agua perjudicaría su desarrollo. |
| <i>Amphipleura sp.</i> | Sobrevive bajo condiciones ambientales, donde el pH muestra valores entre 7 a 7.8, el oxígeno disuelto promedio de 8.6 mg/L y conductividad eléctrica promedio de 64 μ S/cm. Es decir, la especie se encuentra en aguas con un pH neutro, moderadamente oxigenadas, y baja conductividad. |

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

A. Instrumentos, equipos y materiales para la caracterización del cuerpo de agua:

La muestra de agua colectada de forma compuesta fue evaluada in situ y en el laboratorio de ciencias básicas de la Universidad Continental:

- 9 botellas plásticas, rotuladas de medio litro con tapa y contratapa.
- Multiparámetro marca HANNA INSTRUMENTS (fabricación HI8633).
- Oxímetro portátil marca OHAUS (modelo ST300D).

- Turbidímetro marca HANNA INSTRUMENTS (fabricación HI93703).
- Guardapolvo, guantes y mascarilla.
- Fichas de obtención de datos físicos (Anexo 04).

B. Instrumentos, equipos y materiales para la identificación de la estructura fitoplanctónica:

Para el análisis cuantitativo (conteo de fitoplancton):

- Microscopio trinocular de marca EUROMEX Iscope.
- Cámara Naubauer.
- Laminillas porta objetos.
- Laminillas cubre objetos.
- Tubos falcon (10ml).
- Rejilla porta tubos de ensayo.
- Micropipeta.
- Alcohol isopropílico.
- Guardapolvo, guantes, cofia y mascarilla.
- Fichas de obtención de datos biológicos, conteo de especies (Anexo 06).

Para el análisis cualitativo (identificación de especies):

- Microscopio trinocular de marca EUROMEX Iscope.
- Laminillas porta objetos.
- Laminillas cubre objetos.
- Malla con abertura de 10 a 15 μ m.
- Centrifuga de laboratorio.
- Tubos falcon (10 mL).
- Alcohol isopropílico.
- Rejilla porta tubos de ensayo.
- Guardapolvo, guantes, cofia y mascarilla.
- Fichas de obtención de datos biológicos, identificación de especies (Anexo 05).

- El Manual para la identificación y medidas de gestión, Cianobacterias Planctónicas de Uruguay ¹¹⁶.
- Catálogo de Fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Agua de Lastre ⁴⁹.
- Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México ⁴⁷.
- Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador ⁴⁸.
- Plataforma virtual algabasa.

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron validados por juicio de expertos por docentes de la Universidad Continental (Anexo 03).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

- Caracterización de la calidad del agua de la Laguna Huacracocha:

La calidad del agua de la Laguna Huacracocha fue caracterizada en dos momentos, el primero en época de estiaje y el segundo en época de lluvia, los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 11. *Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la Laguna Huacracocha, en los meses de mayo y septiembre 2019.*

| VISITA | PUNTOS DE MUESTREO | pH | TEMPERATURA (°C) | CONDUCTIVIDAD EÉCTRICA (µS/cm) | SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L) | TURBIEDAD (UNT) | OXÍGENO DISUELTTO (mg/L) |
|-------------------------------|---|--------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| PRIMERA VISTA (24/05/2019) | P1 | 7.05 | 11.5 | 0.04 | 20 | 4.74 | 7.61 |
| | P2 | 7.06 | 12.7 | 0.03 | 20 | 6.22 | 8.98 |
| | P3 | 7.63 | 12 | 0.04 | 20 | 5.28 | 8.68 |
| | ECA AGUA (DS. 004 - 2017) MINAM Categoría 1, sub categoría A y apartado A2. | 5.5 - 9.0 | Δ3 | 1600 | 1000 | 100 | ≥5 |
| | Observación | Cumple | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------|------|--------|------|------|--------------|
| SEGUNDA VISITA (12/09/2019) | P1 | 7.4 | 11.5 | 0.04 | 20 | 4.26 | 4.74 |
| | P2 | 7.48 | 10 | 0.04 | 20 | 3.77 | 3.97 |
| | P3 | 7.64 | 9.8 | 0.04 | 20 | 4.9 | 4.72 |
| | ECA AGUA (DS. 004 - 2017) | 5.5 - | Δ3 | 1600 | 1000 | 100 | ≥5 |
| | MINAM Categoría 1, sub categoría A y apartado A2. | 9.0 | | | | | |
| | Observación | | | Cumple | | | No cumple |

Fuente: elaboración propia.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

** : Se entenderá para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente lo determine.

Los valores de la caracterización evaluados en época de lluvia fueron similares a los de la época de estiaje, a excepción del oxígeno disuelto (OD), esta diferencia puede ser atribuida a la baja densidad del fitoplancton durante la segunda fecha de muestreo, ya que el oxígeno disuelto es producto de la actividad fotosintética que realizan estas microalgas, siempre y cuando la disponibilidad de luz solar sea la adecuada ¹¹⁷.

Los rangos ambientales que favorecen al desarrollo del fitoplancton deben de oscilar entre los -2 a 29 °C para la temperatura, entre los 5 a 8.5 para el pH, entre 0.5 a 12 mg/L para el oxígeno disuelto y valores no mayores a los 2800 μS/cm para la conductividad eléctrica ^{55, 56, 65, 70}, lo cual se corrobora en la tabla 10.

- Comunidad fitoplanctónica de la Laguna Huacracocha:

Las especies de fitoplancton pertenecientes a la comunidad fitoplanctónica de la Laguna Huacracocha son: *Melosira varians*, *Amphipleura* sp., *Navicula* sp., *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria flocculosa*, *Mallomonas* sp., *Cryptomonas ovata*, *Coleastrum microporum*, *Desmodesmus communis*, *Euglena* sp., *Pinularia* sp., *Pediastrum* sp., *Closterium* sp., *Staurastrum* sp., *Phacus* sp. y *Asterionella formosa* Hassall, para una mejor comprensión se adjuntan imágenes y características de cada especie (Anexo 02).

- Especies indicadoras de eutrofización:

Las especies seleccionadas como indicadoras de eutrofización, fueron elegidas cuidadosamente, a partir de la recopilación de información de investigaciones similares a nivel mundial, se tomó en cuenta a las especies capaces de sobrevivir en los rangos ambientales que les proporciona la Laguna Huacracocha en su condición de laguna pluvial altoandina y la sensibilidad de cada especie a alteraciones dentro de su hábitat como se menciona en las bases teóricas de la presente investigación. Las muestras obtenidas en ambos periodos de muestreo fueron contabilizadas presentando valores entre 3 a 118 ind/L, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 12. *Densidades de especies seleccionadas como indicadoras de eutrofización.*

| Especie | Primera Visita (24/05/19) | | | Segunda visita (12/09/2019) | | | Descripción |
|-----------------------------|------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----|----|---|
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | |
| | Densidad (ind/L) | | | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. | 110 | 65 | 85 | 40 | 25 | 45 | <i>Navicula</i> a menudo sirve como especie clave en la cadena alimentaria, proporciona un alimento básico muchas especies acuáticas de agua dulce. |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 145 | 75 | 118 | 58 | 35 | 35 | Es común en hábitats de agua dulce en todo el mundo y en las mayores profundidades de los lagos, generalmente de color marrón o verdoso. |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 93 | 103 | 100 | 80 | 65 | 68 | Habitante de estanques y lagos, que se caracteriza por poseer cuatro células unidas y los extremos agudos truncos. |
| <i>Euglena</i> sp. | 10 | 13 | 7.5 | 10 | 20 | 3 | Son células móviles, ovoides-cilíndricas a fusiformes estrechas, Es el género más común distribuido a nivel mundial. Se encuentra en agua de estanques y lagos. |

| | | | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|---|----|----|---|
| <i>Amphipleura</i> sp. | 55 | 45 | 35 | 8 | 15 | 23 | <i>Amphipleura</i> crece en hábitats bentónicos como células individuales o como colonias. Su desarrollo es favorecido en condiciones ambientales determinadas como una conductividad relativamente baja, aguas ligeramente ácidas. |
|---------------------------|----|----|----|---|----|----|---|

Fuente: elaboración propia.

*ind/L = individuos por litro.

Para poder observar las variaciones de las densidades del fitoplancton se realizaron gráficos de barras por cada punto en las dos épocas de muestreo; en el primer punto de muestreo se logra observar una densidad mayor de fitoplancton en mayo (época de estiaje) a excepción de *Euglena* sp., que presenta los mismos valores, como lo muestra la figura 06.

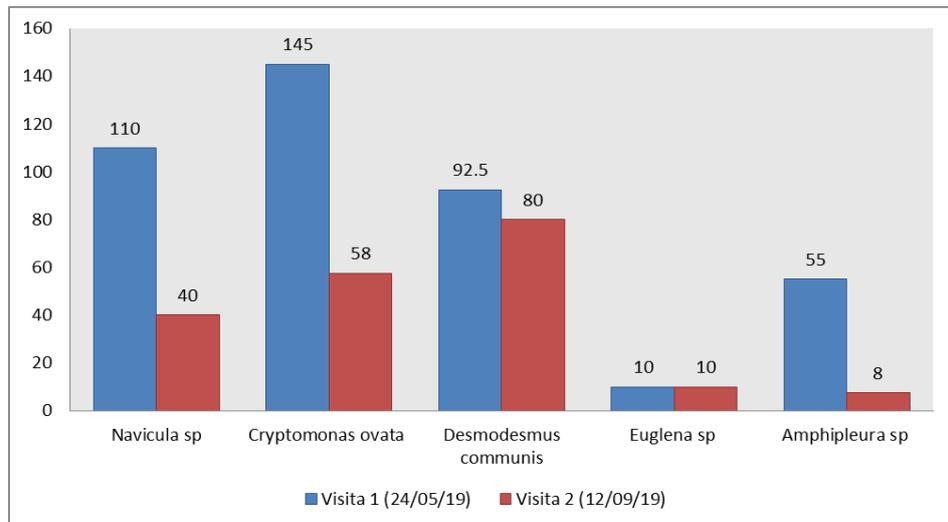


Figura 06. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el primer punto.

Fuente: elaboración propia.

En el segundo punto de muestreo se presentó mayor densidad de fitoplancton en mayo (época de estiaje), a excepción de *Euglena* sp., que presentó densidades mayores en septiembre (época de lluvia), como se muestra en la figura 07.

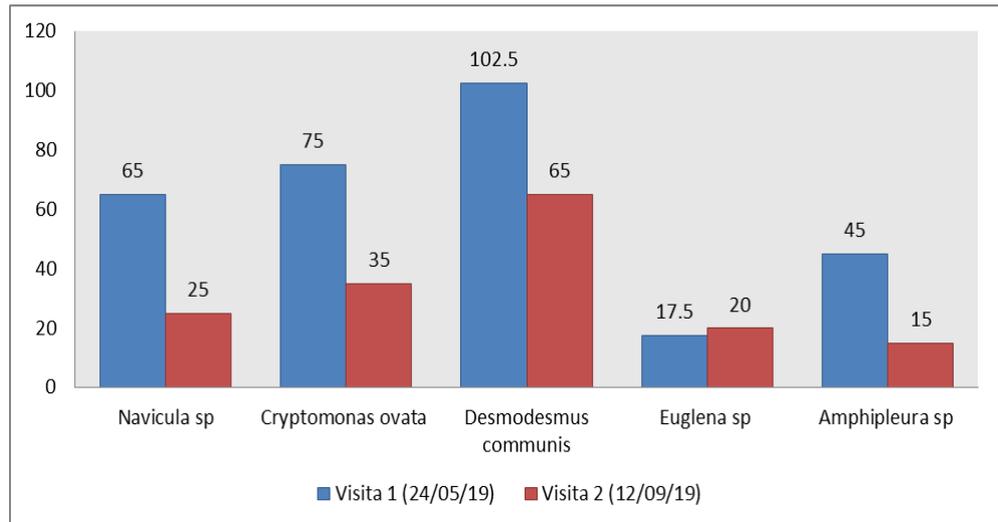


Figura 07. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el segundo punto.

