



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo – Sullana, 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

García Leon, Angel Gabriel (orcid.org/0000-0001-6025-0253)

Sembrera Velasco, Karen Anthuanet (orcid.org/0000-0003-2439-6970)

**ASESOR:**

MSc. Huerta Chombo, German Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

## DEDICATORIA

Dedicamos nuestra tesis principalmente a Dios, por darnos la fuerza y salud necesaria para culminar esta meta.

A nuestros padres, por todo su amor y por motivarnos a seguir hacia adelante.

También a nuestros hermanos, por brindarnos su apoyo moral cuando nos hacía falta.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que formaron parte de nuestra formación como profesionales y a nuestro asesor por darnos brindarnos su apoyo constante para lograr nuestro objetivo.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo – Sullana, 2023.", cuyos autores son GARCIA LEON ANGEL GABRIEL, SEMBRERA VELASCO KAREN ANTHUANET, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 26 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS <b>DNI:</b> 04206862 <b>ORCID:</b> 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 12-12- 2023 22:16:02

Código documento Trilce: TRI - 0666024



**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, GARCIA LEON ANGEL GABRIEL, SEMBRERA VELASCO KAREN ANTHUANET estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Floraciones algales de Microcystis aeruginosa y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo – Sullana, 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ANGEL GABRIEL GARCIA LEON <b>DNI:</b> 70929723 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6025-0253	Firmado electrónicamente por: AGARCIALE31 el 2611- 2023 10:12:01
KAREN ANTHUANET SEMBRERA VELASCO <b>DNI:</b> 61542441 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2439-6970	Firmado electrónicamente por: KSEMBRERA el 26- 112023 10:16:14

Código documento Trilce: TRI - 0666026

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos .....	27
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN .....	38
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	44
REFERENCIAS .....	45
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Índice de estado trófico</i>	12
<b>Tabla 2:</b> <i>Georreferenciación de puntos de monitoreo</i>	18
<b>Tabla 3:</b> <i>Determinación de las cantidades de algas</i>	27
<b>Tabla 4:</b> <i>Resultados de la cantidad de algas</i>	27
<b>Tabla 5:</b> <i>Resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos</i>	28
<b>Tabla 6:</b> <i>Correlación entre las floraciones algales de Microcystis aeruginosa y los parámetros fisicoquímicos</i>	29
<b>Tabla 7:</b> <i>Cantidad de floraciones algales de Microcystis aeruginosa y clorofila "a"</i>	30
<b>Tabla 8:</b> <i>Correlación de floraciones algales de Microcystis aeruginosa con la clorofila "a"</i>	31
<b>Tabla 9:</b> <i>Fórmula para estimar TSI Chla</i>	32
<b>Tabla 10:</b> <i>Estimación del índice trófico de la clorofila "a" (TSI Chla)</i>	33
<b>Tabla 11:</b> <i>Fórmula para estimar TSI Fósforo total</i>	33
<b>Tabla 12:</b> <i>Estimación del índice trófico del Fósforo total (TSI Pt)</i>	34
<b>Tabla 13:</b> <i>Fórmula para estimar TSI Disco Secchi</i>	34
<b>Tabla 14:</b> <i>Estimación del índice trófico del Disco Secchi (TSI Ds)</i>	35
<b>Tabla 15:</b> <i>Fórmula del índice trófico</i>	35
<b>Tabla 16:</b> <i>Índice de estado trófico según Carlsson</i>	36
<b>Tabla 17:</b> <i>Correlación entre las floraciones algales de Microcystis aeruginosa con los valores de los índices tróficos de la clorofila "a", fósforo y el Disco Secchi</i>	37
<b>Tabla 18:</b> <i>Correlación entre las floraciones algales y el índice trófico</i>	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Vista de la colonia de la cianobacteria <i>Microcystis aeruginosa</i></i>	10
<b>Figura 2.</b> <i>Fotografía de toma de muestra LLPat1</i>	20
<b>Figura 3.</b> <i>Fotografía análisis de muestras de LLPat2</i>	20
<b>Figura 4.</b> <i>Fotografía toma de muestra de LLPat3</i>	21
<b>Figura 5.</b> <i>Fotografía toma de muestra de LLPat4</i>	21
<b>Figura 6.</b> <i>Fotografía toma de muestra de LLPat5</i>	22
<b>Figura 7.</b> <i>Fotografía toma de muestras de LLPat6</i>	22
<b>Figura 8.</b> <i>Floraciones de <i>Microcystis aeruginosa</i></i>	23
<b>Figura 9.</b> <i>Vista de la cámara Neubauer</i>	24
<b>Figura 10.</b> <i>Vista de cuadrante con presencia de <i>Microcystis aeruginosa</i></i>	25

## RESUMEN

Los cuerpos lénticos como las lagunas son de gran importancia para la diversidad acuática, pero actualmente se están viendo afectados por la eutrofización y las floraciones de cianobacterias como la *Microcystis aeruginosa*, es por ello que esta investigación tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo, la metodología empleada fue básica de exploración, con la recolección de 6 muestras de agua en diferentes puntos de la laguna Querecotillo, se midieron parámetros como el fósforo, clorofila a, nitrógeno, ph, disco de Secchi, Oxígeno disuelto y temperatura, los cuales con la clasificación del índice de estado trófico (TSI) de Carlson se determinó que la laguna se encuentra en estado eutrófico, para luego procesar los datos en el SPSS de los parámetros medidos con la cantidad de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, donde se encontró que hay una correlación estadísticamente significativa entre los parámetros como la clorofila a, el nitrógeno, fósforo, disco de Secchi con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, concluyendo que las elevadas cantidades de clorofila a, nitrógeno, fósforo y la transparencia del disco de Secchi son indicadores que hay presencia de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*.

**Palabras clave:** Eutrofización, floraciones algales, laguna Querecotillo.

## ABSTRACT

Still waters such as lakes are of great importance for diversity, but now they are being affected by eutrophication and cyanobacteria blooms such as *Microcystis aeruginosa*. Therefore, this study aimed to determine the relationship between algal blooms of *Microcystis aeruginosa* and the trophic index of Lake Querecotillo. The methodology used was basic exploration, with the collection of 6 water samples at different points of Lake Querecotillo. Parameters such as phosphorus, chlorophyll a, nitrogen, ph, Secchi disk, dissolved oxygen and temperature were measured, which with the classification of Carlson's trophic state index (TSI), it was determined that the Lake is in a eutrophic state. The data was then processed in SPSS of the parameters, with the quantity of algal blooms of *Microcystis aeruginosa* measured. It was found that there is a statistically significant correlation between parameters such as chlorophyll a, nitrogen, phosphorus, Secchi disk and *Microcystis aeruginosa* algal blooms, concluding that the high amounts of chlorophyll a, nitrogen, phosphorus and the transparency of the Secchi disk are indicators that *Microcystis aeruginosa* algal blooms are present.

**Keywords:** Eutrophication, algal blooms, Lake Querecotillo .

## I. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos lénticos como las lagunas representan reservas importantes de biodiversidad de flora y fauna, además de dar aspectos estéticos y agradables al ecosistema, produciendo el crecimiento de actividades económicas, como lo es el turismo. Sin embargo, en las últimas décadas, el desarrollo del campo de la agricultura genera aguas residuales agrícolas con alto contenido de nutrientes que han intensificado la problemática ambiental relacionada con las aguas superficiales (Yu, 2022, p.12).

Los efluentes descargados a estos cuerpos de agua presentan elevadas concentraciones de nutrientes, lo cual provoca una alteración de la calidad del agua; dando paso a la eutrofización, en donde se presentan floraciones algales como la *Microcystis aeruginosa*, que al estar en un ambiente favorable con las condiciones adecuadas incrementan su abundancia generando la contaminación de aguas superficiales y un alto riesgo de afectar la fauna que habita en dicho ecosistema provocando envenenamiento y/o intoxicación; asimismo, afecta a las personas que viven cerca de los almacenamientos de aguas terrestres debido a que, estas algas tienen características mal olientes y tóxicas que puede llegar a causar enfermedades en un corto o largo plazo como problemas respiratorios, dermatológicos y/o cancerígenos (Huisman et al., 2018,p.1).

En el contexto internacional, el lago Tota-Boyacá, Colombia se ve un problema ambiental permanente debido a la alteración de sus características fisicoquímicas y un desarrollo de eutrofización en las quebradas y desembocaduras de ríos que interactúa con este, consecuencia de la utilización de fertilizantes en los cultivos de gallinaza lo cual aporta elevadas concentraciones de nutrientes que termina afectando directamente al lago, puesto que recibe aportes excesivos de fósforo y nitrógeno generando un incremento en el volumen de cianobacterias, del mismo modo afecta a las especies que se desarrollan en ese ecosistema y altera el crecimiento de la especie no endémica *Elodea Egeria Densa* (Forero, 2021, p.84).

Dentro del contexto nacional, en el Humedal Albufera de Medio Mundo como

el lago Titicaca radica una problemática asociada con las proliferaciones masivas de cianobacterias de *Microcystis aeruginosa* las cuales producen una cianotoxina conocida como microcistina, que es causante de múltiples intoxicaciones de animales silvestres y/o domésticos, dado que el crecimiento de esta se asocia con la eutrofización de lagunas, lagos, ríos o humedales (Silva y Policarpio, 2023, p.10). Además, se expone como un peligro potencialmente crítico en la salud de las personas por la ingesta y por el uso recreacional que se le da (Chiclla, 2022, p.9).

Actualmente, la laguna Querecotillo es un hábitat con una gran importancia ecológica, por encontrarse dentro del frágil ecosistema del bosque seco en la costa norte peruana, que se ha visto afectado ante la tala indiscriminada, la desecación con fines de obtener terrenos para expansión agrícola, el sobrepastoreo y el uso de malas prácticas agrícolas, donde se utilizan fertilizantes y pesticidas causando el enriquecimiento de la laguna con altas concentraciones de nutrientes, que provocan la floración de algas (Sanchez, et. al, 2022, p.69). Dicha laguna presenta 6 grupos taxonómicos de diversidad Fito planctónica que pueden llegar a incrementar por valores óptimos de pH y la temperatura (Obregon, 2022, p.12) a grandes cantidades, de modo que el cuerpo de agua comienza a adquirir turbidez y un mal olor afectando la calidad del recurso hídrico (Escobar, 2020, p.16).

Para el desarrollo de nuestro proyecto nos planteamos como problema de investigación ¿Cuál es la relación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023?, y como problemas específicos ¿De qué manera las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* se relacionan con los valores de los parámetros fisicoquímicos de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023?, ¿De qué manera se relacionan las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con la concentración de clorofila "a" presente en la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023?, y por último ¿De qué manera se relaciona las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores del índice trófico de la clorofila a, fósforo y disco de Secchi según Carlson de la

laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023?

Nuestro proyecto de investigación se justifica teóricamente en ofrecer información sobre la relación de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con el nivel de eutrofización de la laguna Querecotillo para ello, se analizarán parámetros: físico químicos y biológicos. La justificación ambiental radica en permitir determinar en qué estado se encuentra la calidad del recurso hídrico para contribuir al cuidado y preservación de dicho recurso ya que existe poca información sobre el estado de este recurso hídrico y la presencia de floraciones algales. La justificación social se basa en ofrecer información acerca de los efectos que causan las actividades que se realizan en dicho lugar, generando conciencia en la población y así lograr una reducción significativa en la producción de nutrientes provenientes del uso descontrolado de fertilizantes empleados en la agricultura, así como también el mejor manejo de las actividades ganaderas.

Se planteó como objetivo general: Determinar la relación que existe entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023 y como primer objetivo específico: Establecer de qué manera las floraciones de *Microcystis aeruginosa* se relaciona con los valores de los parámetros fisicoquímicos de la laguna Querecotillo - Sullana como segundo objetivo específico: Determinar de qué manera la presencia de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* se relaciona con la concentración de clorofila "a" presentes la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023, como tercer objetivo específico Establecer de qué manera se relaciona las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores de los índices tróficos de la clorofila "a", fósforo y el disco Secchi Trófico de la laguna Querecotillo- Sullana en el año 2023.

