



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NANGARITZA
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD
FITOPLANCTÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JHONNY CRISTIAN RIVERA GUAMAN

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA MSC.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NANGARITZA MEDIANTE EL
ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JHONNY CRISTIAN RIVERA GUAMAN

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA MSC.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Jhonny Cristian Rivera Guaman portador de la cédula de ciudadanía N° **1900695345**. Declaro ser el autor de la obra: **“CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NANGARITZA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **02 de febrero de 2023**

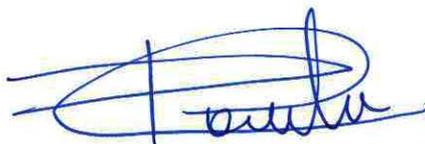


F:

Jhonny Cristian Rivera Guaman
1900695345

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jhonny Cristian Rivera Guaman, bajo mi supervisión.



BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

MSc.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mis padres, por ese gran ejemplo de lucha, sencillez y humildad con la que me han educado hasta este punto de mi vida, por mostrarme el camino hacia la superación y por el apoyo que los dos me han brindado. Este logro alcanzado no es solo mío, sino vuestro también. A mis familiares por darme fuerza de aliento para no desfallecer durante este proceso y llegar a concluir una meta muy importante.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por ser el guía y acompañante en cada día de mi vida personal, académica y profesional, gracias por brindarme salud, paciencia, sabiduría y voluntad para lograr cumplir mis objetivos.

A mis padres, gracias por ser mis pilares fundamentales y por el apoyo incondicional que me han brindado en esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Cuenca, por brindarme conocimiento y sabiduría durante mi paso por ella. A mi directora de tesis, gracias por apoyarme y guiarme en este proceso de aprendizaje.

A mis amigos y compañeros, gracias por estar ahí, por compartir sus conocimientos, experiencias, consejos y por permitirme aprender más de la vida a su lado.

A mis familiares y conocidos, gracias por creer en mí, en que se puede y se podrá seguir conquistando los sueños.

RESUMEN

El estudio se realizó en el río Nangaritzza, ubicado al sureste de la provincia de Zamora Chinchipe, con el propósito de conocer la calidad del agua utilizando como bioindicador la comunidad fitoplanctónica. La realización de este estudio en el río Nangaritzza con intensa actividad antrópica busca aportar nuevos conocimientos con relación a la comunidad fitoplanctónica como línea base. Para ello se tomaron muestras en dos periodos climáticos (época de verano y época lluviosa) en 5 zonas, se recogieron 20 muestras de agua en botellas ámbar de 1L para el análisis fitoplanctónico y 20 muestras en botellas de 250 ml para los parámetros fisicoquímicos ex situ: turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos; los parámetros físicos: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, pH se midieron in situ; además se identificó y se clasificó por taxones la comunidad fitoplanctónica. Los resultados determinaron que el fosfato se encuentra en cantidades que sobrepasan los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre de agua dulce. Entre los resultados se identificaron cinco divisiones fitoplanctónicas siendo la división Cyanophyta la más dominante, en menor presencia se encontraron las Dinophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta y Chlorophyta. Para estimar la calidad del agua se utilizó del índice compuesto de Nyggard (1,5 – 4,5), el índice de Shannon-Weaver (0,0 – 0,17) y el índice de polución orgánica (OPI) obteniendo como resultado que el río Nangaritzza presenta indicios de eutrofización.

Palabras clave: Calidad del agua, comunidad fitoplanctónica, parámetros fisicoquímicos, estado trófico.

ABSTRACT

The study was carried out in the Nangaritza River, located southeast of the province of Zamora Chinchipe, to determine the water quality using the phytoplankton community as a bioindicator. Performing this study in the Nangaritza River with high levels of anthropogenic activity aims to provide new knowledge regarding the phytoplankton community as a baseline. For this purpose, samples were taken in two different weather periods (summer and rainy season) in 5 zones; 20 water samples were collected in 1L bottle for phytoplankton analysis and 20 samples in 250 ml bottles for ex-situ physicochemical parameters: turbidity, nitrites, nitrates, and phosphates. The physical parameters: temperature, dissolved oxygen, conductivity, and pH, were measured in situ; the phytoplankton community was also identified and classified by taxa. The results determined that phosphate is found in amounts that exceed the quality criteria for freshwater aquatic and wildlife preservation. Among the results, five phytoplanktonic divisions were identified, with the Cyanophyta division being the most dominant; Dinophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, and Chlorophyta were found in lower levels. The Nyggard composite index (1.5 - 4.5), the Shannon-Weaver index (0.0 - 0.17), and the organic pollution index (OPI) were used to estimate water quality, obtaining as a result that the Nangaritza River presents evidence of eutrophication.

Keywords: water quality, phytoplankton community, physicochemical parameters, trophic state.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|---------------|
| CERTIFICACIÓN | - 1 - |
| DEDICATORIA | - 2 - |
| AGRADECIMIENTOS | - 3 - |
| RESUMEN | - 4 - |
| ABSTRACT | - 5 - |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | - 6 - |
| LISTA DE FIGURAS | - 8 - |
| LISTA DE TABLAS | - 9 - |
| LISTA DE ANEXOS | - 10 - |
| CAPÍTULO I | - 11 - |
| 1. INTRODUCCIÓN | - 11 - |
| 1.1 OBJETIVOS | - 15 - |
| 1.1.1 OBJETIVO GENERAL | - 15 - |
| 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | - 15 - |
| CAPÍTULO II | - 16 - |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | - 16 - |
| 2.1 ESTADO DEL ARTE | - 16 - |
| 2.2 MARCO TEÓRICO | - 17 - |
| 2.2.1 Agua | - 17 - |
| 2.2.5 Ecosistema | - 19 - |
| 2.2.6 Ecosistema acuático | - 20 - |
| 2.2.8 Fitoplancton | - 20 - |
| 2.2.9 Hábitat | - 21 - |
| 2.2.10 Ciclo de vida | - 21 - |
| 2.2.11 Clasificación | - 22 - |
| 2.2.12 Morfología | - 23 - |
| 2.2.13 Importancia | - 24 - |
| 2.2.14 Fitoplancton como indicador de calidad | - 25 - |
| 2.2.15 Índices fitoplanctónicos | - 25 - |
| 2.2.16 Parámetros Físico-químicos | - 27 - |
| 2.2.17 Temperatura | - 27 - |
| 2.2.18 Oxígeno Disuelto | - 27 - |
| 2.2.19 Conductividad | - 28 - |
| 2.2.20 pH | - 28 - |
| 2.2.21 Turbiedad | - 28 - |
| 2.2.22 Nitrito/Nitrato | - 28 - |
| 2.2.23 Fósforo | - 29 - |
| CAPÍTULO III | - 30 - |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | - 30 - |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDIO | - 30 - |
| 3.2 FASE DE CAMPO | - 31 - |
| 3.2.1 Toma de muestras | - 31 - |
| 3.2.2 Descripción de parámetros físicos in-situ | - 31 - |