Fuente: elaboración propia.

En el tercer punto de muestreo se presentó mayor densidad de fitoplancton en mayo (época de estiaje), en la totalidad de especies seleccionadas como bioindicadores, esto se puede apreciar en la figura 08.

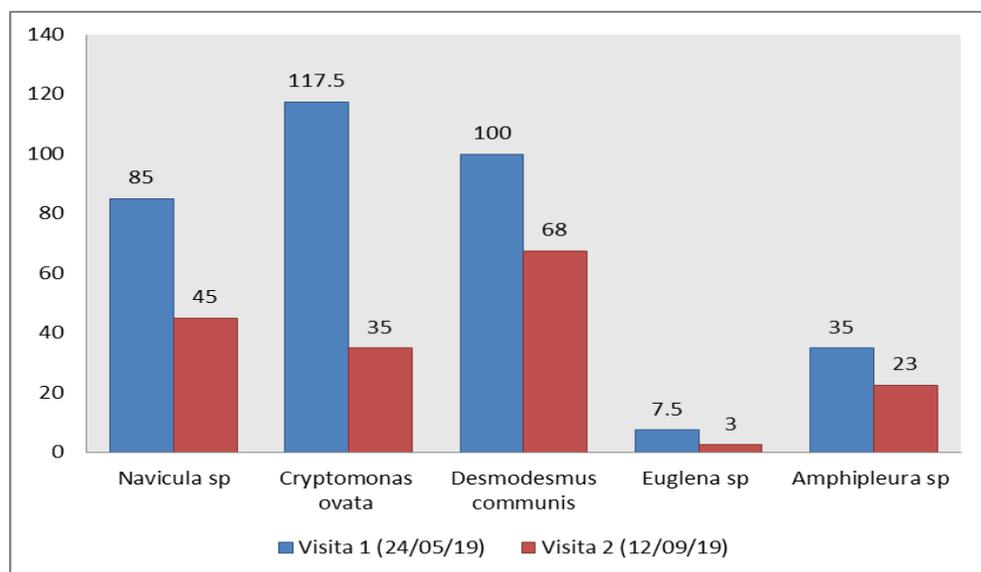


Figura 08. Diagrama de barras comparativo de las densidades de fitoplancton seleccionadas en el tercer punto.

Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que para el caso de *Navicula* sp., *Cryptomonas ovata*, *Desmodemus communis* y *Amphipleura* sp., se sigue una tendencia de mayor presencia en época de estiaje, esto podría atribuirse a una mayor acumulación de materia orgánica proveniente de la actividad ganadera que se da alrededor de la laguna y la mezcla de este material con el agua de la laguna por arrastre, mientras que *Euglena* sp., se mantiene en cantidades relativamente uniformes, finalmente se observa que la densidad total en todo el periodo de estudio fue de 1585 ind/L, como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla 13. *Concentración total de especies seleccionadas durante la primera y segunda visita a la Laguna Huacracocha.*

| Especies de fitoplancton seleccionadas | Visita 1 | Visita 2 | Suma | Densidad (ind/L) |
|--|----------|----------|------|------------------|
| <i>Navicula</i> sp. | 104 | 44 | 148 | 370 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 135 | 51 | 186 | 465 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 118 | 85 | 203 | 507.5 |
| <i>Euglena</i> sp. | 12 | 13 | 25 | 62.5 |
| <i>Amphipleura</i> sp. | 54 | 18 | 72 | 180 |
| DENSIDAD TOTAL DE FITOPLANCTON | | | | 1584 |

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Prueba de hipótesis

“Mediante la observación y el conteo de microorganismos seleccionados como bioindicadores, se determinará el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019”.

Estadísticamente, el test de Shapiro-Wilk es utilizado para comprobar la normalidad de un conjunto de datos; fue publicado por Samuel Shapiro y Martin Wilk en el año de 1965. Es considerado uno de los test más relevantes para corroborar la normalidad, con muestras pequeñas menores a 50 ¹¹⁸.

La evaluación de los resultados arrojados por el test de Shapiro-Wilk deberán cumplir con tener una distribución normal y tener características típicas de la distribución gráfica (forma acampanada), simétrica respecto a su media y su asintótica respecto al eje horizontal, los resultados de esta evaluación nos permitirán identificar si hablamos de grupos paramétricos o no paramétricos ¹¹⁹.

- Análisis paramétricos: para realizar análisis paramétricos debe partirse de los siguientes supuestos:

- a) La distribución poblacional de la variable dependiente es normal: el universo tiene una distribución normal.
- b) El nivel de medición de las variables es por intervalos o razón.
- c) Cuando dos o más poblaciones son estudiadas, tienen una varianza homogénea: las poblaciones en cuestión poseen una dispersión similar en sus distribuciones ¹⁰⁹.

- Análisis no paramétricos:

- a) La mayoría de estos análisis no requieren de presupuestos acerca de la forma de la distribución poblacional. Aceptan distribuciones no normales (distribuciones “libres”).
- b) Las variables no necesariamente tienen que estar medidas en un nivel por intervalos o de razón; pueden analizar datos nominales u ordinales. De hecho, si se quieren aplicar análisis no paramétricos a datos por intervalos o razón, éstos necesitan resumirse a categorías discretas (a unas cuantas). Las variables deben ser categóricas ¹⁰⁹.
- c) Para la presente investigación se hizo el test de Shapiro – Wilk, con el propósito de conocer si los datos correspondientes a los parámetros fisicoquímicos son uniformes, por lo cual se plantean las siguientes hipótesis:
 - H_0 : La variable proviene de una distribución normal.
 - H_1 : La variable no proviene de una distribución normal.

Observándose los resultados para cada parámetro evaluado en la tabla siguiente.

Tabla 14. *Prueba de normalidad Shapiro – Wilk.*

| | Shapiro - Wilk | | |
|-------------------------|----------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| pH | ,849 | 6 | ,154 |
| Temperatura | ,912 | 6 | ,448 |
| Conductividad Eléctrica | ,496 | 6 | ,000 |
| TDS | * | 6 | * |
| Oxígeno disuelto | ,849 | 6 | ,153 |
| Turbiedad | ,980 | 6 | ,952 |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

*No presenta estadístico ni de significancia debido a que este parámetro se mantuvo con el mismo valor durante todo el periodo de muestreo.

El estadístico representa el valor calculado y p-valor está representado por los valores de significancia estadística (sig.). Para poder afirmar que los datos provienen de una distribución normal se debe cumplir que el p-valor o sig. debe ser mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), en el caso de la presente investigación todos los parámetros fisicoquímicos a excepción de la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presentan valores mayores al nivel de significancia.

Una vez corroborada la normalidad de los datos, estos fueron utilizados en la prueba paramétrica de Pearson, para determinar el grado de asociación que existe entre la densidad de fitoplancton y los parámetros fisicoquímicos. Pearson es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. Se le conoce también como “coeficiente producto-momento”, el coeficiente de correlación de Pearson se calcula a partir de las puntuaciones obtenidas en una muestra en dos variables. Se relacionan las puntuaciones recolectadas de una variable con las puntuaciones obtenidas de la otra, con los mismos participantes o casos ¹¹⁹.

Interpretación: el coeficiente “r” de Pearson puede variar de -1.00 a +1.00, donde: La relación entre las variables involucradas varían de manera proporcional; estos valores se interpretan según lo mencionado en la tabla siguiente.

Tabla 15. Interpretación de los diversos valores que puede asumir el coeficiente de Pearson.

| Rango de valores | Interpretación |
|------------------|---|
| -1.00 | correlación negativa perfecta |
| -0.90 | Correlación negativa muy fuerte. |
| -0.75 | Correlación negativa considerable. |
| -0.50. | Correlación negativa media. |
| -0.25 | Correlación negativa débil. |
| -0.10 | Correlación negativa muy débil. |
| 0.00 | No existe correlación alguna entre las variables. |
| +0.10 | Correlación positiva muy débil. |
| +0.25 | Correlación positiva débil. |
| +0.50 | Correlación positiva media. |
| +0.75 | Correlación positiva considerable. |
| +0.90 | Correlación positiva muy fuerte. |
| +1.00 | Correlación positiva perfecta |

Fuente: Hernández-Sampieri et. al. ¹⁰⁹.

Para lo cual se presenta las siguientes hipótesis:

- H₀: Existe correlación lineal entre las densidades de fitoplancton y los parámetros físicos.
- H₁: No existe correlación lineal entre las densidades de fitoplancton y los parámetros físicos.

Observándose los resultados de los coeficientes de Pearson correspondientes a la correlación entre la densidad de fitoplancton y cada parámetro evaluado en la tabla 16.

Los coeficientes de correlación de Pearson, indican una correlación moderada a muy fuerte entre las variables densidad, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto durante los meses de mayo y septiembre, a su vez muestra una correlación media entre las variables de pH y turbidez en el mes de septiembre (época de lluvia), como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. *Resultados de la correlación de Pearson.*

| VISITA | pH | TEMPERATURA (°C) | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm) | SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (PPT) | OXÍGENO DISUELTO (mg/L) | TURBIEDAD (UNT) |
|------------------|--------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|
| may-24 | -0.809 | -0.997 | 0.866 | * | -0.981 | -0.963 |
| Densidad (ind/L) | | | | | | |
| sep-12 | -0.463 | 0.885 | 0.866 | * | 0.797 | 0.453 |

Fuente: elaboración propia.

*No existe correlación entre las variables.

Los p-valores obtenidos están ligados a la aceptación de la hipótesis de investigación, si este valor supera el nivel de significancia utilizado para el estudio ($\alpha = 0.05$), la hipótesis de investigación no es aceptada. Para la presente investigación, solo en el mes de septiembre para pH y turbiedad los P-valores son superiores a 0.05 por lo tanto no existe relación estadísticamente significativa entre las densidades de fitoplancton y los valores de estos parámetros en la época de lluvia, mientras que para la temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto si existe significancia en ambas fechas de muestreo, por lo tanto se afirma que existe un relación entre la densidad de fitoplancton

y los parámetros fisicoquímicos medidos en la zona de estudio, como se muestra en el tabla siguiente.

Tabla 17. Valores *P* de la prueba de correlación de Pearson.

| VISITA | pH | TEMPERATURA (°C) | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm) | SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (PPT) | OXÍGENO DISUELTO (mg/L) | TURBIEDAD (UNT) |
|------------------|-------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|
| may-24 | 0.040 | 0.013 | 0.040 | * | 0.012 | 0.017 |
| Densidad (Ind/L) | | | | | | |
| sep-12 | 0.069 | 0.030 | 0.042 | * | 0.041 | 0.070 |

Fuente: elaboración propia.

*No presenta valores - *P*, debido a que no existe correlación alguna entre las variables.