Nos planteamos como hipótesis general que las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* tienen una relación directa con el nivel de eutrofización de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023, y como hipótesis específica 1 existe una relación directa entre la cantidad de las

floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los valores de los parámetros físico químicos de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023, como hipótesis específica 2 existe una relación significativa y directa entre la cantidad de las floraciones de *Microcystis aeruginosa* y el contenido de clorofila-a presente; y por último, como hipótesis específica 3 existe una relación significativa y directa entre la cantidad de las floraciones de *Microcystis aeruginosa* y los valores del Índice de Estados Tróficos de la laguna Querecotillo-Sullana en el año 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, presentamos los siguientes antecedentes realizados por distintos autores, los cuales se relacionan con nuestro tema floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con el índice trófico de lagunas, estos autores mencionan:

Andrade (2020, p.3) cuantificó el aporte y balance de fósforo y nitrógeno en determinadas estaciones climáticas y cómo influye en la dinámica de estos nutrientes en el embalse Oros-Ceará, Brasil. Realizaron un estudio por un largo período donde se realizaron 21 campañas de captación de agua, donde se calculó el flujo de entrada y salida de nitrógeno y fósforo totales empleando el Análisis de Componentes Principales (ACP) para describir las relaciones entre variables siendo procesados por el software SPSS. Los resultados indicaron que el embalse presentó un balance acumulando 176 mg de nitrógeno y 230 mg de fósforo, detectando un mayor aporte de nutrientes al embalse a lo largo del tiempo y una tendencia de aporte de zonas agrícolas y ganaderas.

Zambrano (2018, p.37) evaluó el nivel de eutrofización de la laguna natural El Carmen-Ecuador, se consideraron tres puntos de observaciones, en el mes de abril los resultados fueron para el fósforo total de 0.24, 0.28 y 0.26  $\mu\text{g/L}$  respectivamente y la concentración de fosfatos de 0.75, 0.89 y 0.81  $\mu\text{g/L}$ , en los valores de nitrógeno obtuvieron 27300, 36700 y 36100  $\mu\text{g/L}$  respectivamente,

los valores de clorofila "a" de 0.60, 0.52 y 0.67 mg/l. En julio se registró concentraciones de fósforo total de 0.66, 0.98 y 1.71  $\mu\text{g/L}$  y la concentración de fosfatos de 2.1, 3.1 y 5.4 de forma respectiva, los valores de nitrógeno fueron de 10, 50 y 140  $\mu\text{g/L}$  respectivamente y clorofila "a" 0.03, 0.8 y 0.4 mg/l. Se concluyó que la laguna se encuentra en estado oligotrófico en temporadas de precipitaciones presenta altas concentraciones de fitoplancton y fósforo, en temporadas secas, se da un cambio ha estado trófico, por la extinción de microalgas.

Villabona et. al (2020, p.3); y Villagómez et. al (2019, p.4) evaluaron las variables fisicoquímicas y biológicas de mayor influencia en el estado trófico de una laguna, se realizaron dos estudios donde evaluaron los niveles de concentración de fósforo total, concentración de clorofila "a" y nitratos, donde los resultados determinaron que la concentración de estos son 0.229 y 0.30 mg/l para el fósforo total, en las concentraciones de clorofila varía desde 7.89 y 319.24  $\mu\text{g/L}$  y finalmente en los valores de nitratos varía entre 0.1 y 4.02 mg/L evidenciando un estado trófico avanzado (Eutrófico e Hipertrófico) consecuencia del incremento de la densidad fitoplactónica producto del enriquecimiento por nutrientes de esas aguas.

Eirin (2020, p.33) Analizó el estado trófico actual de las lagunas utilizando las variables ambientales y diatomeas del cuerpo de agua de la laguna Rocha - Uruguay realizando un muestreo entre los años 2016 y 2017. Las variables medidas fueron la temperatura, la salinidad y la turbidez utilizando el multiparámetro de Horiba y para los nutrientes y la clorofila "a" se tomaron muestras a 10 cm de profundidad en el agua. Recolectaron muestras de la cantidad de fitoplancton presente en los 5 puntos de muestreo con ayuda de una red cónica de 100  $\mu\text{m}$  de malla con un diámetro de 30 cm. Los resultados indicaron que la temperatura promedio fue de 26°C, por otro lado, en 3 puntos de monitoreo la turbidez y el fósforo fueron mayores en concentraciones, determinando que la laguna se encuentra en un estado mesotrófico/eutrófico.

Crisóstomo et al. (2016, p. 41) estudio las cantidades de fitoplancton a medida que cambian los valores de los parámetros fisicoquímicos en la laguna del Carpintero ubicada en México, la recolecta de muestras se realizo en tres estaciones al norte cada dos meses, en donde se obtuvieron concentraciones altas de clorofila entre los 13.12 y 117.81 mg/m<sup>3</sup>, interfiero que su índice de estado trófico vario entre los 55.81 y 77.38 TSI, con un promedio de 64.84 TSI que son mayores a los establecido por Carlson.

Quirós et al. (2002, p.11) relacionó el estado trófico con la cantidad de comunidades bióticas en las lagunas pampeanas en Argentina, en donde se realizó la recolección de datos en épocas con permanencia de agua y salinidad considerable, en donde detalla que los índices de estado trófico de la clorofila "a" y fósforo total que se encontraron en estado eutrófico >50 , son dominadas por fitoplacton donde la biomasa algal es mayormente apreciada en las lagunas turbias debido a las altas concentraciones de fósforo y clorofila "a", además la transparencia del agua eta vinculada directamente con la biomasa algal

Somma (2018, p.55) determinó los factores ambientales que se relacionan con la presencia y biomasa de comunidades Fito planctónicas en una cuenca con características lólicas y lénticas de la cuenca de Santa Lucia-Uruguay. Se tomaron 8 sitios de muestreo con 12 muestras cada uno de forma quincenal, evaluaron parámetros como: Temperatura, conductividad, profundidad, pH, turbidez y oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila "a". Los resultados obtenidos demuestran que existe eutrofización e hipereutrofización, con valores de fósforo y clorofila por encima de lo aceptable con valores >1600 µg/L y 7.46µg/L respectivamente y para la comunidad de fitoplancton con volúmenes de 102.5 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> teniendo relación directa con los nutrientes aportados y la temperatura a 28°C, sin embargo, algunos puntos, un factor limitante fue la baja conductividad eléctrica.

Rodríguez et al. (2019, p.4) analizó el estado trófico y el volumen de

fitoplancton en 3 lagos. Se realizaron 8 muestreos, recolectando muestras superficiales para los parámetros como la clorofila "a", además, se evaluaron el oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad y transparencia. Los resultados mostraron que el pH varió entre 6.92 y 9.13, el oxígeno disuelto varió entre 6.37 y 10.56 mg/L. En la conductividad se obtuvo 3320  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para un lago y un promedio de 2861.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para los otros dos lagos, la concentración de clorofila "a" fueron de 48.03  $\mu\text{g}/\text{L}$  y 37.08  $\mu\text{g}/\text{L}$  demostrando que en dos lagunas existe una hipertrofización como picos  $>100\mu\text{g}/\text{L}$  con tendencia a aumentar en época de estiaje. Por otro lado, el volumen fitoplanctónico registró valores de  $2707.2 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$  y  $321.7 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$  dos lagos, demostrando que hay una relación importante entre los valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que provocan la eutrofización.

Pichardo (2021, p.41) Evaluó el efecto de los nutrientes en el medio acuático y su influencia en la producción de toxinas paralizantes en las cianobacterias, por otro lado, relacionar si las limitaciones de fósforo y el exceso de nitrógeno influyen en el crecimiento de las cianobacterias. Para ello, se clasificaron las 126 muestras en tres grupos experimentales de 42 frascos de poliestireno de 250 mL; con una duración de 33 días y una temperatura constante de 24 días, se procedió a insertar y limitar nitrógeno y fósforo respectivamente. Los resultados arrojaron curvas de crecimiento constante al presentar un enriquecimiento de fósforo y nitrógeno, sin embargo, al reducir los valores de estos se evidenció una menor presencia de cianobacterias y por ende una menor cantidad de toxinas.

Rodas et. al (2020, p.91) determinaron el consumo y aporte de nutrientes de microorganismo como la *Microcystis* con la finalidad de observar la dinámica de este. Se recolectaron muestras de microalgas en un punto del lago. Para el análisis se adicionó una solución con nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (7.5g/100mL) y fósforo en  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (0.5/100 mL) además, se agregó agua con materia orgánica; pasando a una inoculación de 5 días donde se midió la turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, pH y la biomasa. Los

resultados fueron para conductividad (0.941 a 0.919mS/cm), temperatura (18.9 a 20.1°C), el pH (8.54 a 8.64), turbidez (235 a 351 NTU) y oxígeno disuelto (6.82 a 7.25 mg/L), la biomasa presentó una tendencia al crecimiento concluyendo que el fósforo y el nitrógeno controlan el desarrollo de biomasa algal, y la magnitud de las floraciones. También se determinó que el estado trófico del lago es alto.

Baylon et. al (2018, p.3) analizaron los parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura para determinar su relación con la diversidad de fitoplancton, el muestreo se desarrolló en 5 lagunas situadas en la zona Altoandina, se recolectaron muestras de 40 litros de agua filtradas con una red de fitoplancton de 10  $\mu\text{m}$  con un total de 14 muestras. Se vinculó el fitoplancton con los parámetros haciendo uso de la similaridad de Bray - Curtis y empleando el método de correlación de Spearman. Los resultados arrojaron que la conductividad eléctrica presenta una elevada correlación (0.74) con las especies de fitoplancton en las 5 lagunas, el pH y la temperatura con 0.55 y 0.51 respectivamente también presentan una correlación considerable.

Chanamé et. al (2020,p1) evaluaron el estado trófico de 3 lagunas, donde se midió la clorofila "a", turbidez y el fósforo total, donde se obtuvo como resultados para la turbidez varió entre 9,63 y 10,18 NTU en la temporada de invierno y entre 7,3 y 7,8 NTU en la temporada de verano, con respecto al fósforo variaron entre 20 y 24  $\mu\text{g/L}$  y por último la clorofila "a" una laguna presentó (RS:  $29,5 \pm 3,1 \mu\text{g/L}$  y DS:  $35,0 \pm 2,0 \mu\text{g/L}$ ) en cuanto a concentraciones de Clorofila a (Chl a) las cuales fueron mayores a los dos restantes, para la segunda se obtuvo (RS:  $6,0 \pm 0,5 \mu\text{g/L}$  y DS:  $6,5 \pm 1,2 \mu\text{g/L}$ ) y para la última (RS:  $29,5 \pm 3,1 \mu\text{g/L}$  y DS:  $29,5 \pm 3,1 \mu\text{g/L}$ ) respectivamente, donde se clasificó a las 3 lagunas en las dos temporadas como mesotróficas. Silva et. al, (2023, p.3) estudiaron el crecimiento del alga *Microcystis aeruginosa*, midiendo la clorofila a, el fósforo y el nitrógeno, pH y temperatura, para posteriormente realizar una correlación entre los parámetros y su influencia en el crecimiento de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa*,

llegando a la conclusión que la clorofila a es un factor importante para determinar la presencia de cianobacterias.

Para comprender mejor los términos empleados, se procede a realizar una revisión conceptual:

Las floraciones algales se consideran como la población de cianobacterias como producto del crecimiento acelerado por la presencia de nutrientes en cuerpos de aguas tales como lagunas, arroyos, y lagos en todo el ecosistema terrestre, éstas provocan consecuencias ambientales negativas como la eutrofización (Crettaz, 2018, p.23), debido a que la abundante presencia de estos organismos, después de un proceso de descomposición liberan toxinas perjudiciales (Da Le et. al,2022, p.2).

Es por eso que el efecto de las floraciones algales desde la perspectiva ambiental, afecta de manera perjudicial al medio ambiente, ya que son causantes de la muerte de muchas especies marinas, así como también provocan la pérdida de la calidad del agua, estas también emanan olores y sabores, impidiendo así su uso para la potabilización del agua, así como también interfiere en actividades recreativas acuáticas, se dice que su incremento se ha ido dado por efecto de la eutrofización, la dispersión natural y por el calentamiento global (Wells et. al, 2020, p.4). Por otra parte, el fitoplancton es un conjunto de organismos presentes en el agua, son autótrofos, realiza el proceso de la fotosíntesis, presenta diversos cambios a lo largo del año por causas antropogénicas o como efecto del cambio climático, y esto tiene mucho que ver con distintos factores químicos como las concentraciones de los nutrientes, físicos como la temperatura y la luz (Izaguirre et. al, 2019, p.15).