| | | |
|-----------------------------------|---|---------------|
| 3.3 | FASE DE LABORATORIO | - 32 - |
| 3.3.1 | <i>Reconocimiento taxonómico y cuantificación de la comunidad fitoplanctónica</i> | - 32 - |
| 3.4 | ANÁLISIS DE DATOS | - 33 - |
| 3.4.1 | <i>Análisis de índices fitoplanctónicos</i> | - 33 - |
| 3.4.2 | <i>Análisis Estadístico</i> | - 34 - |
| CAPÍTULO IV | | - 35 - |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | - 35 - |
| 4.1 | CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL RÍO NANGARITZA | - 35 - |
| 4.1.1 | <i>Oxígeno disuelto</i> | - 35 - |
| 4.1.2 | <i>Temperatura</i> | - 36 - |
| 4.1.3 | <i>Conductividad</i> | - 37 - |
| 4.1.4 | <i>pH</i> | - 38 - |
| 4.1.5 | <i>Turbiedad</i> | - 39 - |
| 4.1.6 | <i>Nitrato</i> | - 40 - |
| 4.1.7 | <i>Nitrato</i> | - 41 - |
| 4.1.8 | <i>Fosfato</i> | - 42 - |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DESARROLLADA EN EL RÍO NANGARITZA | - 43 - |
| 4.2.1 | <i>Distribución fitoplanctónica en cada zona de estudio</i> | - 44 - |
| 4.2.2 | <i>Distribución fitoplanctónica durante la época de verano</i> | - 46 - |
| 4.2.3 | <i>Distribución fitoplanctónica durante la época lluviosa</i> | - 47 - |
| 4.3 | ÍNDICES DE CALIDAD | - 48 - |
| 4.4 | CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y EL FITOPLANCTON | - 50 - |
| CAPÍTULO V | | - 53 - |
| 5. | CONCLUSIONES | - 53 - |
| CAPÍTULO VI | | - 54 - |
| 6. | RECOMENDACIONES | - 54 - |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | - 55 - |
| ANEXOS | | - 61 - |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|--------|
| <i>Figura 1. Delimitación de la zona de estudio</i> | - 30 - |
| <i>Figura 2. Valores promedio de oxígeno disuelto en los dos periodos climáticos</i> | - 35 - |
| <i>Figura 3. Valores promedio de temperatura en los dos periodos climáticos</i> | - 36 - |
| <i>Figura 4. Valores promedio de conductividad en los dos periodos climáticos</i> | - 37 - |
| <i>Figura 5. Valores promedio de pH en los dos periodos climáticos</i> | - 38 - |
| <i>Figura 6. Valores promedio de turbiedad en los dos periodos climáticos.....</i> | - 39 - |
| <i>Figura 7. Valores promedio de nitritos en los dos periodos climáticos</i> | - 40 - |
| <i>Figura 8. Valores promedio de nitratos en los dos periodos climáticos</i> | - 41 - |
| <i>Figura 9. Valores promedio de fosfatos en los dos periodos climáticos</i> | - 42 - |
| <i>Figura 10. Distribución fitoplanctónica en cada zona de estudio.</i> | - 44 - |
| <i>Figura 11. Distribución fitoplanctónica de verano en cada zona de estudio.....</i> | - 46 - |
| <i>Figura 12. Distribución Fitoplanctónica durante la época lluviosa en cada zona de estudio</i> | - 47 - |
| <i>Figura 13. ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones de fitoplancton, durante la época de verano..</i> | - 51 - |
| <i>Figura 14. ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones de fitoplancton, durante la época lluviosa</i> | - 52 - |
| <i>Figura 15. Botella Van Dorn que se utilizó para tomar las muestras de agua para análisis de fitoplancton ...</i> | - 68 - |
| <i>Figura 16. Caja térmica que se utilizó para transportar las muestras</i> | - 68 - |
| <i>Figura 17. Medición de pH con el uso del Multiparamétrico</i> | - 68 - |
| <i>Figura 18. Medición de oxígeno disuelto con el uso del Multiparamétrico.....</i> | - 68 - |
| <i>Figura 19. Medición de conductividad con el uso del Multiparamétrico</i> | - 69 - |
| <i>Figura 20. Toma de muestras con la botella Van dorn</i> | - 69 - |
| <i>Figura 21. Turbidímetro.....</i> | - 69 - |
| <i>Figura 22. Muestras con reactivos para el análisis de fosfato y nitritos.....</i> | - 69 - |
| <i>Figura 23. Muestras de la época de verano para turbidez</i> | - 70 - |
| <i>Figura 24. Muestras de la época lluviosa para turbidez</i> | - 70 - |
| <i>Figura 25. Panorama de la zona CA</i> | - 70 - |
| <i>Figura 26. Panorama de la zona CAM</i> | - 71 - |
| <i>Figura 27. Panorama de la zona CM</i> | - 71 - |
| <i>Figura 28. Panorama de la zona CMB</i> | - 72 - |
| <i>Figura 29. Panorama de la zona CB</i> | - 72 - |
| <i>Figura 30. Registro de datos con el multiparamétrico.....</i> | - 73 - |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|--------|
| Tabla 1. Estimación de calidad - Índice compuesto. | - 26 - |
| Tabla 2. Estimación de polución según el índice diatómico general. | - 27 - |
| Tabla 3. Valor OPI para los géneros fitoplanctónicos | - 34 - |
| Tabla 4. Grupos fitoplanctónicos presentes en el río Nangaritza | - 43 - |
| Tabla 5. Estado trófico que presenta el río Nangaritza en los dos períodos climáticos | - 48 - |
| Tabla 6. Calidad que presenta el río Nangaritza según el índice de Shannon-Weaver | - 49 - |
| Tabla 7. Componentes del ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones fitoplanctónicas durante la época de verano | - 50 - |
| Tabla 8. Componentes del ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones fitoplanctónicas durante la época lluviosa. | - 51 - |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|--------|
| <i>Anexo 1: Resultados de los análisis de fitoplancton</i> | - 61 - |
| <i>Anexo 2: Resultados del monitoreo de parámetros fisicoquímicos</i> | - 67 - |
| <i>Anexo 3: Evidencia fotográfica</i> | - 68 - |

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua se ha constituido como uno de los elementos más significativo para la evolución y la estructuración social, económica y política de la sociedad, gracias a este bien el ser humano ha logrado desarrollarse y transformarse (Rodríguez, 2001).

La salud, el progreso económico y la calidad del agua se relacionan de forma mutua ya que estas son necesarias para prevalecer el bienestar humano y el crecimiento sostenible (Villena, 2018). La variación en las características del agua tiene un impacto no solo en la economía y la sociedad, sino también en la pérdida de la biodiversidad, los servicios ambientales y los ecosistemas (UNESCO, 2017).

Las fuentes mundiales de agua dulce cada año están más contaminados por la acumulación de desechos orgánicos, productos químicos utilizados en agricultura y ganadería, metales pesados, patógenos y sustancias emergentes. La materia orgánica es una fuente en crecimiento de la contaminación del agua y proviene de actividades como el vertido de aguas residuales, el aumento en la superficie de cultivos y la falta de capacidad para diluir los contaminantes debido a la reducción de escorrentía y la extracción no controlado del agua (Sagasta et al., 2018).

En América Latina se encuentra un mayor porcentaje de recursos hídricos en relación a la población, pero por la falta de un sistema de implementación de servicios como la distribución del líquido vital y las políticas y estructuras para la purificación y tratamiento, aún existen problemáticas por resolver. Además, teniendo en cuenta la parcialidad en la organización de los recursos y de la población, la diversidad cultural, la pobreza, las estimaciones demográficas, el desarrollo asimétrico de los países junto con las posibles condiciones ambientales del futuro, hacen que la administración del agua sea un reto para alcanzar la sostenibilidad de los recursos (Fernandez, 2018).

En Ecuador se dispone de una amplia red hídrica con ríos de gran importancia con vertientes hacia el Pacífico y el Amazonas. La contaminación del agua ocurre en todo el país, aunque cada región presenta fuentes diferentes, se pueden generalizar los siguientes: asentamientos demográficos, aguas residuales sin tratar, cambios de cobertura y uso de suelo, actividades petroleras y mineras (Pastén et al., 2019).

Actualmente la provincia de Zamora Chinchipe enfrenta varias problemáticas ambientales, considerando el crecimiento poblacional como la principal causa no favorable para la cobertura boscosa y la existencia o estado de los recursos naturales (agua - suelo), dado por actividades agrícolas, extracción de madera, conversión de pastizales, la minería entre otros. La condición del agua en la provincia también está perturbada por el sistema de eliminación de aguas servidas (letrinas, servicios públicos y fosas sépticas) debido a que en el sector urbano este servicio funciona de manera regular, pero la realidad es diferente en los sectores rurales, debido a que la falta de servicios, educación y concientización la población muchas veces ha sufrido y generado problemas de salud (León, 2014).

Las acciones antrópicas en esta provincia han generado alteraciones en la red hídrica, erosión y pérdida de mucha biodiversidad, muchas comunidades hacen uso de los recursos de la naturaleza en mayor parte para el sustento y obtención de beneficios económicos, con actividades como: la venta de productos agrícolas, caza, pesca, recolección de insectos y plantas; manteniendo una relación amigable con el medio ambiente sin causar un impacto significativo (Rodríguez, 2011). Sin embargo, actualmente esta provincia al igual que la región amazónica afronta serios problemas con un alto impacto al ecosistema con actividades como: el monocultivo, la minería, ganadería y explotación maderera.

En la microcuenca alta del Nangaritza se encuentra un alto valor de biodiversidad, en esta zona se localiza una de las extensiones de bosques nativos del Ecuador con poca alteración ecológica que une la cadena montañosa de los Andes y la Amazónica. Debido a su riqueza natural se considera muy frágil ante los cambios socio-ambientales y por ello es considerado como objeto de estudio con interés a nivel internacional (Abad, 2018).

El río Nangaritza tiene diferentes aportaciones hídricas (quebradas, lagunas, afloramientos, otros) de los cuales se desconoce los parámetros físico químicos, los elementos o sustancias que contienen, debido a que estas aguas provienen de predios agrícolas, ganaderos, acciones domésticas u otras actividades y todas se concentran en el río principal, por lo tanto, no se conoce con exactitud si las propiedades del líquido son las más idóneas para las funciones ecológicas que debe cumplir (Gobierno Autónomo Descentralizado de Nangaritza, 2020).

El río Nangaritza también recibe descargas de aguas servidas directamente al cauce, esta acción se considera una amenaza en la salud pública y la biodiversidad presente del territorio (León, 2014). Por lo tanto, se desconoce si estas aguas serían potencialmente aptas

para otros usos productivos, debido a que en las riveras de este río se realizan actividades acuícolas, agrícolas o recreativas con el afán de generar ingresos económicos y demandar mano de obra local.

El río Nangaritza es una importante fuente hídrica, por esta razón se han realizado varios estudios con énfasis a la conservación de la biodiversidad de la cuenca teniendo en cuenta el recurso hídrico.

Según la organización Earth Law Center con el estudio de los derechos del bosque y la vegetación protectora “Cuenca alta del río Nangaritza” (EARTH LAW CENTER, 2021), indica que en la cuenca alta del río no existe mucho desarrollo y la contaminación por actividades mineras o antrópicas se encuentra en un criterio moderado. En cambio, la situación es diferente en la parte media y baja de la cuenca, en esta zona, los impactos producidos por las actividades antrópicas como: la agrícola, acción doméstica y explotación minera son altas, consecuentemente, las propiedades del agua no cumplen con los parámetros aceptables.