Se ha evidenciado la existencia de una relación entre la comunidad fitoplanctónica y los parámetros físicos del agua que la alberga, tanto por revisión literaria como estadísticamente. Por lo que, un cuerpo de agua de óptima calidad, así como un cuerpo eutrofizado, poseerá una determinada estructura de su comunidad fitoplanctónica adaptada a los rangos ambientales que los caracterizan, es así que la especies identificadas y contadas corresponderán a las condiciones ambientales en las que viven y se desarrollan; por lo cual los resultados de estas dos fases se complementan. En consecuencia, la hipótesis de investigación que afirma que mediante la observación y conteo de microorganismos seleccionados como bioindicadores (fitoplancton), se determinará el grado de eutrofización de la laguna Huacracocha, es aceptada.

4.2. Discusión de resultados

Dentro de las especies encontradas durante el periodo de muestreo en el agua de la Laguna Huacracocha, se observó la presencia de *Tabellaria flocculosa*, especie elongada con extremos capitados, unidas en forma de zigzag a través del mucílago que poseen, *Coleastrum microporum*, especie que forma colonias siempre en números pares y *Mallomonas* sp., que es un alga eucariota unicelular ovalada, que es caracterizada por poseer flagelos y por sus intrincadas cubiertas celulares hechas de escamas y cerdas de sílice. Esta observación concuerda con lo encontrado por Romo, en el lago Loch Rusky, caracterizado oligotrófico ⁸⁷.

También se encontraron las especies *Fragillaria* sp., *Closterium* sp., *Staurastrum* sp., *Asterionella formosa* Hassall y *Pinnularia* sp., las cuales caracterizan un cuerpo de agua oligotrófico según lo mencionado por García, Gumeo y otros en cuerpos de agua dulce en Ecuador y México ^{21, 48}, sumando a este hallazgo están *Phacus* sp., *Pediastrum* sp., y *Navicula* sp., especies propias de cuerpos en estado mesotrófico ^{22, 49}.

La densidad de la especie *Navicula* sp., encontrada durante el período de muestreo en el agua de la laguna Huacracocha no excedieron los 370 ind/L, es decir que esta concentración es baja comparándola con lagos eutróficos que presentan densidades hasta de 1500 ind/L ²².

La densidad de la especie *Cryptomonas ovata*, encontrada durante el periodo de muestreo en el agua de la Laguna Huacracocha, fue de 465 ind/L, valor que ubica a la laguna en un estado oligotrófico, ya que, según Romo en 1989, *Cryptomonas ovata*, *Rhodomonas minuta*, *Nannoplanctica skuja* y otras especies en lagos oligotróficos, oscilan entre los 25 ind/L y 700 ind/L ⁵².

Para la especie *Desmodesmus communis* se calculó una concentración de 507.5 ind/L, esta concentración probablemente se deba a la escasez de materia orgánica presente en la laguna, que oscilan entre valores de 2 a 2.15 ⁶.

Para *Euglena* sp., se tomó en cuenta el valor de turbiedad del agua de la Laguna Huacracocha, debido a que esta especie, posee organelos sensibles a la luz, y realiza fotosíntesis, produciendo oxígeno y manteniendo una buena calidad de agua; en aguas con una alta turbiedad esta función no sería óptima por lo cual la

especie no sobreviviría ⁶⁴, lo que indica que, la sola presencia de *Euglena* sp., nos indicara que la turbidez del agua que la alberga no es perjudicial para su desarrollo, afirmación que concuerda con el valor de turbiedad que presente la Laguna Huacracocha que oscila entre 3.77 a 6.22, valores relativamente bajos.

Amphipleura sp., es una especie que, según Céspedes, sobrevive en aguas de pH neutro, moderadamente oxigenadas y con baja conductividad. Lo cual coincide con los resultados obtenidos, ya que contamos con valores de pH dentro del rango de 7.05 a 7.6, valores de oxígeno disuelto de 3.97 a 8.98 mg/L y valores máximos de conductividad eléctrica de 0.04 μ S/cm ⁶⁹.

Finalmente, uno de los puntos resaltantes, relacionado con la problemática del presente estudio, es la eutrofización del agua, el proyecto de investigación: “Comunidad fitoplanctónica en los ríos Curaray, Arabela y Napo (Amazonía peruana)” mencionan que este fenómeno se ve magnificado debido a los desechos animales, que son arrastrados por escorrentía, este es un punto bastante importante debido a que la zona de estudio sirve actualmente como área ganadera. Por lo cual existe un riesgo muy alto de que la calidad de agua de la laguna Huacracocha, se vea afectada, poniendo en riesgo el bienestar de la población huancaína y el medio ambiente ⁵³.

CONCLUSIONES

1. La caracterización de la calidad de agua de la Laguna Huacracocha, enfocada a los parámetros que influyen en el desarrollo del fitoplancton, nos muestra que el cuerpo de agua en mención es adecuado para este propósito, además esta cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua: ECA (D.S. 004-2017-MINAM), de categoría 1: poblacional y recreacional y apartado A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
2. Los resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, ubican a la calidad del agua de la Laguna Huacracocha en un nivel oligotrófico.
3. El análisis cualitativo de la comunidad fitoplanctónica de la Laguna Huacracocha, permitió identificar las especies *Melosira varians*, *Amphipleura* sp., *Navicula* sp., *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria flocculosa*, *Mallomonas* sp., *Cryptomonas ovata*, *Coleastrum microporum*, *Desmodesmus communis*, *Euglena* sp., *Pinularia* sp., *Pediastrum* sp., *Closterium* sp., *Staurastrum* sp., *Phacus* sp. y *Asterionella formosa* Hassall.
4. Las especies seleccionadas como bioindicadoras de eutrofización en la Laguna Huacracocha fueron: *Navicula* sp., *Cryptomonas ovata*, *Desmodesmus communis*, *Euglena* sp., y *Amphipleura* sp., en base a su potencial para mostrar cuerpos de agua eutrofizados evidenciado en la bibliografía citada, su sola presencia y las densidades que presentaron durante el periodo de estudio.
5. El resultado de la densidad total de las especies de fitoplancton seleccionadas como bioindicadora de eutrofización ubica a la Laguna Huacracocha en un estado oligotrófico con tendencia a mesotrófico con un valor de 1585 ind/L.
6. Se concluye que hay una relación directa entre la densidad de la población fitoplanctónica y la época de lluvia o avenida.

RECOMENDACIONES

1. La laguna pluvial Huacracocho, es considerada como el principal abastecedor de agua para consumo humano para la población de Huancayo y varias poblaciones aledañas, motivo por el cual se requiere de una vigilancia permanente y de ser posible ser aislada a través de barreras físicas.
2. Considerando la inexistencia de estudios disponibles sobre la presencia de fitoplancton en la Laguna Huacracocho, resulta prioritario continuar estudiando esta comunidad para la implementación de acciones de mejora de calidad de agua.
3. Es preciso realizar monitoreos continuos de las densidades de fitoplancton, para evitar posibles problemas de eutrofización, teniendo en cuenta la actividad ganadera que se desarrolla alrededor de la Laguna y su uso para la potabilización.
4. Debido a la importancia de la Laguna Huacracocho para la población de Huancayo, se recomienda mejorar su gestión por parte de las autoridades y se le brinde los cuidados necesarios, ya que esta laguna podría verse perjudicada por la actividad ganadera alrededor.
5. El presente trabajo de investigación puede ser utilizado como base para futuros proyectos y contribuir a la conservación de la Laguna Huacracocho.
6. Debe considerarse el estudio de la comunidad fitoplanctónica como indicador de los niveles de eutrofización de la Laguna Huacracocho y de otras lagunas altoandinas, para determinar el nivel de eutrofización presente, por ser un método de investigación económico, de fácil interpretación y aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gaufin, A. y Tarzwell, C. Public Health Reports. [En línea] Junio de 1952. [Citado el: 14 de Agosto de 2019.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2030707/?page=1>.
2. Jiménez, R. *Cocolitofóridos identificados en el fitoplancton de aguas ecuatorianas*. Guayaquil: s.n., 1983. II.
3. Bonilla, A. *Variación mensual del plancton en una estación fija La Libertad (Salinas), Ecuador. Periodo 1988 - 1989*. Guayaquil: Instituto Oceanográfico de la Armada, 1990. VI.
4. Pedraza, E. y Donato, J. *Diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los andes colombianos*. Bogotá: Caldasia, 2011. 177-191.
5. Baylon, M. y otros. *Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad de agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú)*. Lima: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, 2018. 1993-9507.
6. Laura, P. *Propuesta de manejo ecosistémico ambiental de la Laguna Huacracochoa, Acopalca, Junín, para preservarla como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huancayo, 2018*. Junín . Huancayo: Universidad Continental, 2019.
7. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES). *Calidad de Agua* . [En línea] 22 de Octubre de 2014. [Citado el: 22 de Noviembre de 2019.] <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.
8. IAGUA. *Problemas con el recurso agua*. [En línea] 2 de Julio de 2018. [Citado el: 22 de Noviembre de 2019 .] <https://www.iagua.es/blogs/mixzaida-pena/problemas-recurso-agua>.

9. Aguilar, O. y Navarro, B. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancho del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. [En línea] Universidad Tecnológica de los Andes, 2017. [Citado el: 22 de Noviembre de 2019 .]
10. García, M. Eutrofización: Una visión general . [En línea] CienciaAcierta, 17 de Septiembre de 2019 . [Citado el: 16 de Diciembre de 2019 .] <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>.
11. Moreira, J. y Sabando, B. *Determinación del nivel de eutrofización del Embalse Sixto Durán Ballén mediante índices de estado trófico*. Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López . Calceta: s.n., 2016.
12. Centro de Estudios Cervantinos. Ecosistema léntico. Características, ejemplos y consideraciones ecológicas. [En línea] 18 de Diciembre de 2019. [Citado el: 19 de Diciembre de 2019 .] <https://www.centroestudioscervantinos.es/ecosistemas-lenticos/>.
13. Somma, A. *El papel de la luz y la temperatura en la dinámica de cianobacterias en un lago de uso recreativo*. Montevideo: s.n., 2014.
14. Pavón, Y. y Rocha, J. *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011*. Managua: s.n., 2015.
15. Vivanco, T. ¿Huancayo sin agua? [En línea] Diario Correo , 2 de Diciembre de 2016. [Citado el: 11 de Septiembre de 2019 .] <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/huancayo-sin-agua-laguna-de-huacracocha-registra-40-menos-de-volumen-715242/>.
16. López, L. y Cornejo, A. Historia de los indicadores de calidad. [En línea] DOCPLAYER, 2017. [Citado el: 04 de Octubre de 2019.] <https://docplayer.es/23299741-Historia-de-los-indicadores-de-calidad.html>.
17. Giacometti, J. y Bersosa, F. *Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad de agua en el Río Alambí*. Sangolquí: ResearchGate, 2015.
18. Gonzales, C. y otros. *Bioindicadores guardianes de nuestro futuro ambiental*. Distrito Federal: ECOSUR, 2014. 978-607-8429-05-9.
19. Moreta, J. *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias*. Ibarra 2008. Universidad Técnica del Norte . Ibarra : s.n., 2008.