Encontramos organismos procariotas como las cianobacterias que son los responsables de la fotosíntesis oxigénica, estos permiten la existencia de los organismos aeróbicos, para realizar un estudio de estos organismos se emplea métodos tradicionales (Vergara, 2020, p. 4). Estos tienen propiedades fisiológicas como la de adherir nitrógeno atmosférico, y poseen una alta afinidad para incorporar y almacenar el fósforo (Namsaraev,2020, p.1).

Dentro de las cianobacterias encontramos la *Microcystis aeruginosa* que es una microalga unicelular perteneciente al grupo Chroococcal, su medida puede ser de 352  $\mu\text{m}$  en promedio de longitud (mínimo: 55,0; máximo: 650) y 402  $\mu\text{m}$  de anchura (min: 55,0; máx.: 725). Se le conoce por ser una de las responsables de las floraciones algales, son capaces de soportar altas temperaturas y altos niveles de salinidad (Chiclla, 2019, p.21).

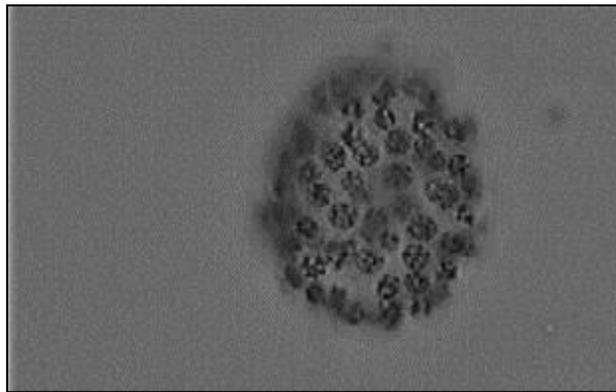


Figura 1. Vista de la colonia de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* (Martínez, 2018, p.57)

Las cianobacterias de agua dulce producen toxinas llamadas microcistina, se dice que hay una variedad que supera los 50 tipos de microcistinas, son las causantes de muchas muertes por envenenamiento de muchas especies marinas, así como también de enfermedades en el ser humano, tales como afectaciones al hígado y otros órganos (Chiclla, 2019, p.20).

La eutrofización se refiere a la abundancia de nutrientes como el fósforo y nitrógeno en las aguas (Soncco, 2018,p.8) por tal motivo existe el desarrollo desmesurado de plantas y algas, además del acrecentamiento de fitoplancton produciendo un incremento de la turbiedad del agua, es por ello que el agua suele volverse de un color verdoso y también se oscure, dificultando la penetración de luz que necesitan las plantas acuáticas verdes para realizar el proceso de fotosíntesis por procesos naturales y/o antropogénicos (Vera, y Zambrano,2019, p.4).

Paredes (2019, p.78) añade que también se lo conoce como la alteración a las propiedades del medio ambiente en el medio marino. Dentro de ello tenemos la eutrofización de lagunas que se da cuando sus aguas se encuentran en mal estado esto como consecuencia de elevadas porciones de flora dentro de estos cuerpos de agua, algunas de estas plantas que podemos encontrar son las algas las cuales después de descomponer sus nutrientes provoca la ausencia de oxígeno disuelto, y como consecuencia causa la muerte de las especies acuáticas que viven en estas masas de agua (Díaz et. al, 2021, p.26), este proceso de eutrofización presenta diversos causales y la gran cantidad es por efecto de la actividad del hombre, entre ellas encontramos el vertido de aguas negras con elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo, aquellos que son generados por el empleo de fertilizantes, así como también la tala de árboles, afectación de la capa fructífera del recurso suelo empleados en los cultivos (Wurtsbaugh et al., 2019, p.1).

Los nutrientes son sustancias tales como el fósforo y nitrógeno, considerados responsables de la eutrofización de las aguas, su elevada cantidad en las masas de agua provoca el desarrollo de distintas algas, trayendo consigo efectos adversos para las especies acuáticas, siendo unas de las causas la actividad agropecuaria, la producción de alimentos es la actividad antrópica que más nutrientes aporta a nivel mundial (Goyenola, 2021, p.3).

Los estados tróficos se les conoce también como el vínculo entre los nutrientes presentes en el lago y el aumento desmedido de la materia orgánica, luego de esto conlleva a la eutrofización aquella que se da por el aumento excesivo de nutrientes (Zambrano, 2018, p.14).

El Índice de estado trófico de Carlson (TSI) su objetivo es dividir las masas de agua en distintos estados tróficos, de manera confidencial, es empleado de forma concurrente para la selección de reservorios y lagunas. Utiliza como variantes, la densidad exterior del fósforo total y clorofila a, así como también la profundidad de visión del disco de Secchi. Este índice sostiene que el estado trófico de una laguna tiene un valor de una escala de 0 a 100 (García y Miranda, 2018, p.361).

Tabla 1. Índice de estado trófico

Estado trófico	Transparencia DS (m)	P total (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila "a" (mg/m <sup>3</sup> )
Oligotrófico (TSI<30)	>4	<12	<95
Mesotrófico (30<TSI<50)	4-2	12 - 24	0.95 - 7.3
Eutrófico (50<TSI<70)	2 - 0.5	24 - 96	7.3 - 56
Hipertrófico (TSI>70)	<0.5	>96	>56

Fuente: Carlson y Simpson (1996, p.26)

Según lo descrito anteriormente, el índice de estado trófico se clasifica en 4 estados: estado oligotrófico, aquí existe un nivel muy bajo de producción biológica, el agua es pura, existen cantidades reducidas de peces, poca presencia de fauna y flora, y las plantas acuáticas no son abundantes, presentan bajos niveles de concentración de fósforo y nitrógeno (Custodio, 2019, p.9).

Aquí también encontramos el estado mesotrófico, es aquel donde hay un moderado nivel de producción biológica, hay presencia de flora y los niveles de nutrientes son intermedios (Chanamé, 2020, p.2), además tenemos el estado eutrófico, aquí se presentan elevadas concentraciones de nutrientes como el nitrógeno, clorofila y el fósforo, aquí se da la proliferación de algas, así como también el oxígeno disuelto disminuye, el agua muestra un nivel intermedio de claridad (Zambrano, 2018, p.16) y por último tenemos el estado hipertrófico, aquí existen altas concentraciones de flora, el oxígeno disuelto ha disminuido considerablemente, presenta muy poca claridad de agua, aquí ya no existe posibilidad de conservar la vida acuática, debido a la sobrecarga de nutrientes (Bonometto, 2022, p.8).

Dentro de los parámetros físico químicos tenemos el pH del agua que sirve para medir la alcalinidad o acidez del agua, su escala de valor es de 0 a 14 unidades, se considera ácido cuando su valoración es menor a 7, y cuando es mayor a 7 se va a considerar alcalino, esta medida guarda relación con la turbidez del agua y también con la cantidad de materia orgánica (Ochoa,2019, p.26), aquí también tenemos el oxígeno disuelto que se refiere a la porción de oxígeno gaseoso que ha sido disuelto en el agua. Se considera esencial para la preservación de la flora y fauna acuática tales como las algas, peces, etc., por ello que desde tiempos antiguos se considera como un determinante de la capacidad del cuerpo de agua para conservar el ecosistema acuático. Este elemento es el resultado del oxígeno consumido por los seres vivos (Martínez et. al, 2019, p.7).

El exceso de nutrientes en el agua provoca eutrofización entre ellos tenemos el fósforo total que está presente en los cuerpos lénticos al igual que el nitrógeno que se encuentra casi exclusivamente en la columna de agua en forma de fosfatos condensados, ortofosfatos y fosfatos inorgánicos (ANA, 2018) este se emplea como indicativo, para examinar la calidad del agua en la eutrofización, puesto que tiene mucho que ver con la cantidad de nutrientes, también en algunas situaciones los nutrientes tienden a acoplarse en la parte más profunda de los ecosistemas acuáticos en forma de partículas (Shang, 2020, p.2), en su presencia al ser un macronutriente importante, debido a que las microalgas utilizan este nutriente en diferentes procesos de su metabolismo primario, siendo importante en el tamaño celular, división celular y el metabolismo energético (Bocachica y Moreno, 2021, p.26).

Otro nutriente; es el nitrógeno total, considerado como uno de los componentes responsables de la eutrofización de los medios acuáticos, el cual provoca el crecimiento desmedido de algas (Zambrano, 2018, p.11), se considera un elemento que no es tan soluble como el fósforo y este tiende a ser filtrado en las aguas subterráneas y llegan a los cuerpos de agua por causa de la escorrentía (Forero, 2021, p.15). Además, juega un papel importante en las cianobacterias ya que las toxinas como a Micristina provocadas por estas presentan un 33% en su peso molecular de N utilizadas para la biosíntesis (Alprol, 2021, p.9).

Para calcular la biomasa de las comunidades fitoplanctónicas está la Clorofila “a”, considerándose el pigmento fotosintético más importante existente en las algas, la clorofila también suele permitir conocer el nivel de polución de las masas de agua y los índices del estado fisiológico del fitoplancton (Ahmed,2020,p.32 ), y la transparencia que sirve para determinar la cantidad de luz que atraviesa a los cuerpos de agua, esto significa en un lago que presenta eutrofización, la luz va a traspasar con mucha deficiencia, en cambio cuando el agua es muy transparente va a permitir el ingreso de la luz con normalidad logrando así conservar la vida acuática ( Díaz et. al, 2021, p.30).

Por otro lado, los Estándares de calidad ambiental (ECA) son para determinar los niveles de concentración de elementos o sustancias que existen en el medio ambiente que no significa riesgo para el ecosistema y la salud humana cuando este se presenta como cuerpo receptor (MINAM,2017).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación:**

**3.1.1. Tipo de investigación:** El tipo de investigación es básica de exploración, porque a través de conocimientos adquiridos respecto de la variable independiente y la variable dependiente se pueden resolver los problemas que aquejan a la sociedad mediante sus posibles aplicaciones (Espinoza, 2020). Además, tuvo un nivel de investigación de tipo correlacional ya que se describieron relaciones entre la variable independiente y la variable dependiente con un enfoque cuantitativo ya que se utilizó la recolección y el análisis de las variables para probar hipótesis establecidas previamente.

**3.1.2. Diseño de investigación:** El diseño de investigación fue no experimental debido a que no se manipularon las variables, el cual tuvo un alcance temporal de corte transversal.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**3.2.1 Variable independiente:** Floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*

Se considera como la población de cianobacterias producto del crecimiento acelerado por la presencia de nutrientes en cuerpos de aguas tales como lagunas, arroyos, y lagos, en donde se incrementa el número de células (Crettaz, 2018, p.21).

**3.2.2. Variable dependiente:** Índice de estado trófico

Representa el estado del cuerpo de agua con respecto a la carga de nutrientes y contaminación que presentan, el cual puede encontrarse en 4 estados tróficos: Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico y Hipereutrófico (Dirección General del Agua, 2018, p.15).

**3.2.3. Cuadro de operacionalización de variables:** (Ver anexo N°1)

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

**3.3.1. Población:** Se compuso por las aguas superficiales de la laguna Querecotillo, en el distrito de Sullana, departamento de Piura en el mes de septiembre del año 2023.

- **Criterios de inclusión:** Aguas superficiales de la Laguna Querecotillo, en el distrito de Sullana durante el mes de septiembre.
- **Criterios de exclusión:** Aguas superficiales que no sean la Laguna Querecotillo, en el distrito de Sullana.

**3.3.2. Muestra:** El estudio se centró en 06 puntos de muestreo dentro de la laguna Querecotillo en el mes de septiembre, las cuales contaron con volumen de 500 ml.

**3.3.3. Muestreo:** Cada muestra fue seleccionada por el método probabilístico aleatorio simple, el cual permitió obtener muestras con la misma probabilidad de ser seleccionadas; y fue homogenizada para realizar un análisis preliminar de los parámetros fisicoquímicos que presentará el agua.

**3.3.4. Unidad de análisis:** 12L

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos que se empleó es la de observación en donde se determinó las áreas circundantes y puntos de muestreos de acuerdo con los parámetros físicos, químicos y biológicos, además de realizarse el conteo de la floración algal, donde se realizaron observaciones de las poblaciones algales mediante la cámara de recuento Neubauer de fitoplancton ( $>10\ \mu\text{m}$ ). Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron las fichas de datos evaluadas en primera instancia de la investigación (ficha de registro de datos para campo) donde se registraron los parámetros fisicoquímicos y biológicos, y fichas de recolección de datos en el laboratorio que recogieron los datos procesados para ser compararlos con nuestras hipótesis. (Ver anexo N°2).