De acuerdo con el estudio realizado por la Corporación Eléctrica del Ecuador (2011) “Caracterización y Diagnóstico del área referencial del Proyecto Hidroeléctrico Santiago”, en el cual se comparó la relación de la producción (cantidad) y generación hídrica (calidad) con la finalidad de determinar el estado ambiental de las cuencas aportantes al Santiago mediante un análisis realizado a las propiedades fisicoquímicas del agua, basada en la cuantificación de macroinvertebrados bentónicos realizado durante dos campañas de recolección, de acuerdo al índice BMWP demuestra que el agua del río Nangaritza presenta una calidad dudosa correspondiente a aguas contaminadas.

En el ecosistema acuático se desarrollan diferentes tipos de organismos, estas comunidades permiten estimar la condición biológica del sitio, esto se logra al obtener la cantidad de especies. Estos indicadores biológicos son fundamentales para el análisis de las propiedades del agua, para ello, se realiza la evaluación de parámetros como la adaptación, índice de reproducción, ciclo vital, entre otros (Nazareno, 2021).

Las actividades antropogénicas generan contaminantes sobre los límites permisibles y estos pueden ser compuestos de nitrógeno, fósforo u otras sustancias químicas que impiden que las especies que habitan los espacios acuáticos realicen sus procesos fisiológicos vitales (Vásquez et al., 2006).

Actualmente los estudios sobre la calidad del agua que utilizan como bioindicador el fitoplancton en el monitoreo, revelan que el cambio en la composición de estos organismos también está relacionado con las medidas fisicoquímicas y los vínculos ambientales entre las distintas especies (Vásquez et al., 2006).

Esta investigación en el río Nangaritza, el cual recibe gran cantidad de desechos provenientes de las actividades de la población, buscará aportar nuevos conocimientos con relación a la comunidad fitoplanctónica como línea base. Este estudio podría ser útil para proyectos futuros y planes de monitoreos ecológicos de conservación que se pueden implementar para mantener la diversidad.

El objetivo de esta investigación es determinar las características fisicoquímicas permisibles del agua, mediante el estudio de la comunidad fitoplanctónica en el río Nangaritza, para cumplir con la investigación es necesario describir los parámetros fisicoquímicos del río de forma in situ y ex situ (nutrientes, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH y turbidez), también es necesario describir la comunidad fitoplanctónica para que, mediante un análisis estadístico se pueda determinar cómo se relacionan.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua en el río Nangaritzta mediante el análisis de las comunidades fitoplanctónicas.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del río Nangaritzta constatando su efecto en el crecimiento del fitoplancton.
- Identificar y clasificar la composición taxonómica del fitoplancton desarrollado en el río Nangaritzta.
- Estimar un índice bioindicador basado en la composición taxonómica del fitoplancton.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTADO DEL ARTE

Estudio del ensamblaje fitoplanctónico en dos complejos cenagosos afectados por actividades mineras en la cuenca media del Atrato, Chocó, Colombia - Karen Everni Córdoba Aragón, 2018.

Resumen. - En esta investigación se estudió el ensamblaje fitoplanctónico del río Atrato en el complejo Sanceno y Puné, en donde se realizan actividades mineras, con la finalidad de profundizar en la dinámica que tiene la comunidad fitoplanctónica con el medio hídrico. Se evaluó el funcionamiento y estructura de este ecosistema, por medio de la cuantificación de las especies y la determinación de las características fisicoquímicas que afectan las cualidades de los cuerpos de agua para suplir las necesidades ecológicas(Córdoba, 2018).

Calidad del agua de piscinas mineras en la parroquia Selva Alegre mediante análisis de la comunidad fitoplanctónica - María José Nazareno Mera, 2021.

Resumen. - Esta investigación se realizó en piscinas mineras abandonadas después de la actividad minera ilegal, la finalidad del estudio consistió en evaluar si las condiciones del agua eran optimas, para ello se realizó un análisis de la comunidad fitoplanctónica como organismo bioindicador y así conocer las circunstancias ecológicas en las que se encontraban las cinco piscinas, se determinó los descriptivos de riqueza y abundancia, además se analizó dos índices de calidad del agua. Se aplicó un análisis multivariado de los descriptivos ecológicos con los parámetros fisicoquímicos. (Nazareno, 2021).

Caracterización y diagnóstico del área referencial del Proyecto Hidroeléctrico Santiago - CELEC EP, 2011.

Resumen. - En este estudio realizado por la Corporación Eléctrica del Ecuador se comparó la relación de la producción (cantidad) y generación hídrica (calidad) para determinar el estado ambiental de las cuencas aportantes al Santiago. Se efectuó una valoración de las propiedades físicas, químicas y ecológicas del río Nangaritza en base a macroinvertebrados bentónicos realizado en dos campañas de recolección, de acuerdo al

índice BMWP presenta que el río Nangaritza tiene una calidad dudosa correspondiente a contaminada (CELEC EP, 2011).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Agua

Es una sustancia que se forma a partir de la unión de dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno (H_2O), es transparente, inodora y sin sabor. En el ambiente se puede presentar en cualquiera de los estados de la materia (Carbajal y González, 2012).

Es considerada como uno de los elementos imprescindibles para la evolución y la estructuración social, económica y política de la sociedad, gracias a este bien el ser humano ha logrado desarrollarse y transformarse (Rodríguez, 2001). La totalidad del agua apta para la humanidad se encuentra en proporciones menores en los casquetes polares, glaciares y recursos acuíferos subterráneos en un 2.6%. En cambio, el 97.4% está en los océanos, no apta para el consumo humano porque es salada (Calvo et al., 1997).

2.2.2 Calidad del agua

La calidad del recurso hídrico se puede determinar mediante medida o monitoreo de parámetros químicos, biológicos y físicos. Un análisis de calidad es la evaluación del estado ecológico que se da en el ecosistema, además de un valor ecológico primordial para el sostenimiento de los sectores sanitario y económico (Villena, 2018).

El estado óptimo del agua indica el nivel de diferencias de las propiedades naturales y de acuerdo al estado que se encuentre se clasifica para usos determinados. Según la clasificación de calidad, el valor cercano o igual a 0% significa que el agua se encuentra altamente contaminada. En cambio un valor cercano a 100% significa que el agua está en buenas condiciones (Guillén et al., 2012).

2.2.3 Usos del agua

Este líquido es considerado bien natural, requerido prácticamente para realizar todas las actividades humanas, esta puede ser empleada para subsistir, producir e intercambiar bienes y servicios.

a. Agricultura

El agua es necesaria para el riego en los cultivos, este recurso se extrae de los ríos, lagos, sistemas de riego y agua subterránea. Sin embargo, el uso irracional y descontrolado de estas formaciones geológicas, aunada a la contaminación por agroquímicos representan un riesgo para la disponibilidad y sostenibilidad del recurso. El agua es necesaria para la agricultura por ende se debe mejorar su aprovechamiento con el uso de tecnologías eficientes y un buen plan de manejo (Badii et al., 2008).

b. Doméstico

Son múltiples los usos domésticos de este líquido vital, los cuales van desde consumo para hidratar, preparación de alimentos, hasta aseo personal. A pesar de ellos, lamentablemente las estadísticas demuestran que, casi la mitad de las personas del planeta no disfrutan de un acceso libre a este servicio, debido a la inequidad en la distribución del suministro y la falta de acceso a agua cuya calidad este confirmada, por lo tanto, gran parte de este líquido no es asequible para la toda la población (Badii et al., 2008).

c. Industrial

Este recurso se utiliza en la industria en su mayoría es para generar energía hidroeléctrica y nuclear, cierto porcentaje se destina a técnicas industriales que requieren una gran cantidad de agua tales como la de producción de alimentos, automotriz, papel, petrolífera, química entre otros (Badii et al., 2008).

2.2.4 Contaminación del agua

La contaminación es la variación en las condiciones de un recurso donde se desarrolla la existencia e interrelaciones dentro de un ecosistema. El mínimo cambio o alteración en el sistema genera efectos negativos, estos se evidencian en daños al ambiente y conflictos sociales principalmente por la desigualdad de disfrute para el servicio y la falta de distribución de recursos (Boelens et al., 2015).

La contaminación del agua se refleja cuando sus propiedades se ven perturbadas de tal manera que no cumple con las condiciones aptas para el uso en su estado natural. Por lo general, cuando este líquido se contamina, se produce cambios a nivel fisicoquímico que lo convierten en no apto para el consumo de cualquier especie biológica (García, 2009).

Generalmente se distinguen dos fuentes de contaminación:

- Fuentes puntuales, son aquellas fuentes que descargan los agentes contaminantes en puntos o lugares específicos
- Fuentes difusas, que se desconoce su localización específica, esto debido a que las masas de aguas provienen de escorrentías de zonas agrícolas que se depositan directamente en los ríos. Es difícil controlar este tipo de contaminación (Cardenas, 2015).

La contaminación del agua tiene dos orígenes:

- La contaminación de origen natural sucede de forma dispersa y no ocurren altas concentraciones de contaminantes, a excepción con lugares relacionados a yacimientos mineros.
- La contaminación antrópica es generada por las diferentes actividades que realiza la sociedad, ya sean domésticas, comerciales o industriales, las cuales requieren de la utilización continua de este recurso natural, por lo tanto existe mayor generación de residuos que en cierto porcentaje terminan en las fuentes hídricas (García, 2009).