20. Congreso Constituyente Democrático del Perú. Constitución política del Perú . [En línea] 31 de Octubre de 1993. [Citado el: 18 de Junio de 2019 .] <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>.
21. García, J. *Plancton como indicador de calidad de agua en la presa Aguimilca*. Universidad Autónoma de México . Nayarit: s.n., 2007.
22. Gianello, D., Juárez, I. y Ávila, E. *Utilización del fitoplancton como bioindicador en una laguna urbana (Guaqueguaychú, entre ríos)*. 2016.
23. Escobar, M., Terneus, E. y Yáñez, P. *El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis del caso*. Universidad Internacional del Ecuador. Quito: s.n., 2014.
24. López, C. y otros. *El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en la DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña. España)*. Santiago de Compostela: Nova Acta Científica Compostelana, 2016. 1130-9717.
25. Vélez, A., Lozano, S. y Cáceres, K. *Diversidad del fitoplancton como indicador de la calidad de agua en la cuenca baja del Río Lurín, Lima, Perú*. Departamento Académico de Biología. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. 1726-2216.
26. Comba, N. *Las cianobacterias como indicadores de calidad de agua en el Embalse de Betania (Cuenca alta del río Magdalena)*. Universidad de Bogotá, Jorge Tade Lozano. Bogotá: s.n., 2009.
27. Sánchez, M. *Relación entre los niveles de eutrofización y la presencia de algas en el Río Tunal y Río Durango*. Durango: s.n., 2012.
28. Olivares, A. *Abundancia y distribución de cianobacterias (Microcystis sp, Anabaena sp, Oscillatoria sp) en el lago de Ilopango*. Universidad de El Salvador. El Salvador: s.n., 2013.
29. Tumialán, N. *Comunidad fitoplanctónica de la laguna "Pumaccocha" del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, Ayacucho - 2014*. Facultad de ciencias biológicas, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Huamanga: s.n., 2014.
30. Peraza, R. *Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba)*. Universidad de la Habana. Cienfuegos: s.n., 2017.

31. Juste, I. Diferencias entre lagos y lagunas. [En línea] 16 de Enero de 2017 . [Citado el: 27 de Noviembre de 2019 .] <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-lago-y-laguna/>.
32. Club Odisea. Los lagos de origen glaciar: Nociones básicas. [En línea] Club aragonés de buceo deportivo y científico , 7 de Abril de 2010. [Citado el: 18 de Septiembre de 2019] <https://zco1999.wordpress.com/2010/04/07/los-lagos-de-origen-glaciar-nociones-basicas/>.
33. Ministerio del Ambiente. *Aprende a prevenir los efectos del mercurio*. Lima: s.n., 2016.
34. Universidad Nacional de La Plata. *Eutrofización*. La Plata: s.n., 2010.
35. Almanza, V. y otros. *Floraciones de fitoplancton y variación de la estructura comunitaria fitoplanctónica en tres lagos someros eutróficos de Chile Central*. Concepción: s.n., 2016. 0016-5301.
36. Dodds, W. *Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams*. Manhattan: ScienceDirect, 2007.
37. Moreno, D., Quintero, J. y López, A. *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*. México: ICyTDF, 2020.
38. Díaz, A. y Sotomayor, Lenin. *Evaluación de la eutrofización de la Laguna Conococha - Ancash a agosto del 2012*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash: s.n., 2013.
39. Peña, E. *Calidad de agua trabajo de investigación oxígeno disuelto*. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil: s.n., 2007.
40. WATERBOARDS. Folleto informativo oxígeno disuelto . [En línea] Water Issues. [Citado el: 28 de Diciembre de 2019.] https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf.
41. BLOGSPOT. Turbiedad del agua. [En línea] 31 de Enero de 2013 . [Citado el: 17 de Septiembre de 2019 .] <http://turbiedaddelagua.blogspot.com/p/contexto.html>.
42. Dezuane, J. *Handbook of drinking water quality*. 1997. 0-471-28789.
43. Departamento de Aplicación de Laboratoriode Hach Lange. Presencia de fosfaots en agua. [En línea] 16 de Febrero de 2010 . [Citado el: 17 de Abril de 2019.]

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fyM9J61ty1cJ:www.xtec.cat/~gjmene2/licencia/students/05aguas.html+&cd=13&hl=es&ct=clnk&gl=pe>.

44. Jiménez, L., Jahuir, F. y Ibáñez, V. *Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos macrófitas*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno: s.n., 2016. 2313-2957.

45. FACSA. Los nitratos . [En línea] 23 de Enero de 2017. [Citado el: 22 de Agosto de 2019.] <https://www.facsa.com/los-nitratos/>.

46. Ministerio del Ambiente. Métodos de colecta, identificación y análisis de las comunidades biológicas. [En línea] Diciembre de 2014. [Citado el: 18 de Septiembre de 2019 .] https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/MtodoscolectaidenticacinyanlisisdecomunidadeshidrobiologicasMUSM-MINAMdic2014.pdf.

47. Godínez, J., Oliva, M. y Zuñiga, C. *Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México*. s.l.: Revista Mexicana de Biodiversidad, 2014.

48. Guamán, M. y Gonzáles, P. *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador*. Quito: Laboratorio de Biotecnología energética, 2016. 978-9942-14-874-2.

49. Cañón, M., López, R. y Gracia, M. *Catálogo de fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Agua de Lastre*. Cartagena de Indias: Dirección General Marítima - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, 2011.

50. Medina, M. y otros. *Comparación morfológica y distribución geográfica de las especies *Tabellaria fenestrata* y *Tabellaria flocculosa* (Bacillariophyceae) en sistemas lóticos y lénticos de Colombia*. Medellín: Actualidades biológicas, 2017 .

51. Sardi, C. y Zárate, E. *La diversidad de algas diatomeas como herramientas de monitoreo para la gestión de la calidad de recursos hídricos, en los páramos del Macizo del Cajas*. Universidad de Uzuay. Cuenca: s.n., 2018.

52. Romo, S. *Estudio del fitoplancton de un lago somero y oligotrófico: Loch Rusky (Escocia)*. Universidad de Valencia. Madrid: s.n., 1989 .

53. Ismiño, R. y otros. *Comunidad fitoplanctonica en los ríos Curaray, Arabela y Napo (Amazonía Peruana)*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos: s.n., 2014.

54. Harper y Harper. Mediciones de adhesión de diatomeas y su relación con el movimiento. [En línea] 2 de Julio de 2007. [Citado el: 12 de Enero de 2020 .] <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071616700650051>.
55. Enciclopedia de la Vida. Navicula spp. [En línea] Department of earth, ocean and atmospheric sciences, 2012. [Citado el: 10 de Enero de 2019 .] https://www.eoas.ubc.ca/research/phytoplankton/diatoms/pennate/navicula/navicula_spp.html.
56. Ramirez, A. y Plata, Y. *Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: s.n., 2008.
57. Sociedad Española de Microalgas y Subproductos. Scenedesmus. [En línea] [Citado el: 11 de Enero de 2020] <https://www.seaweed.es/productos/scenedesmus/>.
58. Delgadillo, I. *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: s.n., 2014.
59. Hernández, A. y Labbé, J. *Microalgas, cultivos y beneficios*. 2014. 0718-1957.
60. Méndez, L. y otros. *Crecimiento de Scenedesmus quadricauda en los efluentes cloacales de la ciudad de Trelew, Chubut, Argentina*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá: s.n.
61. Mercado, E. *Cultivo de microalga Scenedesmus Obliquus var. Dimorphus (TURPIN) para la obtencion de biomasa y lipidos*. Lima: s.n., 2016. Tesis.
62. Pérez, K. y otros. *Uso de scenedesmus para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales de la industria textil*. 2016 . 2357-6014.
63. Rodríguez, A. Características de Euglena. [En línea] 9 de Octubre de 2015. [Citado el: 17 de Enero de 2020.] <https://prezi.com/6lb5idwgfvpw/caracteristicas-de-la-euglena/>.

64. Reino Protista. Euglena sp. [En línea] [Citado el: 5 de Diciembre de 2019.] https://contenidos.ceibal.edu.uy/fichas_educativas/_pdf/ciencias-naturales/reino-protista/009-euglena.pdf.
65. Vinces, A. y otros. Contribución al conocimiento de las algas unicelulares de las lagunas de bioestabilización en San Juan, Lima. [En línea] [Citado el: 20 de Enero de 2020.] <https://iris.paho.org/handle/10665.2/15258>.
66. Catalán, J. Agregados de algas en la superficie del agua (Delta del Llobregat). [En línea] 1984. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/33621/32241>.
67. Seeligmann, C. y otros. Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas lóticos en el noroeste argentino. [En línea] 2001. [Citado el: 27 de Diciembre de 2019 .] <https://www.limnetica.com/es/algas-fitoplanct%C3%B3nicas-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-del-agua-de-sistemas-l%C3%B3ticos-en-el-noroeste>.
68. Álvarez, F. y otros. Atlas digital de fitoplancton. [En línea] [Citado el: 4 de Febrero de 2020.] <https://es.scribd.com/doc/48874116/ATLAS-DEL-FITOPLANCTON>.
69. Céspedes, E. *Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (Bacillariophyceae) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica*. Universidad Rodrigo Facio. 2014.
70. Hoef, K. y Melkonian, M. *Revisión del género Cryptomonas (Cryptophyceae): una combinación de la filogenia molecular y la morfología proporciona información sobre un dimorfismo oculto durante mucho tiempo*. s.l.: ELSEVIER, 2008.
71. Sandgren, C. *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Universidad of Cambridge. 1991. 0-521-32722-9.
72. Oliva, M. y otros. *Composición y dinámica del fitoplancton en un lago hipereutrofico*. 2017. 0188-8897.
73. Del Río, E. y Sogorb, M. *Ensayo de ecotoxicidad de inhibición del crecimiento de algas*. [video] Alicante: Youtube, 19 de Noviembre de 2014.
74. Gil, M. *Cámara Neubauer: historia, características y usos*.
75. Bustillo, A. Método para cuantificar suspensiones de esporas de hongos y otros organismos. [En línea] Universidad Nacional Palmira, 15 de Agosto de 2010. [Citado el: 18

de Septiembre de 2019.]

https://www.researchgate.net/publication/277870402_METODO_PARA_CUANTIFICAR_SUSPENSIONES_DE_ESPORAS_DE_HONGOS_Y_OTROS_ORGANISMOS.

76. COFES. Secuencia de muestreo de zooplacton . [En línea] 16 de Diciembre de 2017. [Citado el: 17 de Abril de 2019 .] http://www.cofes.org.ar/descargas/relas/8_jornada/7_Recuento.pdf.

77. Confederación Hidrográfica del Ebro. *Metodología para el establecimiento el estado ecologico segun la directiva MARCO del agua*. Ministerio del ambiente de España. Zaragoza: s.n., 2017.

78. GRUNDFOS. Anóxico. [En línea] [Citado el: 25 de Febrero de 2020 .] <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/anoxic.html>.

79. Puig, A. Bioindicador. [En línea] 20 de Febrero de 2019 . [Citado el: 18 de Septiembre de 2019] <https://es.wikipedia.org/wiki/Bioindicador>.

80. ECURED. Caroteno. [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2020] <https://www.ecured.cu/Caroteno>

81. AMBIENTUM. Cianobacterias y diatomeas. [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2020]. https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/cianobacterias_y_diatomeas.asp.

82. Ciencia y Salud. Cloroplastos . [En línea] 2 de Octubre de 2018. [Citado el: 15 de Enero de 2020] <https://www.significados.com/cloroplastos>

83. SIGNIFICADOS. Concentración . [En línea] 29 de Octubre de 2017. [Citado el: 14 de Enero de 2020] <https://www.significados.com/concentracion-quimica>

84. GIS IBERICA. Conductividad eléctrica. [En línea] [Citado el: 16 de Enero de 2020 .] http://www.gisiberica.com/conduct%EDmetros/conductividad_el%E9ctrica.htm.