#### **3.5. Procedimientos**

##### **Etapa 1:** Método de recolección de datos en fase preliminar

Se recolectó información de revistas indexadas, tesis doctorales, artículos científicos, normativa ambiental para la interpretación y análisis de datos bibliográficos relacionados con el tema de investigación.

##### **Etapa 2:** Procedimiento en fase de campo

La laguna Querecotillo o de los Patos, se ubica en el distrito de Querecotillo entre los centros poblados de Puente de los Serranos y La,

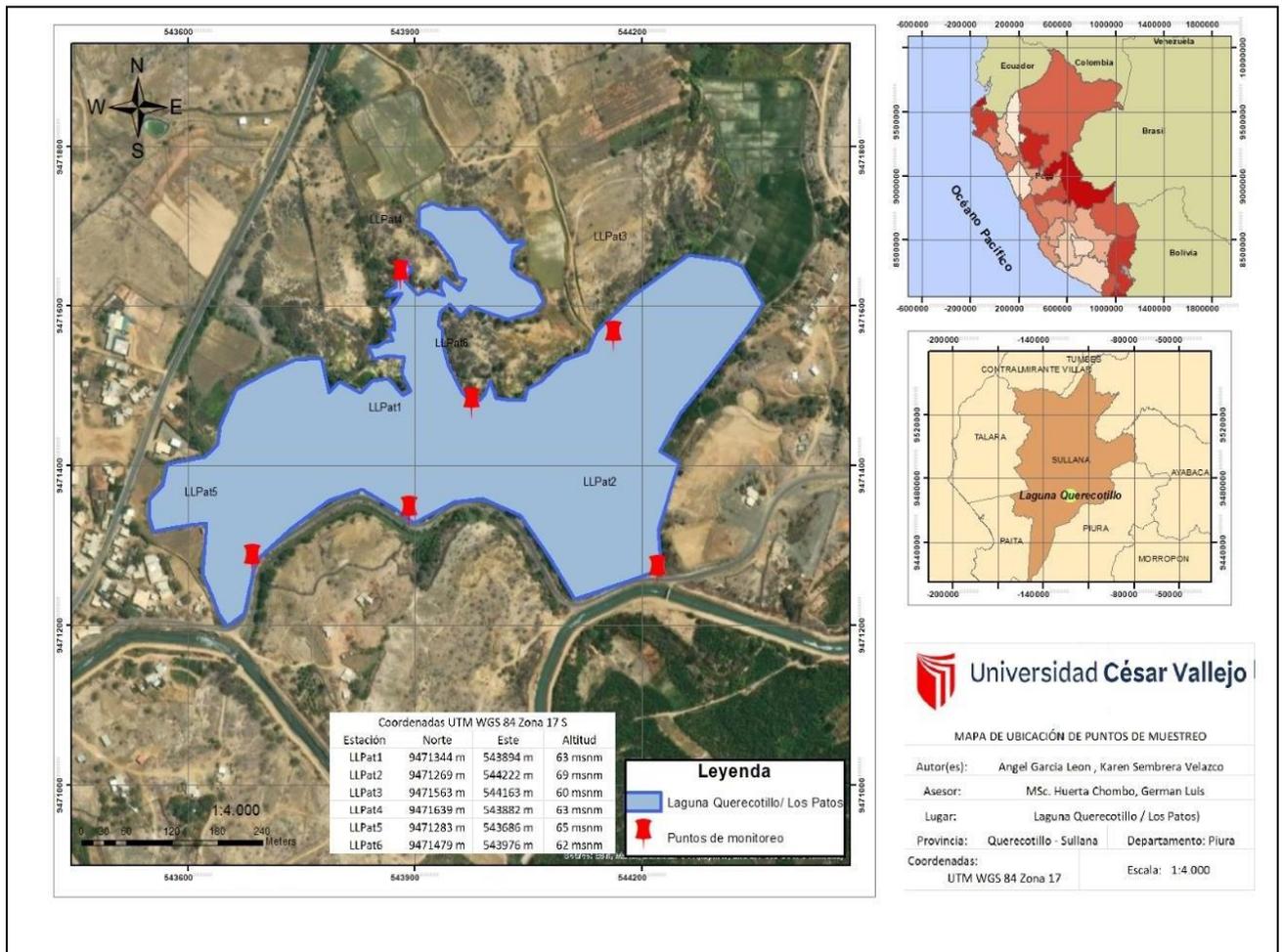
en la provincia de Sullana en el departamento de Piura.

Considerado un humedal que refleja un efecto oasis dentro de los bosques secos de la provincia de Sullana, es una depresión geográfica por efecto de filtración de un canal de regadío agrario que circunda la zona. Su volumen de agua es constante puesto que ésta es abastecida por los desagües de pequeños canalillos y acequias que irrigan los arrozales de la zona. Para este estudio se recogieron 6 muestras de agua para analizar los parámetros fisicoquímicos.

### Identificación de los puntos de muestreo

Aquí se lograron determinar 6 puntos de muestreo en la laguna Querecotillo Sullana (LLPat1-LLPat6) de la laguna Querecotillo.

Mapa 1: Ubicación de la Laguna Querecotillo



Fuente: Elaboración propia

### **Puntos de muestreo con coordenadas UTM**

La ubicación de los puntos se realizó mediante un localizador GPS, logrando registrar las coordenadas UTM de los 6 puntos de muestreo.

**Tabla 2.** Georreferenciación de puntos de monitoreo

PUNTOS DE MUESTREO	NORTE	ESTE
<b>LIPat1</b>	9471335.00	543894.00
<b>LLPat2</b>	9471269.00	544222.00
<b>LLPat3</b>	9471563.03	544163.11
<b>LLPat4</b>	9471639.36	543882.34
<b>LLPat5</b>	9471283.45	543686.93
<b>LLPat6</b>	9471479.55	543976.47

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Etapas 3:** Toma de muestras en la laguna Querecotillo

Se procedió a tomar las muestras en los puntos anteriormente establecidos (Mapa N.º 01), en donde se emplearon diferentes métodos para garantizar el correcto Desarrollo de la toma de muestras

- a) Método de identificación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos
  - En los puntos seleccionados se evaluaron los parámetros a analizar. Para el pH se calibro el electrodo con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 y para asegurar la veracidad de las muestras enjuago con agua destilada para posteriormente medir las muestras que fueron estipuladas en las fichas de registro. (Ver anexo N° )

- Para el Oxígeno disuelto se procedió a extraer la muestra de agua para realizar la medición en cada punto de muestreo, todo esto con el instrumento calibrado y posteriormente ser descrito en el formato de registro.
- Para la temperatura se extrajo una muestra de agua para proceder a realizar la medición en cada punto de muestreo, también se detalló en el formato de registro
- Para evaluar la transparencia se utilizó el disco de Secchi, el cual es un círculo con 20 cm de diámetro de color negro y blanco, el cual fue sumergido con ayuda de una cuerda graduada en m; hasta que ya no se identificó el círculo sumergido fue cuando se procedió a anotar la profundidad resultante en nuestro formato de registro
- Para los parámetros químicos (FT y NT) se tomaron muestras en frascos de vidrio ámbar con capacidad de 500mL que estuvieron rotulados para cada punto de muestreo. Se tomaron las muestras en cada punto de monitoreo. Luego estas muestras debidamente tomadas con todos los cuidados fueron llevadas al laboratorio siguiendo los protocolos de custodia.
- Para el parámetro (clorofila “a”) se procedió a tomar las muestras con frasco de vidrio ámbar o de polietileno de alta densidad debidamente rotulados con los puntos de muestreos. Los cuáles fueron trasladados al laboratorio con los protocolos de custodia debidos.

b) Recolección de datos en la laguna Querecotillo

A continuación, presentamos la toma de muestras por punto de monitoreo:

**Muestra N.º 01:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 12:38 pm de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat1, anteriormente establecido (Tabla N.º

02).



Figura 2. Fotografía de toma de muestra LLPat1

**Muestra N.º 02:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 13:40 pm de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat2, anteriormente establecido (Tabla N.º 02). Los parámetros que fueron analizados in situ, se obtuvieron en terreno firme.



Figura 3. Fotografía análisis de muestras de LLPat2

**Muestra N.º 03:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 14:14 pm se procedió a realizar la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat3, anteriormente establecido (Tabla N.º 02).



*Figura 4. Fotografía toma de muestra de LLPat3*

**Muestra N.º 04:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 14:59 pm se procedió a realizar la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat4, anteriormente establecido (Tabla N.º 02).



*Figura 5. Fotografía toma de muestra de LLPat4*

**Muestra N.º 05:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 15:37 pm se procedió a realizar la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat5, anteriormente establecido (Tabla N.º 02).



*Figura 6. Fotografía toma de muestra de LLPat5*

**Muestra N.º 06:** Se procedió a tomar las muestras en la laguna Querecotillo, el día 06 de octubre a las 16:08 pm de los parámetros fisicoquímicos en el punto LLPat6, anteriormente establecido (Tabla N.º 02).



*Figura 7. Fotográfica toma de muestras de LLPat6*

A continuación, se realizó la conversión de las unidades de medida de los parámetros involucrados en la estimación del índice trófico analizados en mg/L (miligramo/Litro) a  $\mu\text{g/L}$  (microgramo/Litro) en cada punto de muestreo, los cuales serán utilizados en las ecuaciones establecidas por Carlson (1996, p.26).

c) Análisis en laboratorio

Dentro del laboratorio de la Universidad César Vallejo se procedió a analizar las muestras recolectadas para el conteo de algas, para lo cual se recolectaron 06 muestras en total en frasco de vidrio ámbar y conservadas en un cooler a  $6^{\circ}\text{C}$  aproximadamente hasta su traslado al laboratorio.

Las muestras fueron homogenizadas e insertadas en tubos de ensayo para posteriormente ser expuestas al calor durante 2 min. Con un microscopio marca Olympus CX21FC1, se logró observar los diferentes organismos presentes en las muestras puestas en portaobjetos, para ser visualizadas en un objetivo de 10x, y poder ser caracterizadas por su morfología.

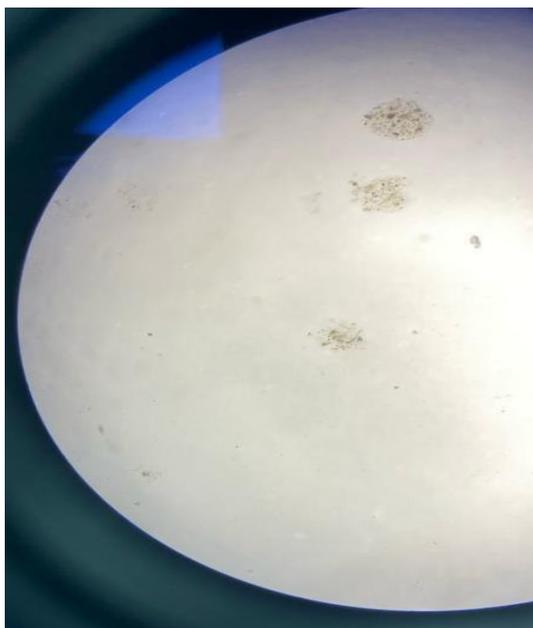


Figura 8. Floraciones de *Microcystis aeruginosa*

Con una pipeta milimétrica se introdujo 20 microlitros dentro de la cámara de conteo Neubauer. Se dejó asentar la muestra por 2 minutos para después ser insertada al microscopio; donde a través de las celdas o cuadrantes, se pudo evidenciar la cantidad de algas *Microcystis aeruginosa* presentes en cada muestra.

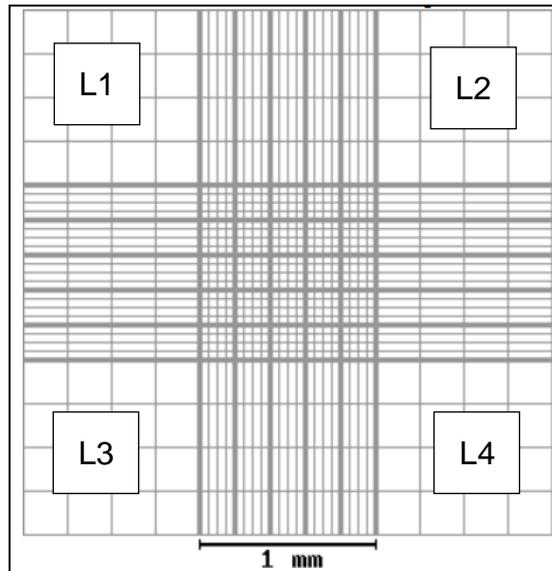


Figura 9. Vista de la cámara Neubauer

El conteo de algas se realizó desde la vista del microscopio de izquierda a derecha (L1-L2-L3-L4) en forma de "Z", contando solo los organismos dentro de los cuadrantes. Para lo cual, se necesitó de un contador para realizar los conteos más precisos y verídicos.