2.2.5 Ecosistema

De acuerdo a Fraume (2006), el ecosistema es la unidad funcional en donde interactúan organismos vivos con los factores que lo caracterizan y el medio físico en un espacio y tiempo determinado. Los ecosistemas según su composición pueden ser pequeños o enormes, como un lago, un bosque o las cadenas montañosas. Un ecosistema equivale a un conjunto de poblaciones biológicas más el biotopo.

El ecosistema no es una entidad constante e invariable, se considera como un sistema abierto, con cambios continuos en relación de la entrada o salida de sus elementos. Los ecosistemas experimentan variaciones erráticas temporarias y cíclicas (Husch y Ormazábal, 1996).

Durante la evolución de la tierra, ha tenido lugar la formación de diferentes ecosistemas de tamaño y complejidad diferente, la extensión se considera relativa, y se puede

subdividir en unidades de menor tamaño según las condiciones ambientales en las que se desarrolle el organismo (Gambi, 2003).

2.2.6 Ecosistema acuático

Los ecosistemas acuáticos son aquellos que tienen lugar en un cuerpo de agua, estos pueden ser los siguientes: ríos, lagunas, pantanos, océanos y mares. Los organismos que viven en este medio cuentan con características naturales que les permite adaptarse y convivir durante las diferentes condiciones de acuerdo al tipo de agua (Fiallos, 2016).

En el ecosistema acuático se mantienen tres categorías ecológicas importantes de organismos necesarios y fundamentales en la cadena trófica: el plancton, son organismos pequeños o microscópicos relativamente débiles, esta categoría se divide en fitoplancton y zooplancton; el necton, corresponden a seres vivos que nadan activamente, en esta categoría se definen los peces, tortugas u otros; y los bentos, son organismos del fondo del mar que se refugian en la arena o sobre la superficie (Roldán y Ramírez, 2008).

Estos sistemas pueden ser de dos tipos: de agua dulce y marinos. Las marismas, mares y océanos son parte de los ecosistemas marinos en el cual se refleja abundante diversidad de flora y fauna según la cercanía o lejanía con las costas. En el agua dulce se distinguen tres ecosistemas según el movimiento del agua, estos pueden ser lénticos, lóticos y humedales (Montijo, 2013).

2.2.7 Ecosistema lótico

El ecosistema lótico corresponde a una porción de agua que se desplaza únicamente en un sentido, tal como los ríos, riachuelos y arroyos. Tiene relación con los sitios de erosión, de traslado y acumulación de materiales. La característica principal es su alta actividad cinética esto debido por la dinámica del terreno, pluviosidad y altitud (Cueva, 2013).

Los sistemas lóticos conectan las cuencas terrestres, la atmósfera y un cuerpo lótico con el mar, continuamente se mueven en una sola dirección y transportan: sales, sedimentos y organismos a través de la gradiente horizontal. La dinámica fluvial de estos sistemas está relacionada directamente con la biodiversidad del río (Guzmán, 2021).

2.2.8 Fitoplancton

La terminología del fitoplancton procede del griego *φυτον* (phyto que significa planta) y *πλαγκτος* (planktos que significa errante). El término fitoplancton se refiere a un conjunto

de microorganismos de diversas especies fotosintetizadores que habitan en la zona iluminada de la columna de agua, varias de estas especies se vuelven heterotróficas en ciertos periodos (Reynolds, 1984).

La presencia de fitoplancton es esencial para la formación de las cadenas alimentarias y además como indicador de la pureza del agua (Reynolds, 1984). Una comunidad fitoplanctónica está compuesta por plantas unicelulares microscópicas flotantes en ambientes marinos y continentales, viven en la capa de agua expuesta a la luz solar, estos en su mayoría influyen en el color y claridad de los cuerpos de agua. La clorofila les facilita realizar el proceso de fotosíntesis y la conversión de la energía fotónica en química (Troccoli y Martinez, 2014).

El fitoplancton es un claro indicador del estado óptimo de cuerpos de agua tanto continentales y marinos. Además, se utiliza para monitorear las características físico-químicas del agua con el objetivo de estimar la contaminación orgánica, modificaciones minerales del agua y la eutrofización (Díaz y Prieto, 2015). Son considerados indicadores de alteraciones o cambios a corto plazo debido a su ciclo de vida. El fitoplancton también es un guía de las presiones hidromorfológicas de los sistemas estuarinos.

2.2.9 Hábitat

En las aguas continentales el fitoplancton se desarrolla en ambientes lóticos, es decir en los arroyos, canales, manantiales, cascadas y ríos; también se los encuentra en lagos, embalses, estanques y lagunas que son ambientes lénticos. En los sistemas lóticos y lénticos las condiciones ambientales varían según la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, luz, turbiedad, nutrientes, dimensión y profundidad (Wehr, 2003).

2.2.10 Ciclo de vida

Las especies fitoplanctónicas cumplen un ciclo de vida corto donde se llevan a cabo procesos sexuales y asexuales, además de la multiplicación de la población, la finalidad de esta función biológica es crear estadios de resistencia, los cuales se denominan esporas. Estas tienen la finalidad de preservar la especie cuando es expuesta a situaciones adversas bien sea ambientales o por escasas de nutrientes. En el método de reproducción sexual, según el lugar donde se produce la meiosis se tendrán diferentes ciclos: por ejemplo, puede tener lugar un periodo cigótico (H, h) el cual es el más común en las especies fitoplanctónicas; por su parte

el gamético (H, d) es el responsable de originar un organismo diploide de vida libre diploide, característica común de las diatomeas (Bold y Wynne, 1985).

2.2.11 Clasificación

En comunidades fitoplanctónicas se evidencia una abundante biodiversidad, se pueden encontrar diversas especies de acuerdo a las circunstancias naturales o intervenidas de la zona y/o presencia o ausencia de nutrientes, entre otros (Díaz y Prieto, 2015).

Las especies que se pueden encontrar son:

d. Diatomeas

Son microalgas unicelulares localizadas en la clase Bacillariophyceae, con tamaños que oscila de 0,1 a 1 mm de diámetro en los ejemplares más grandes, la diferencia de tamaño se puede observar en una misma especie debido a que depende del método de reproducción. Son organismos autótrofos que emplean la energía solar por medio de la fotosíntesis, dando lugar al desarrollo de la clorofila a, c y betacarotenos. A nivel morfológico se distinguen de otras especies por presentar una pared celular formada a partir de sílice, recibe la denominación de frústula. Estos organismos pueden aparecer aislados o en cadenas, esta situación dependerá del mecanismo que empleen para unirse entre sí (Tomas, 1997).

Para realizar la clasificación de este grupo de organismos, se toma en consideración como aspecto principal la morfología de la pared. Representan el taxón primordial del fitoplancton, aportando en promedio 90% del rendimiento de los sistemas acuícolas (López y Méndez, 2014).

e. Dinoflagelados

Son organismos unicelulares que pertenece al grupo de fitoplancton de aguas marinas. Las características de estas especies dependen de la profundidad donde se ubiquen, cantidad de sales disueltas y temperatura; desde el punto de vista reproductivo son exitosos por sus particularidades morfológicas y exigencias nutritivas (Tomas, 1997).

El tamaño de los dinoflagelados varía entre diversos tamaños, pero se los considera dentro del microplancton, su característica diferencial es disponibilidad de placas celulósicas en la pared celular. En relación a esta se denominan tecados o atecados. A nivel morfológico,

presentan una estructura dispuesta en forma de barras, cuentan con clorofila a, c y algunas xantofilas conocidas como peridina (López y Méndez, 2014).

f. *Cianofíceas*

Son conocidas como cianobacterias o algas azulverdosas, son procarióticas, con cero revestimientos celulares nucleares. Poseen pigmentos fotosintéticos al igual que otras especies presenta clorofila, carotenoides y ficocianina (pigmento azul), por el cual se las conoce con el nombre de algas verde azules. Algunas viven de forma heterótrofa, pero en general son cianobacterias fotosintetizadores. Tienen la suficiencia para usar y compartir N₂ atmosférico como fuente de nitrógeno con algunas otras bacterias, estas pueden estar formadas por una o más células (López y Méndez, 2014).

Su método de multiplicación se lleva a cabo mediante reproducción asexual, mediante división y formación de tabiques, asimismo son capaces de formar esporas si las situaciones son adversas, presentan una pared celular y el material genético se encuentra en la región central del citoplasma y en la periferia se encuentran los corpúsculos y pigmentos (Lee, 2008).

g. *Clorofíceas*

Son definidas como un grupo de algas verdes que de manera general se encuentran en diferentes lugares a nivel mundial, a partir de su morfología y constitución celular, pueden presentarse como organismos unicelulares o especies macroscópicas filamentosas y de gran tamaño. Al igual que especies similares, son autótrofas, presentan clorofila y carotenoides como luteína, son capaces de producir nutrientes por medio de la transformación de minerales y almacenarlos como almidón. Estas especies se reproducen de manera sexual o asexual, puede ocurrir que este proceso suceda con alternación de generaciones. El 10% de estos organismos viven en ecosistemas marinos y el 90% habita en el agua dulce (Lee, 2008).

2.2.12 Morfología

Las algas microscópicas y macroscópicas tienen variadas formas. Las algas se diferencian desde estructuras celulares simples como *Chlorella* a organismos mejor estructurados similares a *Gracilaria sp.*, tienen forma bifurcada. Los tamaños también varían de acuerdo a la composición celular, las algas unicelulares pueden medir entre 0,1 a 1,5 mm,

algas pluricelulares como las marinas pueden alcanzar hasta 60 metros de longitud (Vaulot, 2001).