85. JAVERIANA. Conceptos. [En línea] [Citado el: 27 de Septiembre de 2019 .] https://www.javeriana.edu.co/blogs/gtobon/files/M%C3%B3dulo_2_CONCEPTOS_BASICOS.pdf.

86. TO LABORATORIO QUÍMICO. ¿Qué es la densidad? [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2020.] <https://www.tplaboratorioquimico.com/quimica-general/las-propiedades-de-la-materia/densidad.html>.
87. Romero, O. Diatomeas. [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2020] http://www.ugrestratig.es/contenidos/Documentos/actualiz_anuales/docencia_descargas/12_Diatomeas.pdf.
88. Pla, L. *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Caracas: Interciencia, 2006. 0378-1844.
89. Definición ABC. Definición de célula eucariota. [En línea] Marzo de 2013. [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://www.definicionabc.com/ciencia/celula-eucariota.php>.
90. IAGUA. Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones. [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>.
91. SAILANDTRIP. ¿Qué es el plancton? [En línea] 11 de Julio de 2016. [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://sailandtrip.com/que-es-el-plancton/>.
92. Clínica Universidad de Navarra. Fotótrofo. [En línea] [Citado el: 25 de Febrero de 2020] <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/fototrofo>
93. Pérez, E. *Fotosíntesis: Aspectos gráficos*. Madrid: s.n., 2009. 1989-3620.
94. Centro de Estudios Cervánticos. Ecosistema léntico. Características, ejemplos y consideraciones ecológicas. [En línea] [Citado el: 21 de Enero de 2020 .] <https://www.centroestudioscervantinos.es/ecosistemas-lenticos/>.
95. Carbajal, A. ¿Qué es un ecosistema lótico? [En línea] [Citado el: 21 de Enero de 2020] <https://www.lifeder.com/ecosistema-lotico/>.
96. De Miguel, C. y Vázquez, Y. Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. [En línea] 3 de Julio de 2006. [Citado el: 3 de Enero de 2020] <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652002.pdf>. 0258-5979.
97. Carbotecnia. pH en el agua. [En línea] [Citado el: 6 de Enero de 2020] <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>.

98. Singler, A. y Bauder, J. Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales. [En línea] Well educated. [Citado el: 13 de Enero de 2020] http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf.
99. CONCEPTODEFINICIÓN. Definición de taxón. [En línea] 26 de Julio de 2019. [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://conceptodefinicion.de/taxon/>.
100. Luna de Parasceve. Toxinas . [En línea] [Citado el: 2019 de Septiembre de 2019] <https://lunaparasceve.blogspot.com/2018/01/toxinas.html>.
101. SIGNIFICADOS. Significado de temperatura . [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://www.significados.com/temperatura/>.
102. Hanna Instruments. Turbiedad en agua potable. [En línea] 7 de Febrero de 2018. [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://www.hannachile.com/blog/post/turbiedad-en-agua-potable>.
103. ECURED. Ambiente pelágico . [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2020 .] https://www.ecured.cu/Ambiente_Pel%C3%A1gico.
104. SIGNIFICADOS. Significado de xantófila . [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2020] <https://www.significados.com/xantofila/>.
105. Peña, V. El método científico y el derecho. [En línea] Monografías.com. [Citado el: 18 de Septiembre de 2019] <https://m.monografias.com/trabajos17/metodo-cientifico/metodo-cientifico.shtml>.
106. Universidd Politécnica de Madrid. Análisis y síntesis. [En línea] [Citado el: 18 de Septiembre de 2019] <https://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas/formacionyevaluacion/analisis Sintesis>.
107. De La Mora. Los métodos específicos . [En línea] SCRIBD, 21 de Octubre de 2006 . [Citado el: 18 de Septiembre de 2019 .] <https://es.scribd.com/doc/21355097/Los-Metodos-Especificos-De-La-Mora-2006>.
108. ESALUD. Tipos de investigación y sus características. [En línea] 21 de Febrero de 2019. [Citado el: 18 de Septiembre de 2019] <https://www.esalud.com/tipos-de-investigacion>

109. Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Pilar-Baptista, L. *Metodología de la investigación*. Sexta. Distrito Federal: Mc Graw Hill Education, 2014. 978-1-4562-2396-0.
110. Castillero, O. Los 15 tipos de investigación y características. [En línea] Psicología y mente . [Citado el: 18 de Septiembre de 2019.] <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>.
111. Laboratorios Charlieg. Puntos de muestreo. [En línea] Laboratorios CHARLIEG. [Citado el: 6 de Enero de 2019] https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap42_lt_santo_domingo_esmeraldas.pdf.
112. Autoridad Nacional del Agua. *Protocolo nacional para el monitoreo de los recursos hídricos superficiales*. Lima: s.n.
113. Ministerio del Ambiente. *Disposiciones que establecen los métodos de ensayo aplicables a la medición de los parámetros contenidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*. Lima: s.n., 2019.
114. Universidad Miguel Hernández. *Ensayo de ecotoxicidad de inhibición del crecimiento de algas*. [Video] Alicante: s.n., 2014.
115. Vázquez, S. y otros. *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad de agua*. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco: s.n., 2006.
116. UNESCO. *Cianobacterias Planctónicas de Uruguay*. Montevideo: Sylvia Bonilla Colectivo de autores, 2009. 978-92-9089-138-3.
117. CIMCOOL. ¿Por qué es importante el oxígeno disuelto? [En línea] 1 de Abril de 2011. [Citado el: 13 de Enero de 2020] <http://www.cimcool.ca/uploads/downloads/Porqueesimportanteeloxigenodisuelto.pdf>.
118. Chacón, L. Prueba de Shapiro-Wilk para probar normalidad. [En línea] 14 de Octubre de 2014. [Citado el: 14 de Enero de 2020] <https://prezi.com/vnmuq6wdkl49/prueba-de-shapiro-wilk-para-probar-normalidad/>.
119. Meza, A. *Prueba estadística de Shapiro-Wilk*. [Video] s.l.: Youtube, 4 de Mayo de 2019 .
120. Ordoñez, J. *Ciclo Hidrológico*. SENAMHI. Lima: s.n., 2011.

ANEXOS

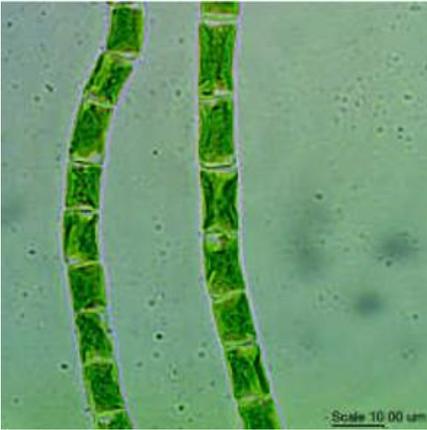
Anexo 01. Matriz de consistencia.

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS CONSIDERADOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA HUACRACOCHA HUANCAYO EN EL PERÍODO ABRIL A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2019.

| PROBLEMA | OBJETIVO | MARCO TEÓRICO | HIPÓTESIS | VARIABLE | METODOLOGÍA |
|---|--|--|---|--|--|
| <p>General:</p> <p>¿Existen bioindicadores que ayuden a determinar el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín, al año 2019?</p> <p>Específicos:</p> <p>¿Qué organismos son los más representativos en el agua de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019?</p> <p>¿La presencia de determinadas especies y sus</p> | <p>General:</p> <p>Identificar los microorganismos que pueden ser considerados como bioindicadores de calidad de agua de la Laguna Huacracocha - Junín y permiten determinar el grado de eutrofización en el año 2019.</p> <p>Específicos:</p> <p>Determinar la estructura de la comunidad fitoplanctónica en la</p> | <p>Vale la pena recalcar que no hay estudio alguno sobre la Laguna Huacracocha por lo tanto algunos de los problemas expuestos a simple vista en la zona de investigación serán detallados y fundamentados como parte de esta sección.</p> <p>Bases teóricas:</p> <p>Lagos altoandinos</p> <p>Contaminación del agua</p> <p>Estado trófico</p> | <p>Hipótesis de la investigación:</p> <p>La comunidad fitoplanctónica presente permitirá determinar el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>La comunidad fitoplanctónica presente no permitirá determinar el grado de eutrofización de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.</p> | <p>Variable 1: (Independiente)</p> <p>Indicadores biológicos.</p> <p>Dimensión: Comunidad fitoplanctónica</p> <p>Indicadores: Aptos y no aptos</p> <p>Variable 2: (Dependiente)</p> <p>Eutrofización</p> <p>Dimensión:</p> | <p>Tipo de investigación: Básica o pura.</p> <p>Método general y específico:</p> <p>General: Análisis</p> <p>Específico: Observación directa, investigación documental, elaboración de la información y generación del conocimiento.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental – longitudinal.</p> |

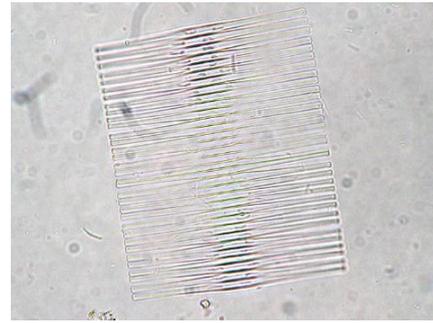
| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| <p>densidades corresponden a características del grado oligotrófico, mesotrófico o eutrófico del agua?</p> <p>¿Se puede utilizar solo indicadores biológicos para determinar la calidad de agua de la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019?</p> | <p>Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.</p> <p>Identificar las especies representativas de los diferentes estados tróficos de las lagunas altoandinas.</p> <p>Seleccionar las especies representativas de la Laguna Huacracocha que pueden ser considerados como bioindicadores de eutrofización en la Laguna Huacracocha - Junín al año 2019.</p> | <p>Indicadores de eutrofización</p> <p>Técnicas de análisis de bioindicadores</p> | <p>Estándar de calidad ambiental (ECA – agua)</p> <p>Indicador: Oxígeno disuelto (mg/L), turbiedad (UNT) y pH.</p> | <p>Población: Comunidad fitoplanctónica de la laguna Huacracocha.</p> <p>Muestra: Agua y sedimento contenido en tres recipientes de medio litro.</p> <p>Técnicas de recolección: Observación en campo y laboratorio. Ficha de obtención de datos físicos. Ficha de obtención de datos biológicos.</p> |
|---|---|---|--|---|

Anexo 02. Comunidad fitoplanctónica de la Laguna Huacracocha obtenidas en los meses de mayo y septiembre 2019.

| Especie | Descripción | Fotografías |
|--------------------------------|--|--|
| <p><i>Melosira varians</i></p> | <p><i>Melosira</i> posee determinadas especies de agua dulce, que pueden crecer en hábitats bentónicos de lagos oligotróficos.</p> |  <p><i>Melosira varians</i></p> |
| <p><i>Amphipleura</i> sp.</p> | <p><i>Amphipleura</i> crece en hábitats bentónicos como células individuales o como colonias. Su desarrollo es favorecido en condiciones ambientales determinadas como una conductividad relativamente baja, aguas ligeramente ácidas y alto contenido de carbono orgánico disuelto.</p> |  <p><i>Amphipleura</i> sp.</p> |
| <p><i>Navicula</i> sp.</p> | <p><i>Navicula</i> a menudo sirve como especie clave en la cadena alimentaria, proporciona un alimento básico para las dietas de muchas especies acuáticas de agua dulce.</p> |  <p><i>Navicula</i> sp.</p> |

*Fragilaria
crotonensis*

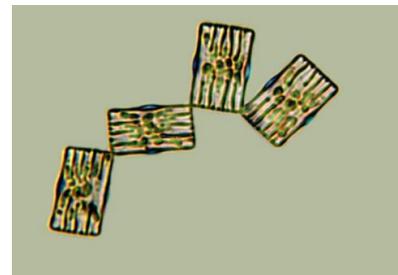
Fragilaria crotonensis es indicadora de aguas cargadas con algo de materia orgánica, pero no soportan altos niveles de contaminación por lo que su progresiva desaparición en algunos ecosistemas puede ser una señal de alarma.