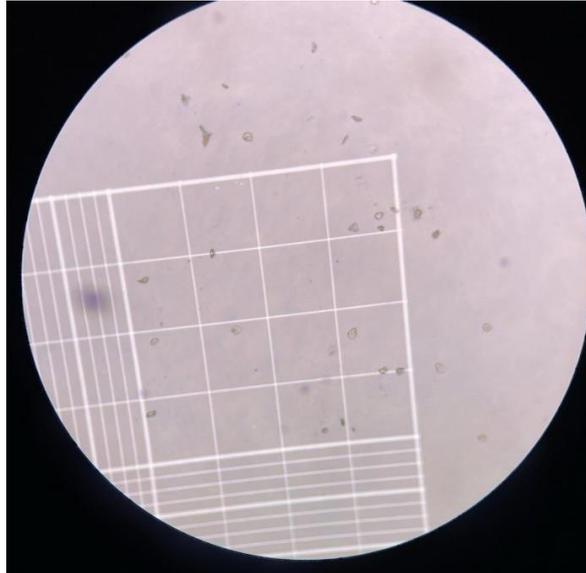


Figura 10. Vista de cuadrante con presencia de *Microcystis aeruginosa*

Luego, del conteo por cuadrantes, se dio lugar a realizar el promedio por muestra con la siguiente fórmula:

$$\Sigma: L1 + L2 + L3 + L4$$

Para ser reemplazados en la siguiente fórmula:

$$\text{Conteo de algas: } \Sigma * 0.1 * DL$$

$\Sigma$ : Sumatoria por muestra

DL: Dilución Inversa

#### d). Método de análisis de datos

Se utilizaron las herramientas de ofimática como Microsoft Excel para la generación de tablas y gráficos con lo que se pudo organizar y comprender los datos obtenidos en campo. Por otro lado, se utilizó el software SPSS para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en donde, se estableció la relación entre las variables estudiadas con el uso del coeficiente de correlación de Pearson, donde se determinó que el nivel de significancia será de  $p < 0.05$ . Para obtener la condición trófica se utilizaron los siguientes parámetros que representan la clasificación de índice de estado trófico (TSI) de

acuerdo con Carlson: Clorofila "a", fósforo total y nivel de transparencia (Disco de Secchi) mediante las siguientes fórmulas:

- TSI de Disco de Secchi (Ds):  $60 - 14.41 \ln(Ds)$
- TSI de Fósforo total (Pt):  $14.42 \ln(Pt) + 4.15$
- TSI de clorofila "a" (clorf a):  $9.81 \ln(Clorf a) + 30.6$
- TSI:  $(TSIDs + TSIPt + TSIClorf "a") / 3$

Para ser evaluado con la clasificación según Carlson:

- Oligotrófico (TSI <30)
- Mesotrófico (30 < TSI < 50)
- Eutrófico (50 < TSI < 90)
- Hipereutrófico (90 < TSI < 100)

### 3.6. Aspectos éticos

Los instrumentos que se aplicaron en esta investigación estuvieron correctamente calibrados, además durante todo el desarrollo de esta se tomaron en cuenta los aspectos sociales, políticos, ambientales y éticos, utilizando con responsabilidad las citas bibliográficas de diferentes autores bajo la norma ISO 690. Por otro lado, esta investigación cumple con el código de ética de la universidad y conto con un nivel aceptable de similitud como lo establece la universidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con los valores de los parámetros fisicoquímicos de la laguna

Para obtener las cantidades de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* por muestra recolectada, se realizó el conteo de algas por medio de la cámara de conteo Neubauer insertadas en el microscopio, para luego recolectar las cantidades por cuadrantes y ser reemplazadas en la siguiente ecuación:

$$\Sigma: \frac{L1 + L2 + L3 + L4}{4}$$

Para lo cual, se calcularon las siguientes cantidades de algas por muestra recolectada.

**Tabla 3:** *Determinación de cantidades de algas Microcystis aeruginosa*

Punto de muestreo	Sumatoria ( $\Sigma$ )	Cantidad de algas
LLPat1	3 + 3 + 2 + 4	12
LLPat2	2 + 5 + 2 + 5	14
LLPat3	4 + 5 + 2 + 5	16
LLPat4	8 + 4 + 3 + 4	19
LLPat5	4 + 2 + 3 + 5	15
LLPat6	3 + 4 + 8 + 3	17
Promedio		15,5

Fuente: Elaboración propia

Los resultados por punto de muestreo fueron reemplazados en la formula establecida anteriormente:

$$\text{Conteo de algas: } \Sigma * 0.1 * DL$$

**Tabla 4.** Resultados de la cantidad de algas

Presencia de algas por muestra		
Punto de muestreo	Conteo por cuadrantes	Cantidad de algas
LLPat1	12	2,4
LLPat2	14	2,8
LLPat3	16	3,2
LLPat4	19	3,8
LLPat5	15	3
LLPat6	17	3,4
Promedio	15,5	3,1

En la tabla 4 podemos apreciar que los valores de las cantidades algales

varían entre los 2,4 y 3,8 (Cél/ml), lo cual demuestra la presencia de alga en la laguna Querecotillo.

**Tabla 5:** Resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de la recolección de muestras

PM	Floraciones algales (Cél/ml)	Fósforo ( $\mu\text{g/L}$ )	Nitrógeno ( $\mu\text{g/L}$ )	O. disuelto ( $\mu\text{g/L}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	D. Secchi (m)
LLPat1	2,4	24	370	4860	8,02	29,7	0,73
LLPat2	2,8	19	310	4170	8,11	28,5	0,7
LLPat3	3,2	42	510	5340	8,04	28,2	0,5
LLPat4	3,8	67	790	7660	9,00	32,5	0,46
LLPat5	3,0	35	430	5160	8,24	30,4	0,69
LLPat6	3,4	56	530	4970	8,57	32,5	0,65
Promedio	3,1	40,5	490	5360	8,3	30,3	0,62

**Fuente:** Elaboración propia

Después de registrar los valores obtenidos de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se puede evidenciar que el promedio total de algas *Microcystis aeruginosa* es de 3,1 cél/ml en todos los puntos considerados, el fósforo presenta un promedio de 40,5  $\mu\text{g/L}$ , el nitrógeno un promedio de 490  $\mu\text{g/L}$ , el oxígeno disuelto presenta una concentración promedio de 5360  $\mu\text{g/L}$ , el pH con un promedio de 8,3 und. de pH, la temperatura promedio de los 6 puntos de muestreo fue de 30,3 $^{\circ}\text{C}$ , y el promedio de transparencia del agua empleando el disco de Secchi fue de 0,62 m, después de analizar los datos obtenidos comparándolos con los Eca para el agua en la categoría 4: Conservación del ambiente acuático según el (MINAM, 2017, p.9), la concentración de clorofila a, nitrógeno, fósforo y oxígeno disuelto sobrepasan los límites permitidos.

A continuación, se presenta la siguiente tabla para evidenciar la

existencia de relación entre la variable dependiente floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y las concentraciones de Fósforo, Nitrógeno, Oxígeno disuelto, pH, temperatura y Disco Secchi mediante el estadístico IBM SPSS Statistics 25.

H1: Existe una relación significativa y directa entre la cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los parámetros fisicoquímicos presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

**Tabla 6:** Correlación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los parámetros fisicoquímicos

		Floraciones algales de <i>Microcystis Aeruginosa</i>
Fósforo	Correlación de Pearson	0,930
	Sig. (bilateral)	0,007
	N	6
Nitrógeno	Correlación de Pearson	0,898
	Sig. (bilateral)	0,015
	N	6
Oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	0,764
	Sig. (bilateral)	0,077
	N	6
Ph	Correlación de Pearson	0,859
	Sig. (bilateral)	0,029
	N	6
Temperatura	Correlación de Pearson	0,643
	Sig. (bilateral)	0,168
	N	6
Disco Secchi	Correlación de Pearson	0,950
	Sig. (bilateral)	0,004
	N	6

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 6, se muestra los resultados del análisis de correlación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los valores de los parámetros fisicoquímicos: Fósforo ( $r= 0,930$  y  $p=0,007$ ), Nitrógeno ( $r=0,898$  y  $p=0,015$ ), PH ( $r=0,859$  y  $p=0,029$ ), y Disco de Secchi ( $r= 0,950$  y  $p= 0,004$ ). Dado que los p-valores de dichos parámetros fisicoquímicos

son menores que  $\alpha=0,05$ , se puede afirmar que existe una correlación estadísticamente significativa entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los parámetros fisicoquímicos presentes en la laguna Querecotillo-Sullana, excepto en los parámetros como la Temperatura ( $r=0,643$  y  $p=0,168$ ) y el Oxígeno disuelto ( $r=0,764$  y  $p=0,077$ ) donde se puede evidenciar que sus valores son mayores a  $\alpha=0,05$  el cual no se relaciona con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*.

H0: Si existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y los parámetros fisicoquímicos presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

$\alpha=0,05$

#### 4.2 Presencia de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con la concentración de clorofila "a" presentes la laguna Querecotillo

A continuación, se presenta la tabla de la cantidad de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* recolectadas de los 6 puntos de muestreo, así como también la cantidad de clorofila a encontrada en la laguna Querecotillo.

**Tabla 7:** Cantidad de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y clorofila "a"

PM	Floraciones algales <i>M. aeruginosa</i> (Cél/ml)	Clorofila "a" mg/m <sup>3</sup>
LLPat1	2,4	22,59
LLPat2	2,8	24,52
LLPat3	3,2	31,18
LLPat4	3,8	38,14
LLPat5	3	27,49
LLPat6	3,4	33,74
<b>Promedio</b>	<b>3,1</b>	<b>29,61</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar el promedio total de las algas *Microcystis aeruginosa* es de 3,1 cél/ml, y la clorofila a con promedio de 29,61 mg/ m<sup>3</sup> en los 6 puntos de muestreo considerados.

Después de los resultados obtenidos de los 6 puntos de muestreo de la clorofila "a" se procede a procesar estos datos con la cantidad de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* detalladas en la tabla anterior.

H1: Existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el contenido de clorofila-a presente en la laguna Querecotillo-Sullana.

**Tabla 8:** Correlación de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con la clorofila "a"

		Floraciones algales	Clorofila "a"
F. A. <i>Microcystis Aeruginosa</i>	Correlación de Pearson	1	0,984
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	6	6
Clorofila "a"	Correlación de Pearson	0,984	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	6	6

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 8, se muestra los resultados del análisis de correlación entre los niveles de clorofila "a" y las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, con valor rho del coeficiente de correlación de Pearson ( $r=0,984$ ) y el nivel de significancia ( $p=0,000$ ). Dado que el p-valor es menor que  $\alpha=0,01$ , se puede afirmar que existe una correlación estadísticamente muy significativa entre las floraciones algales *Microcystis aeruginosa* y la clorofila "a" presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

H0: Si existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el contenido de clorofila-a presente en la laguna Querecotillo-Sullana.

$\alpha=0,05$

### 4.3 Floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y su relación con los valores de los índices tróficos de la clorofila “a”, fósforo y el disco Secchi Trófico de la laguna Querecotillo.

Para obtener la condición trófica se utilizaron los siguientes parámetros que representan la clasificación de índice de estado trófico (TSI) de acuerdo con Carlson: Clorofila “a”, fósforo total y nivel de transparencia (Disco de Secchi) se emplearon las siguientes fórmulas:

- TSI de Disco de Secchi (Ds):  $60 - 14.41 \ln (Ds)$
- TSI de Fósforo total (Pt):  $14.42 \ln (Pt) + 4.15$
- TSI de clorofila “a” (chl.a):  $9.81 \ln (chl.a) + 30.6$
- TSI:  $(TSIDs + TSIPt + TSIChl.a) / 3$

Para ser evaluado se utilizó la clasificación según Carlson:

- Oligotrófico (TSI <30)
- Mesotrófico (30 < TSI < 50)
- Eutrófico (50 < TSI < 90)
- Hipereutrófico (90 < TSI < 100)

#### A) Índice de estado trófico según Carlson para la Clorofila “a”

Para la estimación del TSI Chla se procedió a utilizar los valores de concentración de clorofila “a” antes mencionados (Ver tabla N° 7) que fueron reemplazados dentro de la siguiente fórmula:

Tabla 9. Fórmula para estimar TSI Chla.