Por lo general las algas unicelulares son ovaladas o esféricas en este grupo destacan las *Tetraselmis*, la *Chlorella sp.*, y la *Cocinodiscus sp.* También se encuentran las que tienen formas prismáticas rectangulares como la *Chaetoceros sp.*, otras en cambio presentan una morfología similar a una hoja como *Monostroma*, las *Membranopteras* de foliar membranosa, las filamentosas como el *Enteromorpha* y las ramificadas uniaxiales como *Gracilaria*. Las morfologías y especies antes señaladas, solo consisten en los grupos más abundantes sin embargo, la literatura describe otras formas (Bold & Wynne, 1985).

Las formas externas que presentan cada organismo es un medio para reconocerlas e identificarlas con mayor facilidad al momento que se observa con el microscopio, se debe tener en cuenta las setas (Bold y Wynne, 1985).

2.2.13 Importancia

El fitoplancton es un pilar en la cadena alimentaria del ecosistema acuático, debido a que se emplea de alimento a los organismos mayores, es decir, es el alimento resultante de la producción primaria especialmente en los sistemas marinos (Díaz y Prieto, 2015).

Alrededor de 2 mil millones de años, antes de la presencia de las plantas terrestres, la fotosíntesis se restringía en los mares. Un gran porcentaje de la producción primaria fotosintética de los océanos se atribuye al fitoplancton y en una menor parte a los organismos bentónicos (Cortés, 1989).

La importancia del fitoplancton para asegurar el mantenimiento de las propiedades óptimas del agua se basa en:

- Es un factor primordial en la cadena trófica.
- Es un sistema con alta eficiencia en la bioconversión de la energía fotónica relacionada con el uso de elementos nutritivos.
- Es un alimento aprovechable por otras especies de la comunidad acuática.
- Proporciona aproximadamente un 69% de O₂ atmosférico, una cierta cantidad del O₂ generado es aprovechado por otros organismos.

- Ocupa una función sustancial reciclando nutrientes (Martínez y Zapata, 1997).

Algunos problemas ecológicos también pueden ser causados por el fitoplancton, esto se presenta cuando existe un exceso de nutrientes y una temperatura favorable en donde los microorganismos se multiplican exponencialmente creando un florecimiento. En este suceso el agua modifica su color verde a uno marrón esto debido a que el plancton empieza a perder nutrientes y por ende a morir. Esta descomposición puede agotar el oxígeno del agua lo cual puede provocar la muerte de peces y otros organismos. En estos casos, la masa de agua se encuentra en un estado de eutrofización (Cortés, 1989).

2.2.14 Fitoplancton como indicador de calidad

El fitoplancton representa un grupo de seres vivos autótrofos que habitan suspendidos en la porción más externa del agua donde inciden los rayos solares, en gran parte son de ambientes marinos y otros de agua dulce, estos organismos presentan clorofila. Ellos consumen dióxido de carbono, liberan oxígeno y son muy importantes porque ocupan distintos nichos ecológicos de manera que son los pilares de las redes alimenticias acuáticas e indicador de la condición del agua (Oliva et al., 2014).

La diversidad fitoplanctónica es una variable importante para desarrollar programas de monitoreo, control biológico y evaluaciones de las propiedades del agua debido a que presentan ciertas exigencias nutritivas, tasas de proliferación acelerada y ciclos cortos de vida (Nazareno, 2021). El fitoplancton reacciona de manera inmediata a la condición de su entorno, esto se refleja en la composición cualitativa y cuantitativa de las especies en una extensa red de circunstancias hidrológicas por causa del cambio de las características del agua a partir de desechos públicos, domésticos, naturales, otros (Vásquez et al., 2006).

2.2.15 Índices fitoplanctónicos

Las comunidades fitoplanctónicas no toleran los cambios ambientales, por ende la abundancia, composición y biomasa taxonómica son utilizados como indicadores del estado biológico, físico y químico del agua (Vuorio et al., 2007).

h. Clorofila a

La clorofila a se utiliza para estimar la biomasa fitoplanctónica en los planes de monitoreo, además las medidas para clorofila tienen bajo costo (Kaas et al., 2005). La

clorofila a se ha utilizado como indicador de enriquecimiento por nutrientes debido a que existe una relación predecible y positiva (Painting et al., 2005).

La clorofila a tiene ciertos inconvenientes al momento de determinar el estado de eutrofia, debido a que no siempre la biomasa predomina en forma autótrofa en el sistema pelágico, además existen aguas residuales con alto nivel de contaminación, en estos casos se puede producir el aumento de la concentración de biomasa bacteriana y disminuir el zooplancton herbívoro, lo cual afecta al sistema ya que no corresponde según el nivel de nutrientes (Painting et al., 2005).

i. Índices de diversidad

La diversidad taxonómica del fitoplancton es fundamental para evaluar o monitorear las condiciones ecológicas del agua costera o continental (Kaas et al., 2005). El alto valor de riqueza en especies es beneficioso para los ecosistemas, porque significa la pronta restauración de la comunidad fitoplanctónica que ha presentado indicio de alteraciones.

Índice Compuesto: Para emplear este índice se debe analizar el estado de los cuerpos de agua mediante actividades como reconocer y cuantificar el número de taxones (Nygaard, 1949).

Este índice permite diagnosticar el estado trófico de un ecosistema acuático, considerando la relación de taxones fitoplanctónicos dominantes y accidentales (Pulido, 2015).

Tabla 1. Estimación de calidad - Índice compuesto.

| Estimación promedio del Índice Compuesto | |
|---|-------------------------|
| < 1 | Oligotrófico |
| 1 – 2,5 | Mesotrófico |
| 3 – 5,5 | Moderadamente Eutrófico |
| 20 - 43 | Hipereutrófico |

Fuente: (Nygaard, 1949)

Índice Diatómico General: Para hacer uso de esta medida se debe considerar la vulnerabilidad del fitoplancton a materia orgánica, el grado del nivel de transformación de los minerales en los cuerpos de agua y a los nutrientes, este índice es utilizado en Europa en la fórmula matemática de Zelinka y Marvan, considera las variables de tolerancia a la contaminación de cada género, abundancia y espaciosidad ecológica (Dell’Uomo et al., 2004).

Tabla 2. Estimación de polución según el índice diatómico general.

| Estimación del Índice Diatómico General | |
|--|--|
| IDG > 4,5 | Calidad biológica optima |
| 4 < IDG < 4,5 | Calidad normal. Polución débil |
| 3,5 < IDG < 4 | Polución moderada. Eutrofización |
| 3 < IDG < 3,5 | Polución media |
| 2 < IDG < 3 | Desaparición de especies sensibles. Polución fuerte |
| 1 < IDG < 2 | Polución muy fuerte |
| IDG = 0 | La población es considerada como inexistente (polución tóxica) |

Fuente: (Dell'Uomo et al., 2004)

2.2.16 Parámetros Físico-químicos

Los parámetros fisicoquímicos son medidas de cantidad bajo condiciones predeterminadas presentes en el agua.

Los parámetros que están relacionados con abundancia, presencia y distribución de las comunidades fitoplanctónicas en los ecosistemas de agua dulce, son los siguientes: oxígeno disuelto, conductividad, pH, temperatura, turbiedad, nutrientes; una pequeña perturbación o cambio de estos parámetros a través del tiempo, provoca diferentes escenarios los cuales se manifiestan de forma directa en la dinámica ecológica (Quiroz et al., 2006).

2.2.17 Temperatura

Es una magnitud que se emplea para indicar el nivel de calor de un organismo o sustancia, puede incidir en la calidad, determinar otras propiedades y procesos relacionados. La temperatura como propiedad física guarda relación con la energía cinética (Frías y Montilla, 2016).

La temperatura tiene una influencia significativa en la diversidad fitoplanctónica; esto sucede porque la temperatura aumenta la concentración del fitoplancton. En cambio, en temperaturas bajas su concentración es en pequeñas cantidades (Yvon et al., 2015).

2.2.18 Oxígeno Disuelto

Es definido como la proporción de O₂ que posee el agua y es esencial para el desarrollo de los animales acuáticos, algas, plantas y muchos otros seres. La concentración de OD en puntos de agua depende de las propiedades fisicoquímicas y los procesos fisiológicos y bioquímicos de las especies que habitan en estos espacios (Gaitán, 2004). Su unidad de medida se expresa en mg/l.

2.2.19 Conductividad

La CE consiste en la característica de una sustancia para conducir corriente eléctrica (García de la Fuente, 2013). Su unidad de medida se expresa en siemens (S/cm), microsiemens (uS/cm) o milisiemens (mS/cm).

Las comunidades fitoplanctónicas no se desarrollan con normalidad cuando la conductividad es alta, son sensibles a la corriente, en ríos tormentosos existe poca abundancia de fitoplancton (Díaz y Prieto, 2015).

2.2.20 pH

Es una medida para determinar si la sustancia es neutra, ácida o básica. En esta medición se obtienen valores entre 1 y 14 (Jiménez, 2000).

El rango de pH se representa con sus valores alcalinos mayores a 7 y ácidos las menores a 7. Por lo tanto, si el río tiene medidas de 6.5 a 8.5 la comunidad fitoplanctónica se encuentra en un ambiente satisfactorio (Solís et al., 2018).