Fragilaria crotonensis

*Tabellaria
flocculosa*

Las células forman colonias en forma de zigzag unidas entre ellas por sus ápices, hasta formar largas cadenas. Se ha encontrado en aguas ácidas y alcalinas.



Tabellaria flocculosa

*Mallomonas
sp.*

Alga eucariota unicelular ovalada, que es caracterizada por poseer flagelos y por sus intrincadas cubiertas celulares hechas de escamas y cerdas de sílice.



Mallomonas sp.

*Cryptomonas
ovata*

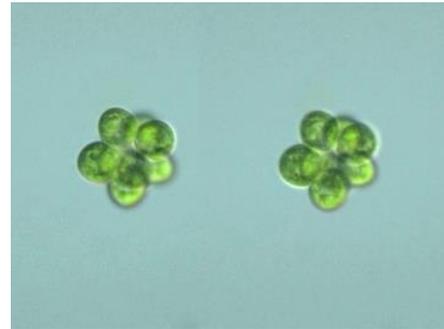
Es común en hábitats de agua dulce y agua salobre en todo el mundo y en las mayores profundidades de los lagos, generalmente de color marrón o verdoso.



Cryptomonas ovata

Coleastrum microporum

Diminuta alga que se asocia formando colonias esféricas de cuatro, ocho, dieciséis, treinta y dos y hasta más células. Guardan un espacio interior vacío, quizá para que la luz pueda llegar más fácilmente de un lado hasta el opuesto.



Coleastrum microporum

Desmodesmus communis

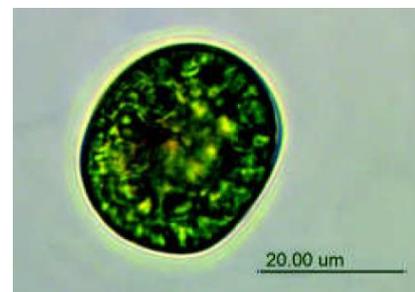
Habitante de estanques y lagos, que se caracteriza por poseer cuatro células unidas y los extremos agudos truncados.



Desmodesmus communis

Euglena sp.

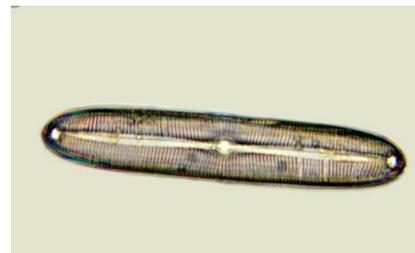
Son células móviles, ovoides-cilíndricas a fusiformes estrechas, Es el género más común distribuido a nivel mundial. Se encuentra en agua de estanques, lagos y charcos,



Euglena sp.

Pinularia sp.

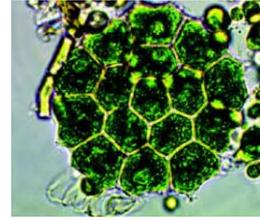
Alga predominante en agua dulce que generalmente se encuentra en estanques y suelos húmedos, son organismos unicelulares elípticos alargados.



Pinularia sp.

Pediastrum sp.

Células coloniales, las cuales tienen forma similar a una estrella, las células de colonia esta continuos y sus paredes pueden ser lisas o rugosas, con perforaciones entre la células.



Pediastrum sp.

Closterium sp.

Crece principalmente en aguas estancadas o con corriente lenta, tienen forma de media luna o son alargadas.



Closterium sp.

Staurastrum
sp.

Alga con proyecciones en forma de brazos, Presentan reproducción asexual por división celular. Muchas especies son cosmopolitas; otras se restringen a zonas tropicales o ciertos continentes



Staurastrum sp.

Phacus sp.

Caracterizado por su estructura plana, en forma de hoja, son eucariotas en su mayoría de color verde y tienen un solo flagelo que se extiende a lo largo de su cuerpo.



Phacus sp.

Asterionella
formosa
Hassall

Forma parte de plancton en lagos y estanques, se caracteriza por poseer forma de estrella y brazos de igual tamaño.



Asterionella formosa Hassall

Anexo 03. Solicitud de validación de instrumentos de obtención de datos.



**Universidad
Continental**

Nº 477641

Solicito: Validación de instrumentos de recolección de datos

Señor: Rector de la Universidad Continental

Yo, Escobar Cayetano Stephanie Delia Código/DNI: 70977187
 Domiciliado en: Jr. Loreto N° 1348 Teléfono: 967900485
 Estudiante de la Escuela Académico Profesional: Ingeniería ambiental
 Email: delia3196@hotmail.com/70977187@continental.edu.pe Modalidad de estudios: presencial

Ante usted, con el debido respeto me presento y expongo:
que habiendo realizado parte de mi proyecto de investigación en los laboratorios J404 y J403 de la universidad Continental solicito que se me valide los instrumentos de recolección de datos usados y se confirme que en efecto hice uso de los laboratorios en mención.

Solicito:

| | |
|---------------------------------|--|
| 1. Abandono de periodo | 11. Diploma de título profesional |
| 2. Actualización de datos | 12. Duplicado de carné universitario |
| 3. Asignatura multimodal | 13. Examen de subsanación |
| 4. Asignatura dirigida | 14. Internado |
| 5. Beca / Semibeca | 15. Prórroga de pagos |
| 6. Cambio de horario | 16. Recategorización |
| 7. Constancia | 17. Reincorporación |
| 8. Convalidación de asignaturas | 18. Reserva de matrícula |
| 9. Diploma de bachiller | 19. Retiro de asignatura |
| 10. Diploma de especialización | 20. Otros X |

Para lo cual adjunto los siguientes documentos sustentatorios:
Copias de fichas de obtención de datos de parámetros físicos e identificación y cultivos de fitoplancton.

Por lo expuesto, ruego acceder a mi solicitud por ser de justicia.




 Firma
 N° de DNI: 70977187

26 de Noviembre de 2019



Nº 477641

Apellidos: Escobar Cayetano Código/DNI: 70977187
 Nombres: Stephanie Delia Fecha: 26/11/2019
 Tipo de trámite: _____

ucontinental.edu.pe



ES 18.11.2019 Nº 044.001 - 402.000

Anexo 04. Constancias de validación de instrumentos de obtención de datos por juicio de expertos.



FACULTAD DE INGENIERÍA
EAP. INGENIERÍA AMBIENTAL

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe Verónica Nelly Canales Guerra, con documento de identidad N° 20121156, de profesión bióloga, con estudios de maestría en docencia, investigación y currículum, ejerciendo actualmente como docente en la Universidad Continental.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (fichas de obtención de datos físicos y biológicos), a los efectos de su aplicación en el proyecto de investigación titulado "DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS CONSIDERADOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA HUACRACOA - HUANCAYO EN EL PERIODO DE ABRIL A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2019".

| | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|-----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Pertinencia | | | x | |
| Claridad y precisión | | | x | |
| Facilidad de uso | | | | x |
| Facilidad de interpretación | | | | x |

Huancayo 26 de noviembre del 2019

.....
Firma
DNI N°20121156.....

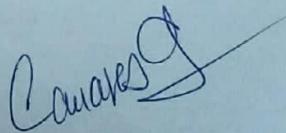
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe Verónica Nelly Canales Guerra, con documento de identidad N° 20121156, de profesión bióloga, con estudios de maestría en docencia, investigación y currículum, ejerciendo actualmente como docente en la Universidad Continental.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (fichas de obtención de datos físicos y biológicos), a los efectos de su aplicación en el proyecto de investigación titulado "DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS CONSIDERADOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA HUACRACOCHA - HUANCAYO EN EL PERIODO DE ABRIL A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2019".

| | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|-----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Pertinencia | | | x | |
| Claridad y precisión | | | x | |
| Facilidad de uso | | | | x |
| Facilidad de interpretación | | | | x |

Huancayo 26 de noviembre del 2019



.....
Firma
DNI N°20121156.....



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA
EAP. INGENIERÍA AMBIENTAL

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

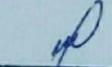
Quien suscribe Leonardo Orduña Gutiérrez, con documento de identidad N° 31619520, de profesión biólogo, con estudios de maestría en fisiología humana, ejerciendo actualmente como docente en la Universidad Continental.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (fichas de obtención de datos físicos y biológicos), a los efectos de su aplicación en el proyecto de investigación titulado "DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS CONSIDERADOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA HUACRACOCHA - HUANCAYO EN EL PERÍODO ABRIL A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2019".

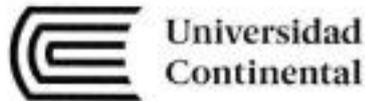
| | Deficiente | Aceptable | Bueno | Excelente |
|-----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Pertinencia | | | | x |
| Claridad y precisión | | | x | |
| Facilidad de uso | | | | x |
| Facilidad de interpretación | | | | x |

Huancayo 22 de noviembre del 2019.

FIRMA
DN# 31619520


Carmen Torres Cárdenas
Jefa de Laboratorio de
Genética Básica
Universidad Continental

Anexo 05. Constancia de calibración de equipos.



**Universidad
Continental**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
EAP. INGENIERÍA AMBIENTAL**

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

La dirección de los laboratorios de biología y química de la Universidad Continental, de acuerdo a lo establecido por la norma internacional ISO 9001:2015 y conforme a su competitividad educativa, confirma la correcta calibración de los equipos utilizados en el proyecto de investigación titulado "DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS CONSIDERADOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA HUACRACOCHA - HUANCAYO EN EL PERÍODO ABRIL A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2019".

| Nombre del equipo | Especificaciones | Condiciones |
|-------------------|------------------------------|-------------|
| Multiparametro | HANNA INSTRUMENTS - HI 8633 | Calibrado |
| Turbidímetro | HANNA INSTRUMENTS - HI 93703 | Calibrado |
| Oxímetro portátil | OHAUS - ST300D | Calibrado |

Huancayo 22 de enero del 2019.