Fórmula:	
Clorofila “a” (mg/m <sup>3</sup> ) = Chl.a	TSI Chl.a = $9.81 \ln (chl.a) + 30.6$

A continuación, se detallan los valores de TSI Chl.a por punto de muestreo:

**Tabla 10:** Estimación del índice trófico de la clorofila "a" (TSI Chl.a)

Punto de muestreo	Clorofila "a" (mg/m <sup>3</sup> )	TSI Chl.a
LLPat1	22,59	61,2
LLPat2	24,52	62
LLPat3	31,18	64,3
LLPat4	38,14	66,3
LLPat5	27,49	63,1
LLPat6	33,74	65,1
Promedio	29,61	63,7

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 10, se puede observar el promedio total de la clorofila a con un promedio de 29,61 mg/m<sup>3</sup>, y el promedio del índice trófico de la clorofila a con un valor promedio de 63,7, la cual indica que la laguna Querecotillo se encuentra en un estado eutrófico ver (TABLA N° 1).

B) Índice de estado trófico según Carlson para Fósforo total

Para la estimación del TSI Fósforo total se procedió a utilizar los valores de concentración de fósforo total antes mencionados (Ver tabla N. °5) que fueron reemplazados dentro de la siguiente fórmula:

*Tabla 11. Fórmula para estimar TSI Fosforo total*

Fórmula:	
Fósforo total (Pt) (mg/m <sup>3</sup> )	14.42Ln (Pt) + 4.15

A continuación, se detallan los valores de TSI Pt por punto de muestreo:

**Tabla 12:** Estimación del índice trófico de Fósforo total (TSI Pt)

Punto de muestreo	Fósforo total (mg/m <sup>3</sup> )	TSI Pt
LLPat1	24	50
LLPat2	19	46,6
LLPat3	42	58
LLPat4	67	64,8
LLPat5	35	55,4
LLPat6	46	56,3
Promedio	38,8	55,2

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 12 se puede observar los valores de fósforo total con un promedio de 38,8 mg/m<sup>3</sup>, y el índice de estado trófico del fósforo con un promedio de 55,2, la cual se considera que se encuentra en estado trófico según la clasificación de Carlson ver (TABLA N°1).

C) Índice de estado trófico según Carlson para Disco Secchi

Para la estimación del TSI Disco Secchi se procedió a utilizar los datos obtenidos en campo que fueron reemplazados dentro de la siguiente fórmula:

*Tabla 13. Fórmula para estimar TSI Disco Secchi*

Fórmula:	
Disco secchi (Ds) (m)	60 - 14.41Ln (Ds)

**Tabla 14:** Estimación del índice trófico de Disco Secchi (TSI Ds)

Punto de muestreo	Disco secchi (metros)	TSI Ds
LLPat1	0,73	64,5
LLPat2	0,70	65,1
LLPat3	0,50	69,9
LLPat4	0,46	71,2
LLPat5	0,69	65,3
LLPat6	0,65	66,2
Promedio	0,62	67,0

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 14, se puede observar los resultados del disco de Secchi donde se obtuvo un valor promedio de 0,62 m en los 6 puntos de muestreo de la laguna, y después de emplear la fórmula para la determinación del estado del índice trófico según Carlson, se obtuvo un promedio de 67,0 en lo que respecta al índice trófico del Disco de Secchi, ver (TABLA N°1).

Se precisan los valores de TSI Ds, Chl.a y Pt para calcular el índice trófico de la Laguna Querecotillo, para cual se utilizó la siguiente fórmula:

*Tabla 15. Fórmula del índice trófico*

Fórmula:	
TSI LQ	$(TSID_s + TSIPt + TSI\ Chl.a) / 3$

Seguidamente, se presentan los resultados al reemplazar los valores de TSI dentro de la fórmula.

**Tabla 16:** Índices de estado trófico según Carlson

Punto de muestreo	TSI Ds	TSI Chl-a	TSI PT	TSI LQ	Estado
LLPat1	64,5	61.2	50.0	58,6	Eutrófico
LLPat2	65,1	62.0	46.6	57,9	Eutrófico
LLPat3	69,9	64.3	58.0	64,1	Eutrófico
LLPat4	71.2	66.3	64.8	67,4	Eutrófico
LLPat5	65,3	63.1	55.4	61,2	Eutrófico
LLPat6	66,2	65.1	56.3	62,5	Eutrófico
Promedio	67,0	63.6	55.2	62,0	Eutrófico

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 16 evidencia que el índice trófico de la laguna se encuentra en estado eutrófico, después del respectivo análisis de las muestras de agua en los puntos de monitoreo establecido, los cuales, tras ser calculados en las fórmulas establecidas para calcular el índice trófico, se encuentra en un valor >60, según la clasificación del estado trófico de Carlson ver (TABLA N°1).

H1: Existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores de los índices tróficos de la clorofila “a”, fósforo y Disco de Secchi presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

**Tabla 17:** Correlación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores de los índices tróficos de la clorofila “a”, fósforo y el Disco Secchi

		Floraciones Algales de M. Aeruginosa
TSI Ds	Correlación de Pearson	-0,944
	Sig. (bilateral)	0,005
	N	6
TSI Chl-a	Correlación de Pearson	0,987
	Sig. (bilateral)	0,000
	N	6
TSI PT	Correlación de Pearson	0,876
	Sig. (bilateral)	0,022
	N	6

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 17, se muestra los resultados del análisis de correlación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores de los índices tróficos de disco Secchi ( $r=-0,944$  y  $p=0,005$ ), clorofila “a” ( $r=0,987$  y  $p=0,000$ ), fósforo ( $r=0,876$  y  $p=0,022$ ). Dado que los p-valores en todos los casos son menores que  $\alpha=0,05$ , se puede afirmar que existe una correlación estadísticamente significativa entre las floraciones algales *Microcystisaeruginosa* con los valores de los índices tróficos de la clorofila “a”, fósforo y Discode Secchi presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

H0: Si existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* con los valores de los índices tróficos de la clorofila “a”, fósforo y Disco de Secchi presentes en la laguna Querecotillo-Sullana.

$\alpha=0,05$

#### 4.4 Floraciones algales de *Microcystis Aeruginosa* y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo

Para evaluar la correlación entre floraciones algales y el índice trófico de la

lagunase tomaron en cuenta los valores establecidos en las tablas N.º 5 y N.º 11.

H1: Existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana.

**Tabla 18:** Correlación entre las floraciones algales y el índice trófico

		Floraciones algales
Floraciones algales de <i>Microcystis Aeruginosa</i>	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	6
TSI LQ	Correlación de Pearson	0,828
	Sig. (bilateral)	0,042
	N	6

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 18, se muestra los resultados del análisis de correlación entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana, con valor rho del coeficiente de correlación de Pearson ( $r=0,828$ ) y el nivel de significancia ( $p=0,042$ ). Dado que el p-valor es menor que  $\alpha=0,05$ , se puede afirmar que existe una correlación estadísticamente significativa entre las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana.

H0: Si existe una relación significativa y directa entre cantidad de las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* y el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana.

$\alpha=0,05$

## V. DISCUSIÓN

En la tabla 4 se puede observar los resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y de la cantidad de algas de *Microcystis aeruginosa*, para el transporte de las muestras de algas se empleó un cooler con una temperatura aproximada de 6°C, temperatura que coincide con el estudio de (Rodas,2020 p.77) quien transportó sus muestras a una temperatura de 4°C, con referencia a las algas de *Microcystis aeruginosa* se obtuvo un resultado promedio de 3,1 cél/ml, el cual coincide con los resultados de (Chiclla, 2019, p. 54) quien también obtuvo un promedio de 3,1 cél/ml en su investigación al humedal Albuferas de Medio Mundo.

En el estudio realizado se logró determinar que existe una correlación significativa directa entre las concentraciones de fósforo( $p=0,007$ ), nitrógeno( $p=0,015$ ), pH( $p=0,029$ ) y el disco de Secchi( $p=0,004$ ) con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, cabe recalcar que los parámetros medidos se encontraban en

elevadas concentraciones según los ECA para el agua, el fósforo se encontró en una concentración promedio de 40,5  $\mu\text{g/L}$ , por otro lado el nitrógeno con un valor promedio de 490  $\mu\text{g/L}$ , resultados que indican que la laguna se encuentra en estado de eutrofización lo cual confirma lo indicado por (Goyenola, 2021, p.3) que los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son los responsables de la eutrofización de las aguas además de provocar el crecimiento de algas nocivas, afirmación que corrobora (Zambrano, 2018, p.11) indicando que el nitrógeno es el causante del crecimiento desmedido de cianobacterias en un ambiente acuático.

Por otra parte, tenemos el pH que presentó una correlación significativa con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* ( $p=0,029$ ), lo cual indica que el agua se encuentra en estado alcalino, (Baylon et. al 2018, p.12), obtuvo un promedio similar de 9,03, del mismo modo con el disco de Secchi donde también se evidenció una correlación significativa directa con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* ( $p=0,004$ ), para medir el nivel de turbidez empleamos el disco de Secchi, caso contrario fue con (Eirin,

2020, p.11) quien midió la transparencia utilizando el multiparámetro de Horiba, siendo este un instrumento que nos hubiera permitido medir con mayor precisión la turbidez del agua, debido a que este equipo posee funciones innovadoras.

En cuanto a la relación de la temperatura con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* se obtuvo valores de ( $r=0,643$  y  $p=0,168$ ), indicando que no existe relación, coincidiendo con los resultados de (Silva et. al, 2023, p.81), quienes mencionan que la temperatura no es un parámetro influyente para la determinación del alga *Microcystis aeruginosa*.

Por otro lado, el oxígeno disuelto no tiene relación con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* ( $p=0,077$ ), debido a que, en 3 de los 6 puntos de muestreo, están dentro de los parámetros establecidos por los ECA ( $>5$ ), esto indica que el oxígeno disuelto no sería un factor determinante para establecer que hay presencia de floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, el método empleado para su medición puede influir mucho en los resultados debido que se utilizó el método de valorización de Azida Winkler, sin embargo (SOMMA, 2018, p.22) empleó la Sonda multiparamétrica Horiba U-52G.

Después de los resultados analizados se puede inferir que el empleo de equipos y el método de medición influye mucho en cuanto a la precisión de resultados.

Por otra parte, en la tabla 7 se puede apreciar que existe una relación muy significativa y directa ( $p=0,000$ ) entre la cantidad de clorofila "a" y las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, estos resultados corroboran estudios anteriores de (Chiclla, 2020, p.71) quien también encontró una fuerte correlación ( $p = 0,001$ ), la concentración de clorofila "a" encontrada tiene un valor promedio de  $29,61 \text{ mg/m}^3$ , la cuál con este resultado se puede calificar que la laguna se encuentra en estado eutrófico.

No obstante, nuestro estudio difiere con la investigación realizada por

(Chanamé et. al, 2020, p.142) quien obtuvo resultados de 43.001 mg/m<sup>3</sup> y clasifica a la laguna estudiada en estado mesotrófico, estudio que contradice lo dicho por (Zambrano, 2018, p.16) quien afirma que las elevadas concentraciones de clorofila a, aumentan la proliferación de algas, calificando a la laguna en un estado eutrófico.

El método empleado para determinar la concentración de clorofila a fue el de fluorimetría de Welschmeyer, sin embargo (Rodríguez et al. 2019, p.5), emplearon la acetona como solvente de extracción para la determinación de la clorofila a mediante espectrometría.

Las elevadas cantidades de concentración de clorofila a presentes en la laguna Querecotillo pueden deberse a las actividades que se practican a los alrededores de la laguna como los vertimientos de aguas residuales agrícolas, que contienen elevadas cantidades de nutrientes (Zambrano, 2018, p.45).