2.2.21 Turbiedad

La turbidez determina la cantidad de sólidos en suspensión de modo indirecto a través de un rayo de luz incidente en una muestra de agua (Frías y Montilla, 2016). Su unidad de medida es en unidades nefelométricas (UTN).

Cuando el fitoplancton empieza a perder nutrientes causa una coloración verdosa, mientras que cuando empieza a morir el color del agua se tornan de un color marrón (Luque, 2016).

2.2.22 Nitrito/Nitrato

Son compuestos de nitrógeno y forman parte del ciclo del nitrógeno en la tierra. Los nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) son compuestos de nitrógeno importantes para el ciclo del nitrógeno en el planeta. Los nitritos se convierten en nitratos por acción de las cianobacterias y se utiliza de fertilizante en plantas. El suelo no los retiene por ende se encuentra en mayor cantidad en aguas subterráneas (Frías y Montilla, 2016).

2.2.23 Fósforo

Es un elemento sustancial para el desarrollo de los organismos, en el agua se encuentra sujeto a procesos de transformación continua, y en sus diferentes formas o derivados. Es el indicador más útil para valorar calidad del agua, este compuesto influencia la eutrofización, además pueden ser absorbidas con otras partículas o asociarse con los organismos acuáticos (Sánchez, 2001).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

Esta investigación se realizó en el río Nangaritzta, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe. Esta microcuenca es uno de los más valiosos recursos hídrico del sur del Ecuador, se forma en el cantón Nangaritzta, es el límite fronterizo entre el cantón Paquisha y el cantón Centinela del Cóndor, en el cantón Yantzaza se une al río Zamora siendo el mayor tributario en la subcuenca del Zamora. Tiene una longitud de 72,5 km (Gobierno Autónomo Descentralizado de Nangaritzta, 2020).

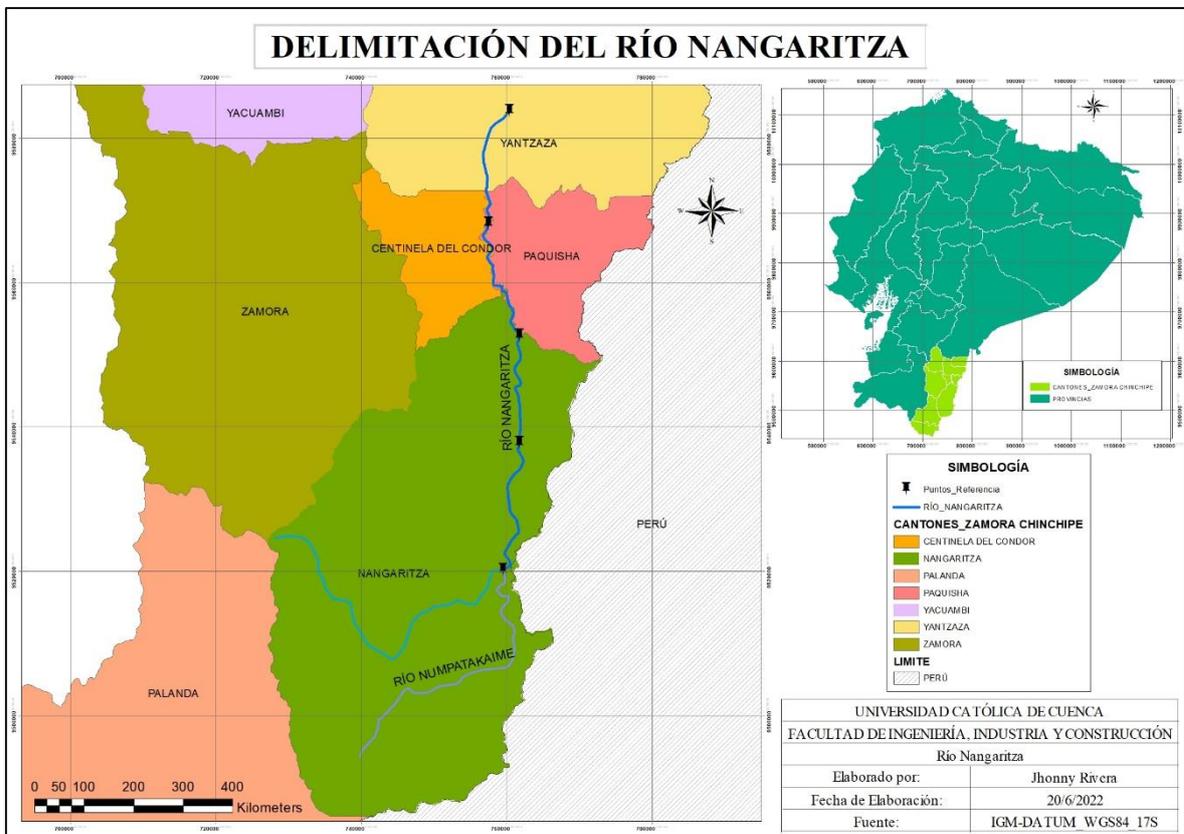


Figura 1. Delimitación de la zona de estudio

El clima en la zona de investigación es subtropical, se distingue como cálido húmedo, la época de mayor temperatura es de octubre a enero; en cambio los meses fríos son: junio, julio y agosto. Tiene precipitaciones anuales que van de los 2500 a 3500 mm. La temperatura anual varía entre un máximo de 31 °C a 15 °C, la temperatura promedio por año es de 22,5 °C. En esta zona la humedad relativa es muy alta y supera el 84% (León, 2014).

El río Nangaritza es importante para los centros poblados que habitan cerca del mismo, porque en las riberas se realizan actividades productivas (agricultura, ganadería, minería, comercio y otros) con el afán de generar ingresos económicos.

3.2 Fase de campo

Para la valoración de las propiedades biológica, físicas y químicas del río Nangaritza, se seleccionaron cinco zonas referenciadas en el gráfico 1. Estas zonas son en relación a la cuenca alta (CA), cuenca alta-media (CAM), cuenca media (CM), cuenca media-baja (CMB) y cuenca baja del río (CB).

3.2.1 Toma de muestras

Los muestreos de los parámetros físico-químicos y biológicos abarcaron tres meses de monitoreo, 2 en épocas de verano (septiembre – octubre) y 2 en época lluviosa (finales de octubre – noviembre). Las zonas de monitoreo fueron cercanas a los sectores de Héroes del Cóndor (CA), Las Orquídeas (CAM), Conguime (CM), Paquisha (CMB) y Los Encuentros (CB). En la estación de muestreo se recogieron dos muestras por cada monitoreo, con un total de 40 muestras en la duración del estudio.

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) la precipitación promedio mensual en la provincia de Zamora Chinchipe en el mes de septiembre fue de 29 mm, en octubre con 54 mm y en noviembre con 78 mm.

Las muestras biológicas se recolectaron utilizando la metodología descrita por Nazareno (2021). Estas muestras de agua se recolectaron por medio de una botella Van Dorn de 2,2 litros y se depositó en botellas de vidrio ámbar oscuras con sello de seguridad de 1 litro, en la misma botella se adicionó 3 ml de formalina al 37% como agente fijador. Las muestras se transportaron en una caja térmica con el objetivo de conservar su temperatura.

3.2.2 Descripción de parámetros físicos in-situ

Los parámetros como: temperatura, OD, conductividad y pH del agua se tomaron de forma in situ con los sensores y el multiparamétrico HQ30d. El registro de estos datos se realizó en el mismo lugar que se empleó para obtener las diferentes muestras de agua.

3.3 Fase de laboratorio

El análisis de los parámetros como: la turbidez, nitrito, nitrato y fosfato se realizó en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca, ubicado en la parroquia Ricaurte.

El análisis biológico de fitoplancton se realizó en el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Parámetros fisicoquímicos ex-situ

En cada zona se recolectaron muestras para ciertos parámetros que no se pueden medir de forma in situ, como: la turbidez, nitrito, nitrato, fosfato, DBO y DQO. En estas muestras no se agregaron ningún preservante.

Turbidez. – Para medir la turbidez del agua se utilizó el equipo llamado Nefelómetro.

Nitrito/Nitrato – Para determinar nitrito y nitrato se utilizó el método espectrofotométrico ultravioleta selectivo. En el cual se aplica el reactivo para cada parámetro y se ajusta la medida de absorbancia a una longitud de onda (Socarras y Pretelt, 2020).

Fosfato. – Para determinar esta medida se realizó el método de coloración de fosfato con Molibdo-vanadato de amonio. La intensidad del color se midió con un espectrofotómetro (Frías y Montilla, 2016).

3.3.1 Reconocimiento taxonómico y cuantificación de la comunidad fitoplanctónica

Para el proceso de cuantificación del fitoplancton se aplicó la metodología de Utermohl (Utermohl, 1958). En este método se homogenizan las muestras agitando las botellas de forma lenta por un tiempo de 2 a 3 minutos y luego las submuestras se depositan en un tubo de decantación Utermohl de 50 ml que se dejará por 24 horas, después se procederá a analizar en el microscopio invertido (Ramírez, 1982).

La identificación de las muestras se realizó utilizando las publicaciones descritas como el “Catalogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador” (Guamán y González, 2016), “Una guía para cianobacterias identificación e impactos” (Nienaber y Steinitz, 2018), “Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicator”(Wehr, 2011).