**Centro de Estudios Científicos
Instituto de Laboratorios de
Ciencias Exactas
Universidad Continental**

.....
FIRMA

Anexo 06. Ficha de obtención de datos físicos.

| | | | |
|---|---------------------------------|---------|--------------------------|
| Fecha: | | Hora: | |
| Punto de muestreo N° : Parámetros físicos <i>in situ</i> | | | |
| Coordenadas de ubicación | | | |
| Temporada | Lluvia <input type="checkbox"/> | Estiaje | <input type="checkbox"/> |
| pH | | | |
| Temperatura (T) | | | |
| Conductividad eléctrica | | | |
| SST | | | |
| OD | | | |
| Punto de muestreo N° : Parámetros físicos en laboratorio | | | |
| Temperatura (T) | | | |
| Conductividad eléctrica | | | |
| Turbidez | | | |
| OD | | | |
| pH | | | |
| OBSERVACIONES: | | | |

Anexo 07. Ficha de obtención de datos biológicos (identificación de especies).

| | Código de especie | Especies identificadas: | Dibujo: |
|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------|
| Punto de Muestreo N°..... | F - | Imperio: | |
| | | Reino: | |
| | | Phylum | |
| | | Subphylum | |
| | | Clase: | |
| | | Orden: | |
| | | Familia: | |
| | | Género: | |
| Punto de Muestreo N°..... | F - | Imperio: | |
| | | Reino: | |
| | | Phylum: | |
| | | Subphylum: | |
| | | Clase: | |
| | | Orden: | |
| | | Familia: | |
| | | Género: | |
| Punto de Muestreo N°..... | F - | Imperio: | |
| | | Reino: | |
| | | Phylum: | |
| | | Subphylum: | |
| | | Clase: | |
| | | Orden: | |
| | | Familia: | |
| | | Género: | |
| Punto de Muestreo N°..... | F - | Imperio: | |
| | | Reino: | |
| | | Phylum: | |
| | | Subphylum: | |
| | | Clase: | |
| | | Orden: | |
| | | Familia: | |
| | | Género: | |

Anexo 08. Ficha de obtención de datos biológicos (conteo de especies seleccionadas).

| CONTEO DE FITOPLANCTON: CAMARA NEUBAUER | | |
|---|------------------------|-----------------------|
| Fecha: | | |
| Punto de muestreo N° | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/mL) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula</i> sp. | | |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | | |
| <i>Desmodesmus communis</i> | | |
| <i>Euglena</i> sp. | | |
| <i>Amphipleura</i> sp. | | |
| Punto de muestreo N° | | |
| Especie seleccioanda | Concentración (ind/mL) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula</i> sp. | | |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | | |
| <i>Desmodesmus communis</i> | | |
| <i>Euglena</i> sp. | | |
| <i>Amphipleura</i> sp. | | |
| Punto de muestreo N° | | |
| Especie seleccioanda | Concentración (ind/mL) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula</i> sp. | | |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | | |
| <i>Desmodesmus communis</i> | | |
| <i>Euglena</i> sp. | | |
| <i>Amphipleura</i> sp. | | |

Anexo 09. Registro de datos físicos, *in situ* y en laboratorio en el mes de mayo y septiembre.

Ficha de obtención de datos físicos.

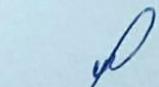
| | | | |
|--|---------------------------------|---|--|
| Fecha: 24-05-19 | | Hora: 11:22 am | |
| Punto de muestreo N° 01 : Parámetros físicos in situ | | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 03' 7" | 75° 05' 32 5" | |
| Temporada | Lluvia <input type="checkbox"/> | Estiaje <input checked="" type="checkbox"/> | |
| pH | 7.05 | | |
| Temperatura (T) | 11.5 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0.04 µs/cm | | |
| SST | 0.02 ppt | | |
| OD | 7.61 mg/L | | |
| Punto de muestreo N° 01 : Parámetros físicos en laboratorio | | | |
| Temperatura (T) | 24.8 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0.16 µs/cm | | |
| Turbidez | 4.74 UNT | | |
| OD | 7.6 mg/L | | |
| pH | 7.05 | | |
| OBSERVACIONES: Excretos de animales en la orilla de la Laguna. | | | |



 Carlos Torres Cáceres
 Jefe de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Ficha de obtención de datos físicos.

| | | | |
|--|---------------------------------|---|----------|
| Fecha: | 24-05-19 | Hora: | 12:15 pm |
| Punto de muestreo N° 02 : Parámetros físicos in situ | | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 03' 06 5" | 75° 06' 07 4" | |
| Temporada | Lluvia <input type="checkbox"/> | Estiaje <input checked="" type="checkbox"/> | |
| pH | 7,06 | | |
| Temperatura (T) | 12,7 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,03 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | |
| SST | 0,02 ppb | | |
| OD | 8,98 mg/L | | |
| Punto de muestreo N° 02 : Parámetros físicos en laboratorio | | | |
| Temperatura (T) | 24,7 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | | |
| Turbidez | 6,22 UNT | | |
| OD | 8,9 mg/L | | |
| pH | 7,05 | | |
| OBSERVACIONES: No hay observaciones | | | |


 Carmen Torres Cáceres
Jefatura de Laboratorios de
Ciencias Básicas
Universidad Continental

Ficha de obtención de datos físicos.

| | | | |
|--|---------------------------------|---|--|
| Fecha: 24-05-19 | | Hora: 12:40 pm | |
| Punto de muestreo N° 03 : Parámetros físicos in situ | | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 02' 57 6" | 75° 06' 27 2" | |
| Temporada | Lluvia <input type="checkbox"/> | Estiaje <input checked="" type="checkbox"/> | |
| pH | 7,63 | | |
| Temperatura (T) | 12 ° C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 $\mu\text{S/cm}$ | | |
| SST | 0,02 ppt | | |
| OD | 8,68 mg/L | | |
| Punto de muestreo N° 03 : Parámetros físicos en laboratorio | | | |
| Temperatura (T) | 24.7 ° C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,16 $\mu\text{S/cm}$ | | |
| Turbidez | 5,28 UNT | | |
| OD | 8.5 mg/L | | |
| pH | 7.1 | | |
| OBSERVACIONES: No hay observaciones. | | | |



 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Ficha de obtención de datos físicos.

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Fecha: 12/09/19 | Hora: 10:50 am | |
| Punto de muestreo N° 01 : Parámetros físicos in situ | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 03' 00 7" | 75° 05' 52 . 5" |
| Temporada | Lluvia <input checked="" type="checkbox"/> | Estiaje <input type="checkbox"/> |
| pH | 7.4 | |
| Temperatura (T) | 11.5 °C | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 µS/cm | |
| SST | 9,02 ppt | |
| OD | 4,74 mg/L | |
| Punto de muestreo N° 01 : Parámetros físicos en laboratorio | | |
| Temperatura (T) | 21,8 °C | |
| Conductividad eléctrica | 0,05 µS/cm | |
| Turbidez | 4,26 UNT | |
| OD | 4,73 mg/L | |
| pH | 7,16 | |
| OBSERVACIONES: La laguna Juacrachoche presenta menor volumen de aguas hay formación de islotes. | | |



 Carmen Torres Cáceres
 Jefa de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Ficha de obtención de datos físicos.

| | | | |
|--|--|----------------------------------|----------|
| Fecha: | 12/09/19 | Hora: | 11:40 am |
| Punto de muestreo N° 02 : Parámetros físicos in situ | | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 03'06 5" | 75° 06'07 4" | |
| Temporada | Lluvia <input checked="" type="checkbox"/> | Estiaje <input type="checkbox"/> | |
| pH | 7,48 | | |
| Temperatura (T) | 10 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 $\mu\text{S/cm}$ | | |
| SST | 0,02 ppt | | |
| OD | 3,97 mg/L | | |
| Punto de muestreo N° 02 : Parámetros físicos en laboratorio | | | |
| Temperatura (T) | 21,4 °C | | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 $\mu\text{S/cm}$ | | |
| Turbidez | 3,77 UNT | | |
| OD | 3,9 mg/L | | |
| pH | 6,96 | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| La laguna fuecreacha presente menor volumen de agua, hay formación de islotes. | | | |


 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Ficha de obtención de datos físicos.

| | | | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------|--|
| Fecha : | 12/09/19 | | Hora: | 12:10 pm | |
| Punto de muestreo N° 03 : Parámetros físicos in situ | | | | | |
| Coordenadas de ubicación | 12° 02' 57 6" | | 75° 06' 27 2" | | |
| Temporada | Lluvia | <input checked="" type="checkbox"/> | Estiaje | <input type="checkbox"/> | |
| pH | 7,64 | | | | |
| Temperatura (T) | 9,8 °C | | | | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 µS/cm | | | | |
| SST | 0,02 pp6 | | | | |
| OD | 4,72 mg/L | | | | |
| Punto de muestreo N° 03 : Parámetros físicos en laboratorio | | | | | |
| Temperatura (T) | 19,7 °C | | | | |
| Conductividad eléctrica | 0,04 µS/cm | | | | |
| Turbidez | 4,9 UNT | | | | |
| OD | 4,74 mg/L | | | | |
| pH | 7,04 | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| La Laguna Macareocha presenta mayor volumen de agua, hay formación de islotes. | | | | | |



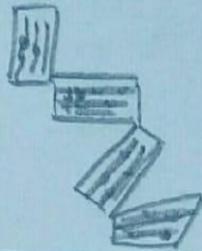
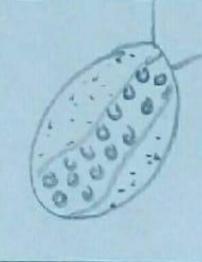
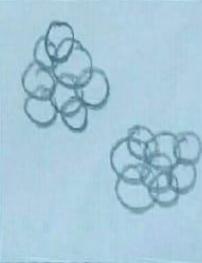
Carmen Torres Cáceres
 Jefe(a) de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Anexo 10. Registro de datos biológicos en laboratorio (identificación de especies) en el mes de mayo y septiembre.

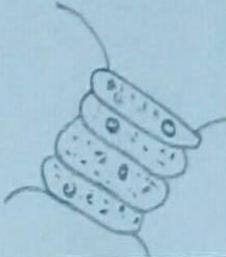
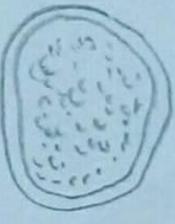
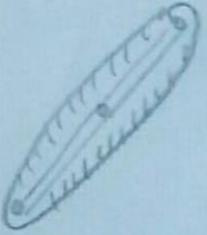
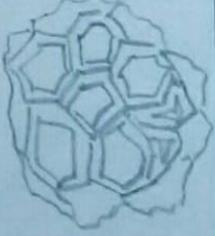
Ficha de obtención de datos biológicos (identificación de especies).

| Código de especie | Especies identificadas: | Dibujo: | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| Punto de Muestreo N°....01... | F-01 <i>Melosira varians</i> | Imperio: Eucariota Reino: Chromista Phylum: Bacillariophyta Subphylum: Coscinodiscophytina Clase: Coscinodiscophyceae Orden: Melosirales Familia: Melosiraceae Género: Melosira | |
| | F-02 <i>Amphipleura sp</i> | Imperio: Eucariota Reino: Chromista Phylum: Bacillariophyta Subphylum: Bacillariophytina Clase: Bacillariophyceae Orden: Naviculales Familia: Naviculaceae Género: Amphipleura | |
| | F-03 <i>Navicula sp</i> | Imperio: Eucariota Reino: Chromista Phylum: Bacillariophyta Subphylum: Bacillariophytina Clase: Bacillariophyceae Orden: Naviculales Familia: Naviculaceae Género: Navicula | |
| | F-04 <i>Fragilaria crotonensis</i> | Imperio: Eucariota Reino: Chromista Phylum: Bacillariophyta Subphylum: Bacillariophytina Clase: Bacillariophyceae Orden: Fragilariiales Familia: Fragilariaceae Género: Fragilaria | |

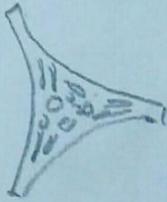
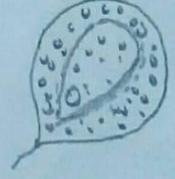
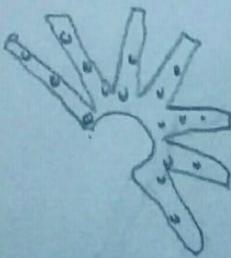

 Corina Torres Cáceres
 Jefa de Laboratorio de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