En la tabla 16 se logra observar que el promedio del índice trófico de la clorofila se encuentra con un valor promedio de 63,7 TSI; del fósforo con un promedio de 55,2 TSI y del Disco Secchi donde se obtuvo un promedio de 67,0 TSI; lo cual indica que la laguna Querecotillo se encuentra en un estado eutrófico, ya que se encuentra por encima de los >50 TSI según lo menciona Carlson (1996, p.26), esto debido al análisis de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos; los cuales se encuentran en valores significativos con respecto a los que debería contener una laguna en un estado modelable.

Tal como indica Quirós et al. (2002, p.11) el cual determinó que el estado eutrófico de la laguna de su estudio tenía una relación directa con las floraciones algales de distintas clases, entre ellas la *M. aeruginosa* ya que la biomasa de las comunidades bióticas aumenta en paralelo a los cambios de los valores de concentración de nutrientes, los que a su vez daban como resultados valores por encima de los >50 TSI en el método proporcionado por Carlson. Demostrando resultados en su correlación de Pearson entre las cianobacterias con las concentraciones de nutrientes y concentración de

clorofila "a" de  $r = 0,38$ ,  $p < 0,05$ , similar a como se detalla en la tabla N.º 17, donde los resultados del análisis correlación en esta investigación son para el índice trófico del disco Secchi ( $r = -0,944$  y  $p = 0,005$ ), clorofila "a" ( $r = 0,987$  y  $p = 0,000$ ), fósforo ( $r = 0,876$  y  $p = 0,022$ ), todos estos, por debajo de  $\alpha = 0,05$ .

Lo que, a su vez, deja inferir que las enriquecidas aguas con nutrientes de la laguna Querecotillo, pueden desarrollar un exceso de proliferación de algas ya que, Crisóstomo et al. (2016, p.41) en su estudio sobre las cantidades de fitoplancton en la laguna del Carpintero ubicada en México considera que la presencia y distribución de las especies de fitoplancton presentes en la laguna estudiada se rige por la transparencia del agua y los niveles de concentración de los parámetros, que incrementa exponencialmente con el transcurso de los años y los cambios bruscos de temporada, además, de los aportes de aguas enriquecidas con nutrientes. Por consecuencia, se da un incremento excesivo de floraciones algales de *Bacillariophyceae* (*Coscinodiscus lacustris*) y *Cyanophyceae* (*Microcystis aeruginosa*), poniendo en evidencia los valores de promedio de clorofila "a" el cual varió entre 13,12 y 117,81 mg/m, ubicando esta laguna como eutrófica, con valores promedio de 64.84 TSI y presentando los dos tipos de alga anteriormente mencionados con valores de 2.0 y 6.7 cél/L. Asimismo, resalta la influencia de la transparencia del agua concluyendo que en las aguas "turbias" existen una mayor biomasa de algas que en aguas "claras", siendo este un factor determinante en los estados tróficos de los cuerpos de agua.

## VI. CONCLUSIONES

Se llegó a la conclusión que las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* se relacionan con los parámetros físico químicos, mediante los niveles de concentración que presenten los parámetros medidos como el fósforo (40,5 µg /L) (p=0,007), nitrógeno (490 µg /L) (p=0,015), disco de Secchi (0,62m) (p=0,004), ph(8,3) (p=0,029), sin embargo, la temperatura(30,3 °C) p=0,168) y el oxígeno disuelto (5360 µg /L) (p=0,077) no evidenciaron relación con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*.

Se determinó que el nivel de concentración de la clorofila a, influye mucho en la relación con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa*, debido a que se encontró un promedio de 29,61 mg/m<sup>3</sup> de las muestras recolectadas, evidenciando las elevadas cantidades de dicho pigmento, se afirma que existe una fuerte relación con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* (p=0,000), concluyendo que la clorofila a es un factor determinante en la presencia de *Microcystis aeruginosa*.

Se determinó que los índices de estados tróficos de la clorofila "a", fósforo total y Disco Secchi indican que la laguna Querecotillo se encuentra en un estado eutrófico con un promedio de 62 TSI, teniendo una fuerte relación con las floraciones algales de *Microcystis aeruginosa* (p=0,005 TSI Ds, p=0,000 TSI Chl.a y p=0,022 TSI PT).

## VII. RECOMENDACIONES

Debido a que laguna Querecotillo es una laguna que se encuentra en Sullana, y se encuentra en una zona alejada a la ciudad no se le da una debida importancia, a pesar de que es un ambiente donde existe una biodiversidad de flora y fauna, es por ello que se recomienda a los próximos estudios centrarse en los agentes contaminantes que están provocando la eutrofización de la laguna y trayendo consigo la proliferación de algas nocivas como *Microcystis aeruginosa*.

Se recomienda realizar un estudio de caracterización del fósforo y el nitrógeno para poder determinar si las elevadas concentraciones de estos nutrientes se deben a la muerte de este tipo de algas (*Microcystis aeruginosa*), así como también el estudio del crecimiento de este tipo de alga.

Realizar monitoreos habitualmente para evaluar el estado trófico de la laguna Querecotillo y evitar la degradación del ecosistema acuático.

## REFERENCIAS

ANDRADE, Eunice Maia de, et al. Balance of nitrogen and phosphorus in a reservoir in the tropical semi-arid region. *Revista Ciência Agronômica*, 2020, vol.51. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902020000100420](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902020000100420) &lang=pt

AHMED, Soha Mahmoud. Impact of different pollutants on some water quality aspects of Lake Mariout, Egypt. *Egyptian Journal for Aquaculture*, 2020, vol. 10, no 4, p.17-37. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000788323500001>

ALPROL, Ahmed E. et al. Assessment of Water Quality, Eutrophication, and Zooplankton Community in Lake Burullus, Egypt. *Diversity* [online]. 2021, vol. 13, no. 6, s. 268. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2544729624/fulltext/718C83BE783E4E83PQ/45>

BAYLÓN CORITOMA, Maribel, et al (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecología aplicada*, vol. 17, no 1, p.119-132. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162018000100013](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100013)

BOCACHICA-GALVIS, Daniel y MORENO-BERNAL, Nathalia. Aplicación de modelos de isotermas de adsorción y cinética de adsorción para la remoción selectiva de nitrógeno y fósforo de aguas residuales agrícolas. [en línea] Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2022 98 páginas [Fecha consulta: 22 de junio 2023]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/929bdc72->

60de- 43f2-ade8-3afdd7b2eed3

BONOMETTO, Andrea et al. A New Multi-Index Method for the Eutrophication Assessment in Transitional Waters: Large-Scale Implementation in Italian Lagoons. *Environments* [online]. 2022, vol. 9, no. 4, s. 41. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2652964462/fulltext/718C83BE783E4E83PQ/49>

CARLSON, R., & SIMPSON. J., Una guía del coordinador de métodos de monitoreo de lagos voluntarios, 1996. Disponible en: <http://www.secchidipin.org/index.php/monitoring-methods/trophic-state-equations/>

CHICLLA SALAZAR, Armando. Floraciones algales de microcystis aeruginosa y su relación con el nivel de eutrofización de las aguas del Humedal Albuferas de Medio Mundo-Huaura, 2019. 2022. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6663/TESIS%20CHICLLA%20SALAZAR%20ARMANDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHANAMÉ-ZAPATA, Fernán et al. Nutrient concentrations and trophic state of three Andean lakes from Junín, Perú. *Revista Ambiente & Agua* [online]. 2020, vol. 15, no. 4, s.1-10. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2429826429/A4C3A4DCCCAA4CD9PQ/1>

CRISÓSTOMO-VÁZQUEZ, Lilia, et al. Fitoplancton de la Laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas, México. *Interciencia*, 2016, vol. 41, no 2, p. 103-109.

CUSTODIO, María a Erika CHÁVEZ. Quality of the aquatic environment

of high Andean rivers evaluated through environmental indicators: a case of the Cunas River, Peru. *Ingeniare: Revista Chilena De Ingenieria* [online]. 2019, vol. 27, no. 3, s. 396-409. ISSN 07183291. Disponible en :<https://www.proquest.com/docview/2345782716/fulltext/718C83BE783E4E83PQ/56>

CRETIAZ MINAGLIA, Melina Celeste. Estudio del crecimiento de *Microcystis Aeruginosa* y de la producción de microcystina en cultivo de laboratorio. 2018. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/83223/CONICET\\_Digital\\_Nro\\_06be5b5d-7b3b-4960-9aba-3982bebee388\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/83223/CONICET_Digital_Nro_06be5b5d-7b3b-4960-9aba-3982bebee388_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

DIAZ VALENTIN, Lesly Xiomara; PEREZ CONDOR, Jhober Miguel. Efectos de la actividad agrícola ribereña en el proceso de eutrofización de la laguna Pucush Uclo en Chupaca 2010-2020. 2021. Disponible en : [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12160/2/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Diaz\\_Perez\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12160/2/IV_FIN_107_TE_Diaz_Perez_2021.pdf)

EIRÍN, María Karina. Cianobacterias y pesquerías en las lagunas de Rocha y Castillos, SE Uruguay: aportes a la gestión pesquera. 2020. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/33653>

ESCOBAR CAYETANO, Stephanie Delia. Determinación de microorganismos considerados indicadores biológicos de eutrofización en la laguna Huacracocha Huancayo en el período abril a septiembre del año 2019. 2020. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7882>

ESPINOZA FREIRE, Eudaldo Enrique. La investigación formativa. Una reflexión teórica. *Conrado*, 2020, vol. 16, no 74, p. 45-53.

Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442020000300045](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000300045)

FORERO SALAMANCA, Johana Catalina, et al. (2021). Estudio de la incidencia de actividades agropecuarias en cuerpos lénticos de alta montaña de la cordillera andina colombiana. Disponible en:  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/39046>

GARCÍA MIRANDA, Fátima Goretti; MIRANDA ROSALES, Verónica. Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. 2018. [http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2\\_Parte1\\_Eje3\\_Cap5-177-García-Miranda.pdf](http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-García-Miranda.pdf)

GOYENOLA, Guillermo, et al. Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay: armando el rompecabezas. Innotec, 2021, no 22. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTECA/article/view/558/1127>

HUISMAN, Jef, et al. Cyanobacterial blooms. Nature Reviews Microbiology, 2018, vol. 16, no 8, p. 471-483. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41579-018-0040-1>.

IZAGUIRRE, Irina; O'FARRELL, Ines; SÁNCHEZ, María Laura. ¿De qué nos habla el fitoplancton? 2019. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/163548/CONICET\\_Digital\\_Nr\\_o.d1b63481-95d0-4e5f-9a95-9fba46e9593c\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/163548/CONICET_Digital_Nr_o.d1b63481-95d0-4e5f-9a95-9fba46e9593c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

MARTÍNEZ MEMBREÑO, Kevin Uriel, et al. Diversidad ictica del Rio Grande La Leona (Atoyac), León y su relación con parámetros fisicoquímicos. 2021. Tesis Doctoral. Disponible en :

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8252/1/245698.pdf>

DA LE, Nhu, et al. Risk of eutrophication in the seawater of the coastal Red River aquaculture zone (Thai Binh province, Vietnam). *Regional Studies in Marine Science*, 2022, vol. 55, p. 102587. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485522002201?via%3Dihub>

OBREGON MEDINA, Xiomara Victoria. Diversidad fitoplanctónica como bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018. 2022. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30572>

Ochoa, A. (2019). Utilización de *Paramecium caudatum* en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019 [Tesis de Grado, Ingeniera Ambiental, Universidad Continental]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7131>

PAREDES, L. Desarrollo de un modelo conceptual para el manejo de servicios ecosistémicos costeros: Isla Grande de Chiloé. Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Santiago, 2019. Disponible en: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Paredes%20Lorenna.pdf>

PICHARDO VELARDE, Jorge Gerardo. Efecto del fósforo y nitrógeno en la producción de toxinas paralizantes del dinoflagelado *Alexandrium tamiyavanichii*. 2021. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. Disponible en: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3086>

QUIRÓS, Rolando, et al. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia*, 2002, vol. 27, no 11, p. 584-591.