3.4 Análisis de datos

3.4.1 Análisis de índices fitoplanctónicos

Índice Compuesto de Nygaard

Para conocer la aptitud del agua para cumplir adecuadamente las demandas ecológicas mediante la estimación de índices fitoplanctónicos se empleó el índice compuesto (Nygaard, 1949). El cual consiste en medir el número de taxones con la fórmula que se describe a continuación:

$$\frac{N.sp.Cyanobacteria + N.sp.Chlorococcales + N.sp.Diatomeas + N.sp.Euglenophytas}{N.sp.Desmidiaceas}$$

Índice Shannon-Weaver

Para determinar la clase de contaminación se calculó la diversidad de las zonas de muestreo, con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi \log_2 pi$$

Donde pi es la porción del total de la muestra y S es la cantidad de organismos. Si H' arroja valores entre 0 – 1,5 significa que el agua está contaminada; 1,51 – 3 agua moderadamente contaminada; 3,1 – 5 agua limpia (Roldán, 1992).

Índice de Polución Orgánica

Para determinar el índice OPI se debe tener en cuenta los 20 géneros fitoplanctónicos más tolerantes a la contaminación (Espin, 2018), se aplica la siguiente fórmula:

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} Valor\ del\ indice\ para\ cada\ género$$

Lista de los géneros fitoplanctónicos tolerantes a la polución

Tabla 3. Valor OPI para los géneros fitoplanctónicos

| Género | Valor OPI |
|--|-----------|
| Leponciclis, Pandorina, Anacystis, Melosira, Cyclotella, Phormidium, Closterium, Micractinium, Closterium | 1 |
| Synedra, Phacus, Ankistrodesmus, Stigeoclonium | 2 |
| Navicula, Chlorella, Nitzschia | 3 |
| Scenedesmus, Chlamydomonas | 4 |
| Oscillatoria, Euglena | 5 |

Fuente: (Espin, 2018)

3.4.2 Análisis Estadístico

Los datos de la comunidad fitoplanctónica identificada en las muestras de cada zona se digitalizaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, también se añadió los datos medidos de los parámetros fisicoquímicos.

Para procesar los datos obtenidos del fitoplancton y los parámetros fisicoquímicos levantados en cada zona de monitoreo, se aplicó la metodología empleada por Rendón et al. (2016), que consiste en aplicar una estadística descriptiva a los valores cuantitativos, con la finalidad de comprender y comparar el conjunto de muestras. Con los datos obtenidos se estimó la media, mediana, moda, mínimos y máximos con la ayuda del programa R Studio.

La interpretación analítica de la comunidad fitoplanctónica identificada en cada punto de muestreo y los parámetros fisicoquímicos medidos se realizará con un análisis de correlación canónica (ACC) en el software estadístico Past, un método estadístico que se emplea para analizar de manera lineal varias variables, asimismo la correlación canónica se utiliza para la asociación entre diversas variables (Castillo et al., 2007).

Este método de ACC se utilizó porque es posible hacer correlaciones entre variables para determinar cuáles son las variables fisicoquímicas condicionantes con mayor influencia en las comunidades fitoplanctónicas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características fisicoquímicas del río Nangaritza

A continuación, se presenta los parámetros fisicoquímicos del río Nangaritza analizado en los dos periodos climáticos, con respecto a las zonas de monitoreo: cuenca alta (CA), zona intermedia cuenca alta - media (CAM), cuenca media (CM), zona intermedia cuenca media - baja (CMB) y la cuenca baja (CB).

4.1.1 Oxígeno disuelto

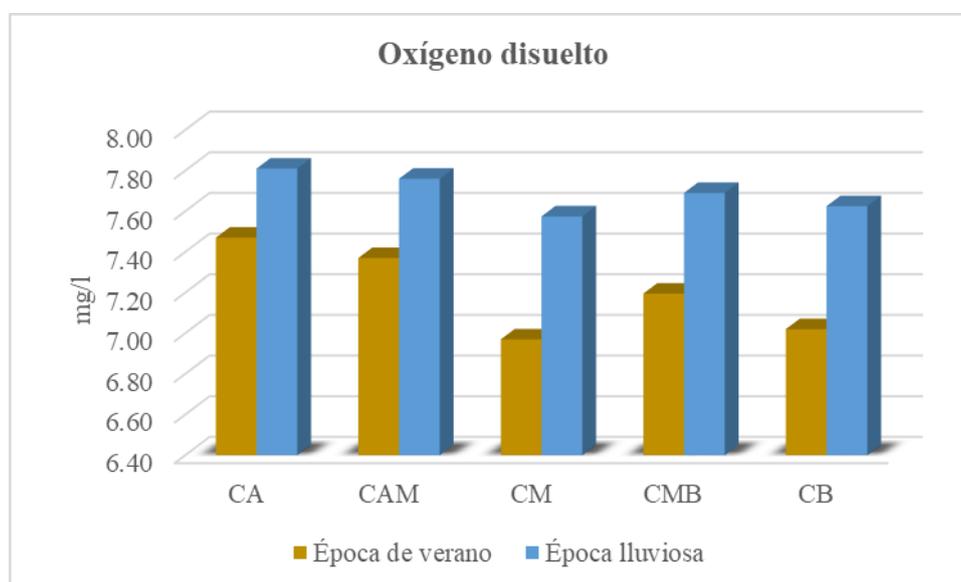


Figura 2. Valores promedio de oxígeno disuelto en los dos periodos climáticos

En esta investigación la concentración de oxígeno presentó bajos coeficientes de variación con respecto a la época lluviosa con una concentración promedio que varía entre 7,58 – 7,81 mg/l en las cinco zonas de monitoreo; mientras que los valores promedio en la época de verano son más bajos con un promedio de 6,97 a 6,47 mg/l de oxígeno disuelto. Sin embargo, existe una similitud entre las dos épocas con énfasis a que la concentración más alta sucede en la zona CA y la concentración más baja ocurre en la zona CM del río Nangaritza.

Los valores de OD en las cinco zonas de estudio según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, del Ministerio del Ambiente, Tabla 2.- Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas

dulces (porcentaje de saturación de oxígeno mayor al 80%), indica que los resultados obtenidos in-situ en las dos épocas se encuentran dentro del rango de calidad admisibles.

La reducción de la cantidad de OD en el agua en la época de verano se debe posiblemente al alto nivel de turbidez que se desarrolla en este periodo, el cual dificulta el ingreso de la luz solar y a su vez la actividad autotrófica (Urrego y Ramirez, 2000). Este parámetro es necesario para que se desarrollen los organismos y que la materia orgánica se degrade, en los dos periodos climáticos la concentración fue mayor a 6 mg/l. Lo cual indica que existe un buen estado de oxigenación que puede estar relacionada en gran medida con el proceso de fotosíntesis realizado por las algas fitoplanctónicas (Garcia y Cruz, 2013). Un buen nivel de OD en el agua garantiza un buen crecimiento de las comunidades acuáticas.

4.1.2 Temperatura

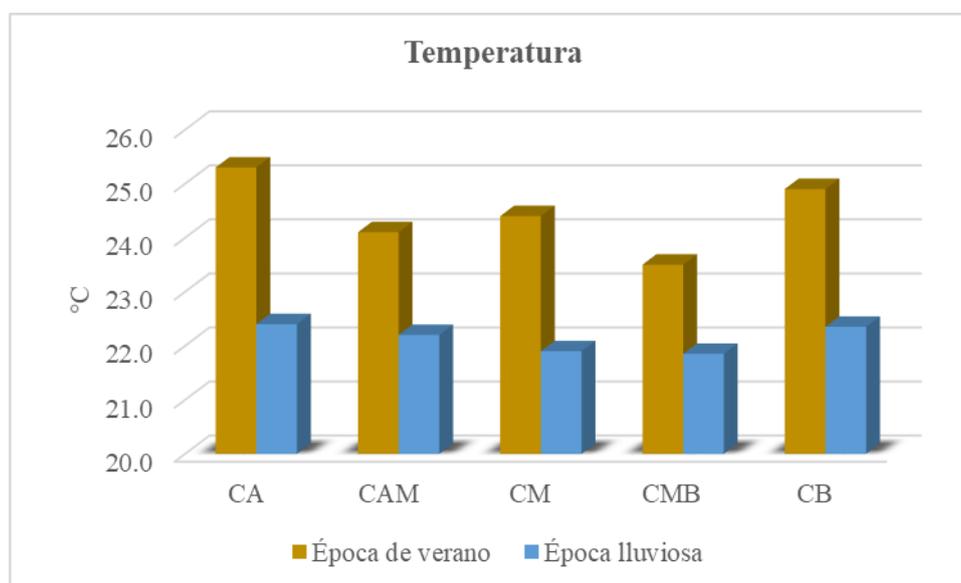


Figura 3. Valores promedio de temperatura en los dos periodos climáticos

La temperatura del agua en los dos periodos climáticos de monitoreo osciló entre los 21,5 y los 26 °C, los valores más incrementados se observaron en la época de verano con una variación entre los 23,5 y 26 °C. Mientras que en la época lluviosa la oscilación de la temperatura fue entre los 21,5 y 22,5 °C, en este periodo no existe una variación significativa en las cinco zonas de estudio.