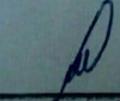
| Código de especie | Especies identificadas: | Dibujo: | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Punto de Muestreo N°..01... | F-05 <i>Tabellaria</i> <i>placulosa</i> | Imperio: Eukaryota Reino: Chromista Phylum: Bacillariophyta Subphylum: Bacillariophytina Clase: Bacillariophyceae Orden: Tabellariales Familia: Tabellariaceae Género: Tabellaria |  |
| | F-06 <i>Mallomonas</i> sp. | Imperio: Eucaryota Reino: Chromista Phylum: Ochrophyta Subphylum: - Clase: Synurophyceae Orden: Synurales Familia: Mallomonadaceae Género: Mallomonas |  |
| | F-07 <i>Cryptomonas</i> <i>ovata</i> | Imperio: Eucaryota Reino: Chromista Phylum: Cryptophyta Subphylum: - Clase: Cryptophyceae Orden: Cryptomonadales Familia: Cryptomonadaceae Género: Cryptomonas |  |
| | F-08 <i>Coelastrum</i> <i>microporum</i> | Imperio: Eucaryota Reino: Plantae Phylum: Chlorophyta Subphylum: Chlorophytina Clase: Chlorophyceae Orden: Sphaeropleales Familia: Scenedesmeceae Género: Coelastrum |  |


 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

| Punto de Muestreo N°...02 | Código de especie | Especies identificadas: | Dibujo: |
|------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| | F-09 <i>Desmodesmus communis</i> | Imperio: Eucaryota |  |
| | | Reino: Plantae | |
| | | Phylum: Chlorophyta | |
| | | Subphylum: Chlorophytina | |
| Clase: Chlorophyceae | | | |
| Orden: Sphaeropleales | | | |
| Familia: Scenedesmaaceae | | | |
| Género: <i>Desmodesmus</i> | | | |
| F-10 <i>Euglena sp</i> | Imperio: Eucaryota |  | |
| | Reino: Protista | | |
| | Phylum: Euglenozoa | | |
| | Subphylum: - | | |
| | Clase: Euglenoidea | | |
| | Orden: Euglenales | | |
| | Familia: Euglenaceae | | |
| Género: <i>Euglena</i> | | | |
| F-11 <i>Pinnularia sp</i> | Imperio: Eucaryota |  | |
| | Reino: Chromista | | |
| | Phylum: Bacillariophyta | | |
| | Subphylum: Bacillariophytina | | |
| | Clase: Bacillariophyceae | | |
| | Orden: Naviculales | | |
| | Familia: Pinnulariaceae | | |
| Género: <i>Pinnularia</i> | | | |
| F-12 <i>Pediastrum sp</i> | Imperio: Eucaryota |  | |
| | Reino: Plantae | | |
| | Phylum: Chlorophyta | | |
| | Subphylum: Chlorophytina | | |
| | Clase: Chlorophyceae | | |
| | Orden: Sphaeropleales | | |
| | Familia: Hydrodictyaceae | | |
| Género: <i>Pediastrum</i> | | | |


 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

| Punto de Muestreo N° 03 | Código de especie | Especies identificadas: | Dibujo: |
|---|------------------------------|---|---|
| | F-13 <i>Closterium</i> sp | Imperio: Eucariota |  |
| | | Reino: Plantae | |
| | | Phylum: Charophyta | |
| | | Subphylum: - | |
| Clase: Conjugatophyceae | | | |
| F-14 <i>Staurastrum</i> sp | Orden: Desmidiaceae |  | |
| | Familia: Desmidiaceae | | |
| | Género: Staurastrum | | |
| | Imperio: Eucariota | | |
| | Reino: Plantae | | |
| F-15 <i>Phacus</i> sp. | Phylum: Charophyta |  | |
| | Subphylum: - | | |
| | Clase: Conjugatophyceae | | |
| | Orden: Desmidiales | | |
| | Familia: Desmidiaceae | | |
| F-16 <i>Asterionella formosa</i> Hassall | Género: Phacus |  | |
| | Imperio: Eucariota | | |
| | Reino: Chromista | | |
| | Phylum: Bacillariophyta | | |
| | Subphylum: Bacillariophytina | | |
| Clase: Bacillariophyceae | | | |
| Orden: Tabellariales | | | |
| Familia: Tabellariaceae | | | |
| Género: Asterionella | | | |



 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Biológicas
 Universidad Continental

Anexo 11. Registro de datos biológicos en laboratorio (conteo de especies) en el mes de mayo y septiembre.

Ficha de obtención de datos biológicos (conteo de especies seleccionadas)

| CONTEO DE FITOPLANCTON: CAMARA NEUBAUER | | |
|---|------------------------|-----------------------|
| Fecha: 24/05/19 | | |
| Punto de muestreo N° P1 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 110000 | 110 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 145000 | 145 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 92500 | 93 |
| <i>Euglena sp</i> | 10000 | 10 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 55000 | 55 |
| Punto de muestreo N° P2 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 65000 | 65 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 75000 | 75 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 102500 | 103 |
| <i>Euglena sp</i> | 12500 | 13 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 45000 | 45 |
| Punto de muestreo N° P3 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 85000 | 85 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 117500 | 118 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 100000 | 100 |
| <i>Euglena sp</i> | 7500 | 7.5 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 35000 | 35 |



 Carmen Torres Cáceres

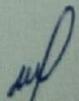
 Jefatura de Laboratorios de

 Ciencias Básicas

 Universidad Continental

Ficha de obtención de datos biológicos (conteo de especies seleccionadas)

| CONTEO DE FITOPLANCTON: CAMARA NEUBAUER | | |
|---|------------------------|-----------------------|
| Fecha: 12/09/19 | | |
| Punto de muestreo N°... P1 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 40000 | 40 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 57500 | 58 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 80000 | 80 |
| <i>Euglena sp</i> | 10000 | 10 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 7500 | 8 |
| Punto de muestreo N°... P2 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 25000 | 25 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 35000 | 35 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 65000 | 65 |
| <i>Euglena sp</i> | 20000 | 20 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 15000 | 15 |
| Punto de muestreo N°... P3 | | |
| Especie seleccionada | Concentración (ind/ml) | Concentración (ind/L) |
| <i>Navicula sp</i> | 45000 | 45 |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | 35000 | 35 |
| <i>Desmodesmus communis</i> | 67500 | 68 |
| <i>Euglena sp</i> | 2500 | 3 |
| <i>Amphipleura sp</i> | 22500 | 23 |



 Carmen Torres Cáceres
 Jefatura de Laboratorios de
 Ciencias Básicas
 Universidad Continental

Anexo 12. Panel fotográfico de la investigación.



Muestras obtenidas de la primera visita a la Laguna Huacracocha.



Muestras obtenidas en la segunda visita a la Laguna Huacracocha.



Oxímetro utilizado para las mediciones en campo y laboratorio.



Multiparámetro utilizado para las mediciones en campo y laboratorio.



Centriguga utilizada para asentar el sedimento de las muestras.



Micropipeta utilizada para el conteo de fitoplancton en laboratorio.



Microscopio utilizado para la identificación y conteo de fitoplancton.



Procedimiento para la identificación de fitoplancton, extracción de 10 mL de muestra con sedimento en un tubo Falcon.



Procedimiento para la identificación de fitoplancton, sedimentación de la muestra.



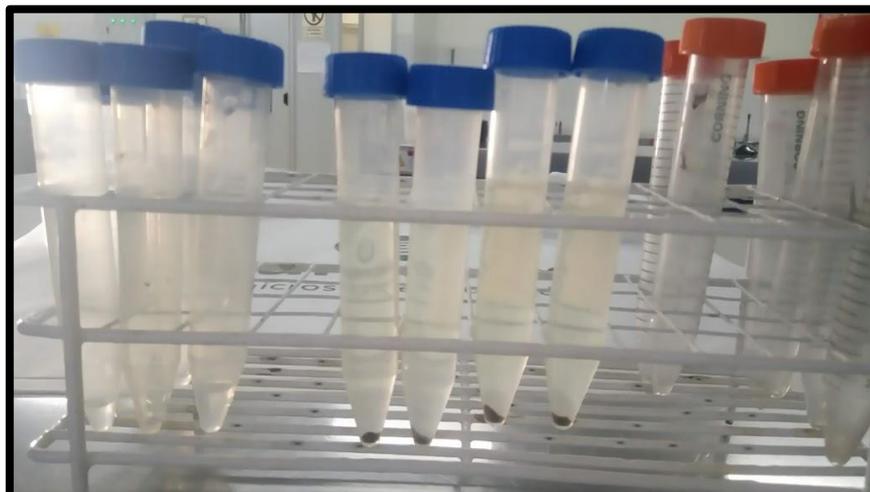
Procedimiento para la identificación de fitoplancton, muestras listas para la observación en el microscopio.



Procedimiento para la identificación de fitoplancton, vista en microscopio.



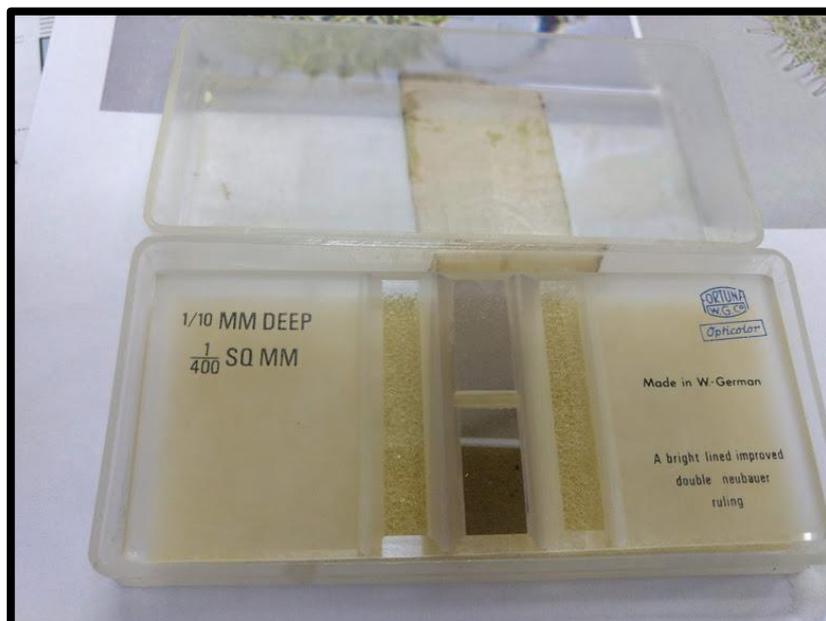
Procedimiento para el conteo de fitoplancton, extracción de 10 mL de muestra con sedimento en un tubo Falcon.



Procedimiento para el conteo de fitoplancton, homogenización de la muestra para la distribución del sedimento.



Procedimiento para el conteo de fitoplancton, empleo de la micropipeta para emplear la cámara de Neubauer.



Procedimiento para el conteo de fitoplancton, empleo de los recipientes de la cámara de Neubauer.



Procedimiento para el conteo de fitoplancton, identificación y cuantificación de las especies seleccionadas como muestra representativa.



Muestreo correspondiente al mes de mayo.



Muestreo correspondiente al mes de septiembre.



Muestra cotejada al mes de septiembre.



Medición de pH, temperatura, conductividad eléctrica y SST in situ.



Evidencia de la disminución de agua o retroceso de la Laguna Huacracocho en época de estiaje.



Evidencia de parihuanas que habitan en la Laguna Huacracocho.



Evidencia de excretas de animales.



Evidencia de excretas de animales (2).