RODAS-PERNILLO, Evelyn; VASQUEZ-MOSCOSO, Camila A.; GARCÍA, Ovidio F. Dinámica del consumo y aporte de nutrientes de fitoplancton, dominado por *Microcystis* sp.(Cyanophyceae) del lago de Amatitlán. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2020, vol. 7, no 1. Disponible en: <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/cytes/article/view/709>

RODRÍGUEZ-FLÓREZ, Clara N.; VINOCUR, Alicia; IZAGUIRRE, Irina. Dinámica del fitoplancton en tres lagos urbanos con diferentes estrategias de manejo: Análisis de floraciones estivales. *Ecología austral*, 2019, vol. 29, no 1, p. 72-93. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2019000100008](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2019000100008)

SANCHEZ CHERO, Manuel Jesús; PALACIOS JIMENEZ, Denesy Pelagia; ARRAZIZA ARMESTAR, Azucena. Conociendo los recursos turísticos de los distritos de Lancones, Querecotillo y Miguel Checa. 2022. Disponible en: <http://www.repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/201>

SHANG, Wei, et al. Spatial–Temporal Variations of Total Nitrogen and Phosphorus in Poyang, Dongting and Taihu Lakes from Landsat-8 Data. *Water*, 2021, vol. 13, no 12, p. 1704. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122012853#bib69>

SILVA CUBAS, Anaid Lizzet; POLICARPO MORALES, Nataly Cristina. Efecto de los extractos de *Potamogeton striatus* Ruiz & Pav. y *Lemna minuta* Kunth sobre el crecimiento de poblaciones algales de *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing obtenidos del Humedal Albufera de Medio Mundo, Huaura. 2023. Disponible en:

<https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1797>

SOMMA, Andrea. Implicancias de la hidrología en la presencia y biomasa de grupos formadores de floraciones algales nocivas en un sistema fluvial eutrófico (río Santa Lucía, Uruguay). 2018. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/30889/1/uy24-19362.pdf>

SONCCO MURGA, Rocio Heredia; ALVAREZ RIVAS, Daniel Josue. Estado del arte sobre los índices que determinan el nivel de eutrofización en lagunas altoandinas. 2020 Disponible en: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3326/Rocio\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3326/Rocio_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1)

VEGARA MARTÍNEZ, Miriam. ESTADO DE LA TAXONOMÍA DE CIANOBACTERIAS; EL EJEMPLO DE STIGONEMATALES. 2020. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/8600/1/VEGARA%20MARTÍNEZ%2c%20MIRIAM.pdf>

VERA RODRÍGUEZ, Juan Patricio; ZAMBRANO MERA, Donald Denison. Grado de eutrofización del humedal La Segua. 2021. Tesis de Licenciatura. Calceta: ESPAM MFL. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1632>

VILLABONA-GONZÁLEZ, Silvia Lucía, et al. Main physicochemical and biological variables in the trophic state of five Colombian Andean reservoirs. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2020, vol. 44, no 171, p. 344-359. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082020000200344&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082020000200344&lang=es)

VILLAGÓMEZ-IBARRA, Roberto, et al. Lagoon trophic state determination. Case of study Tecocomulco's lagoon, Hidalgo, Mexico. *Dyna*, 2019, vol. 86, no 209, p. 104-112. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532019000200104&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000200104&lang=es)

WELLS, Mark L., et al. Future HAB science: Directions and challenges in a changing climate. *Harmful algae*, 2020, vol. 91, p. 101632. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S156898831930099X>.

WURTSBAUGH, Wayne A.; PAERL, Hans W.; DODDS, Walter K. Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2019, vol. 6, no 5, p. e1373. Disponible en: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wat2.1373>

YU, Yingliang, et al. Reforming smallholder farms to mitigate agricultural pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, p. 1-12. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/fullrecord/WOS:000702635000010>

ZAMBRANO ALCÍVAR, Ariana Romina. Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año. 2018. Tesis de Licenciatura. Calceta: ESPAM MFL. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/798>

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Floraciones algales de <i>Microcystis aeruginosa</i> y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo-Sullana, 2023					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Floraciones algales de <i>Microcystis aeruginosa</i></b>	Se considera como la población de cianobacterias producto del crecimiento acelerado por la presencia de nutrientes en cuerpos de aguas tales como lagunas, arroyos, y lagos, en donde se incrementan el número de células (Crettaz, 2018)	Se tomaron muestras en los puntos de monitoreo establecidos de la cianobacteria <i>Microcystis aeruginosa</i> calculando la cantidad de Cel/l utilizando el método mediante la cámara de recuento Neubauer (>10 µm)	Presencia de <i>Microcystis aeruginosa</i>	Caracterización morfológica	Nominal
				Cantidad de algas (Cél/ml)	Razón
				concentración de Fosforo total (mg/L)	Razón
			Parámetros fisicoquímicos	pH (unidad de pH)	Razón
				concentración de Nitrógeno (mg/L)	Razón
				Cantidad de clorofila "a" (mg/L)	Razón
				Conductividad eléctrica (µs/cm)	Razón
<b>Índice trófico</b>	Representa el estado del cuerpo de agua con respecto a la carga de nutrientes y contaminación que presentan, el cual puede encontrarse en 4 estados tróficos: Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico y Hipertrofico; el cual se determina mediante una transformación logarítmica de los valores obtenidos de Clorofila "a", disco Secchi y fosforo total, en un intervalo de 0 hasta 100 (Dirección General del Agua, 2018)	Se realizaron muestreos en diversos puntos para analizar cada parámetro fisicoquímico, además de realizar la prueba de transparencia con el disco de Secchi. Asimismo, se determino el estado trófico del cuerpo del agua con los valores obtenidos mediante las fórmulas planteadas en el método Carlson	Índice de estado trófico de Carlson (IETC)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Razón
				IET: Índice de estado trófico de la clorofila	Intervalo
				IET: Índice de estado trófico del fosforo total	Intervalo
				IET: Índice de estado trófico de la transparencia	Intervalo

## Anexo 02: Ficha de recolección de datos

Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras																		
Título	Floraciones algales de <i>Microcystis aeruginosa</i> y su relación con el índice trófico de la laguna Querecotillo – Sullana, 2023																	
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales								Lugar									
Responsables	Garcia Leon, Angel - Sembrera Velasco, Karen								Descripción									
Asesor	MSc. Huerta Chombo, German Luis										Mes de Evaluación							
Tipo de Matriz																		
Punto de muestreo	Muestreo		Tipo de recipiente		Parámetros										Altitud	Coordenadas UTM-WGS84		Observaciones
	Inicio de Muestreo				Biológicos	Fisicoquímicos								Norte (m)		Este (m)		
	Fecha	Hora	P	V	Análisis en laboratorio	Análisis in situ					Análisis en laboratorio							
					Cantidad de algas (Cél/mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Transparencia de agua (m)	Temperatura	Clorofila "a" (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)					
PM1																		
PM2																		
PM3																		
PM4																		
PM5																		

Nota:

P: Plástico

V: Vidrio

## Anexo 03: Validaciones de expertos



### VALIDACION DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Yepes Aldamiro Cristian*
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: *Aldamiro Proyectos Saneables S.A.A.*
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: *Contaduría de Gestión*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 1: Obtención de datos y Análisis de muestra**
- 1.5. Autores del instrumento: *García León Angel*  
*Sembrera Velasco Karen*

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X
INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

100

Trujillo, ..... julio del 2023.

FIRMA DEL EXPERTO / INFORMANTE

DNI: *178190* / TLF: *94295775*

**VALIDACION DEL INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **RONERO RINAZA WILCIE JOHNO**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **MONITOREO AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 1: Obtención de datos y Análisis de muestra**
- 1.5. Autores del instrumento: **García León Angel  
Sembrera Velasco Karen**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X	
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X	
INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X	
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**III. OPINION DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

**85**

Trujillo, <sup>07</sup>..... julio del 2023.



**FIRMA DEL EXPERTO / INFORMANTE**

DNI: 76196375..... / TLF: 980346101.....

CIP: 293929

**VALIDACION DEL INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Castro Linares Carlos  
 1.2. **Cargo e Institución donde labora:** Ingeniero  
 1.3. **Especialidad o línea de Investigación:** Sector Agrícola  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha 1:  
 Obtención de datos y Análisis de muestra  
 1.5. **Autores del instrumento:** Garcia León Angel  
 Sembrera Velasco Karen

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.								X		
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X
INTERNACIONALIDAD	Este adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X	
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X		
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.								X		
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X		

**III. OPINION DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**


Trujillo, 08 julio del 2023.

  
 Carlos Cristian Castro Linares  
 ING. AGRÍCOLA  
 R. C. P. N. 206095

**FIRMA DEL EXPERTO / INFORMANTE**  
 DNI: 206095 / TLF: 902530894

**VALIDACION DEL INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Nelsy Yanela Surita Correa  
 1.2. **Cargo e Institución donde labora:**  
 1.3. **Especialidad o línea de Investigación:** Ingeniera Química  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha 1:  
**Obtención de datos y Análisis de muestra**  
 1.5. **Autores del instrumento:** García León Angel  
 Sembrera Velasco Karen

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X	
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X	
INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X	
CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X		
METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.								X		
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X		

**III. OPINION DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**


Trujillo, 06... julio del 2023.



NELSY YANELA SURITA CORREA  
Ingeniera Química  
CIP: 302721

**FIRMA DEL EXPERTO / INFORMANTE**

 DNI: 72763055 / TLF: \_\_\_\_\_  
 CIP: 302721

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

INFORME DE ANÁLISIS  
LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN
	KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 01
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA N°1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 01
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.37
FÓSFORO	mg/L	0.024
CLORIFLA -s	mg/m <sup>3</sup>	22.59
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	4.86

\* DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisado El 2015) : 2015-05-14 2 Edición.

\* El método utilizado es el método de fluorometría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Ácido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de ácido Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TREBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
BRIAN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

# LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

## INFORME DE ANÁLISIS LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 02
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA N°1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 02
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.31
FÓSFORO	mg/L	0.019
CLORIFLA -a	mg/m <sup>3</sup>	24.52
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	4.17

\* DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisada El 2013) : 2015-05-14 2 Edición.

\* El método utilizado es el método de fluorometría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Ácido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de azida Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TREBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
BRIAN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

# LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

## INFORME DE ANÁLISIS LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 03
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA Nº1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 03
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.51
FÓSFORO	mg/L	0.042
CLORIFLA -a	mg/m <sup>3</sup>	31.18
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	5.34

\* DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisada El 2015) : 2015-05-14 2 Edición.

\* El método utilizado es el método de fluorometría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Ácido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de azido Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TREBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
BRIAN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

Scanned with CamScanner

# LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

## INFORME DE ANÁLISIS LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN
	KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 04
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA N°1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 04
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.79
FÓSFORO	mg/L	0.067
CLORIFLA -a	mg/m <sup>3</sup>	38.14
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	7.66

\* DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisada El 2015) : 2015-05-14 2 Edición.

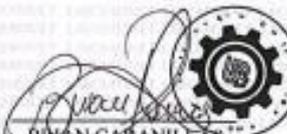
\* El método utilizado es el método de fluorimetría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Acido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de azida Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TRÉBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
BRIAN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

Scanned with CamScanner

# LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

## INFORME DE ANÁLISIS LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 05
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA N°1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 05
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.43
FÓSFORO	mg/L	0.035
CLORIFLA -a	mg/m <sup>3</sup>	27.49
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	5.16

\* DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisada El 2015) : 2015-05-14 2 Edición.

\* El método utilizado es el método de fluorometría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Ácido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de azida Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TREBOL, S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
BRIAN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

Scanned with CamScanner

# LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

## INFORME DE ANÁLISIS LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"

SOLICITANTES	: ANGEL GARCÍA LEÓN
	KAREN SEMBRERA VELASCO
MUESTRA	: AGUA
CÓDIGO	: LLPAT - 06
FECHA DE INGRESO	: 06 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA N°1

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		LLPAT - 06
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
NITRÓGENO	%	0.53
FÓSFORO	mg/L	0.046
CLORIFLA -a	mg/m <sup>3</sup>	33.74
OXÍGENO DISUELTO	mgO <sub>2</sub> /L	4.97

\*DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO POR EL MÉTODO KJELDAHL - Norma Técnica NTP 201.021 Peruana 2002 (Revisada El 2015) : 2015-05-14 2 Edición.

\*El método utilizado es el método de fluorometría de Welschmeyer para determinación de clorofila

\* El método utilizado es el método de Acido Ascórbico: SM 4500-E para determinación de fósforo

\* El método utilizado es el método de valoración de azido Winkler para determinación de Oxígeno disuelto

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TREBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestras instalaciones.

TRUJILLO, 12 DE OCTUBRE DEL 2023

  
KAREN CABANILLAS  
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

Scanned with CamScanner