El grado de temperatura más apropiado del agua para el adecuado desarrollo de las microalgas varia en un rango de 25 a 34 °C (Lara et al., 1996). Según nuestros datos obtenidos la temperatura en la época de verano se encuentra en un rango de 23,5 a 26 °C lo cual supondría una buena variedad fitoplanctónica, pero en nuestro estudio ese rango de

temperatura no se relaciona con el adecuado crecimiento de las algas, debido a que se encontró mayor variedad fitoplanctónica en un rango de 21,5 a 22,5 °C en época lluviosa. Sin embargo, la temperatura es un parámetro determinante para la multiplicación de las especies planctónicas, ya que influye directamente en sus características fisiológicas y en la dinámica fisicoquímica del ambiente acuático (González, 1995).

4.1.3 Conductividad

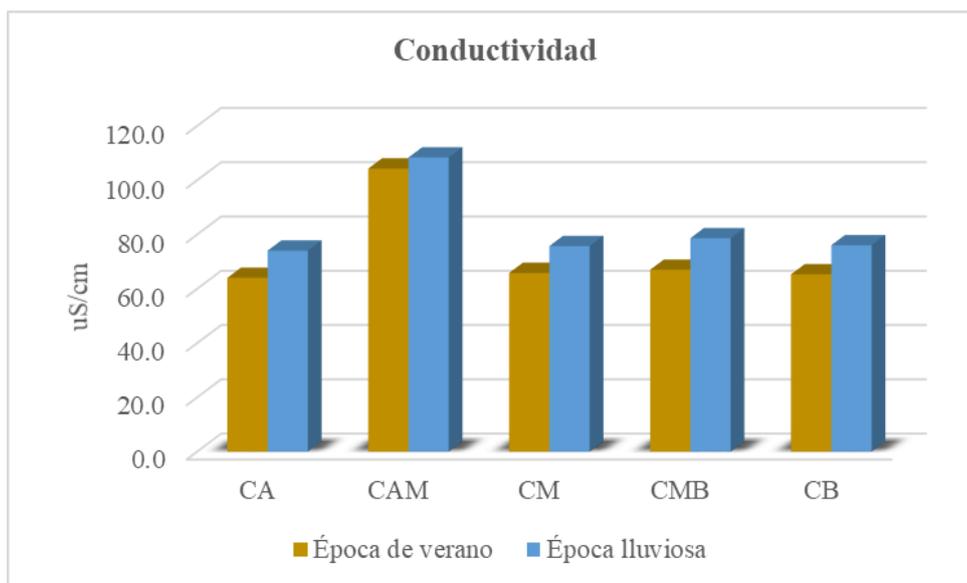


Figura 4. Valores promedio de conductividad en los dos periodos climáticos

En los parámetros de conductividad no se encontraron valores estadísticamente significativos entre los dos periodos climáticos de estudio, en la época de verano se registró un valor promedio de 64 y 67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en la época lluviosa la conductividad promedio fluctuó entre 74 y 78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a excepción de la zona intermedia entre la cuenca alta-media (CAM) en donde los valores promedio de conductividad fue elevada con 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante verano y 108 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el periodo lluvioso.

La conductividad en verano fue baja, lo que significa que está relacionado con un estado de mineralización bajo y con una existencia menor de iones disueltos en el agua, lo cual según Roldán y Ramírez (2008), debería estar asociado con una mayor diversidad biológica. Al parecer en nuestro estudio no sucede de esa manera ya que existe mayor diversidad en la época lluviosa. Para la conductividad no se cuenta con un límite estándar pero esta se encuentra en relación con la variación de la temperatura (Ramos, 2021).

4.1.4 pH

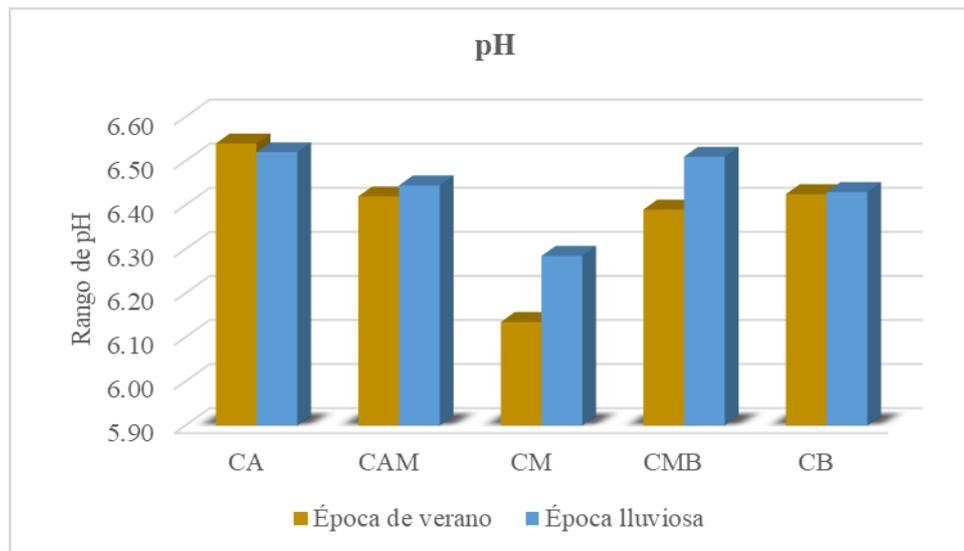


Figura 5. Valores promedio de pH en los dos periodos climáticos

El pH del agua fluctuó entre 6,14 y 6,58 unidades, aunque no existe mucha diferencia entre los dos periodos climáticos, el pH más bajo según el periodo climático fue en verano en la zona intermedia entre la cuenca alta-media (CAM), cuenca media (CM) y la zona intermedia entre la cuenca media-baja (CMB). Si bien en época de lluvias los valores de pH aumentaron en pequeñas cantidades el valor más bajo corresponde a la zona de la cuenca media (CM).

Los rangos de pH en las cinco zonas de estudio del río Nangaritzza según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, del Ministerio del Ambiente, tabla 2.- Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (6,5 - 9), indican que los resultados obtenidos in-situ en la zona CA en ambos periodos climáticos si se encuentran dentro del nivel de calidad admisibles, pero las zonas CAM, CM, CMB y CB en ambos periodos de estudio se encuentran con valores inferiores a la norma.

Según Morales et al. (2006), menciona que el fitoplancton puede lograr el crecimiento óptimo con pH de 6 y 9, lo cual justifica la presencia de fitoplancton en todas las zonas de estudio. El bajo nivel de pH en los dos periodos climáticos podría ser debido a una alta actividad fotosintética del fitoplancton, ya que en la fotosíntesis se utiliza el CO₂ como fuente de carbono, este proceso reduce la formación de ácido carbónico en el agua (Romero, 2009). Las variaciones de pH entre 6 y 8 no influyen de manera directa con ningún organismo particular de fitoplancton (Molina et al., 2018).

4.1.5 Turbiedad

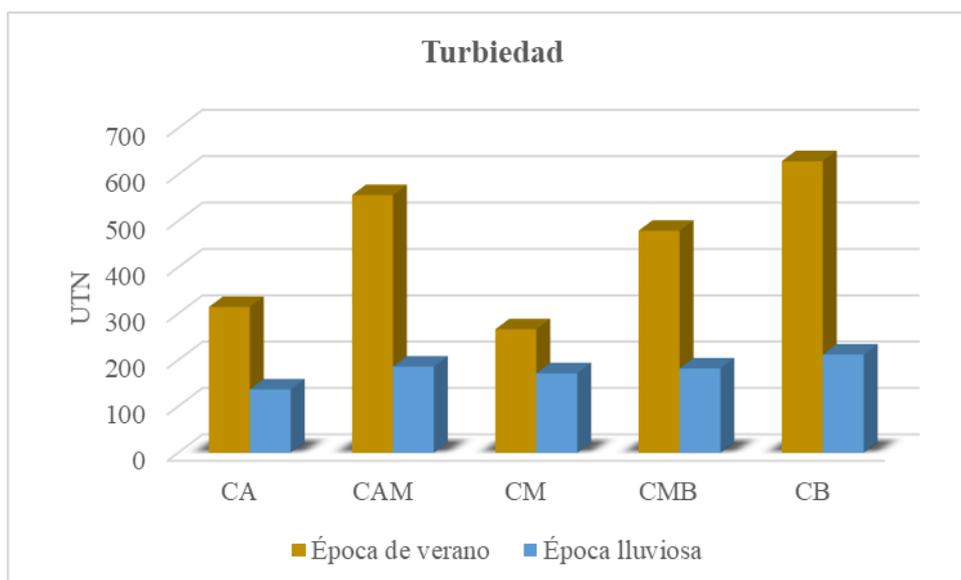


Figura 6. Valores promedio de turbiedad en los dos periodos climáticos

La turbidez más alta del agua corresponde a los monitoreos realizados en la época de verano, las zonas de estudio CA y CM presentan los valores promedio más bajos de 260 y 315 UTN. En cambio, las zonas CAM, CMB y CB presentan valores superiores a 480 UTN. Los valores de turbidez en la época lluviosa son más bajos con relación a la anterior y no presentaron una diferencia significativa en la medida con un rango de 135 a 210 UTN.

Los valores de turbiedad del río Nangaritza sobre todo en la época de verano sobrepasa el límite de calidad admisible, según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, del Ministerio del Ambiente, tabla 2.- Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (Condición natural = Valor de fondo + 20 %, si turbiedad mayor que 100 UTN).

Según Ramírez (1987), menor turbidez del agua más factibilidad para que se realice fotosíntesis y esto se refleja en más disponibilidad de oxígeno. De acuerdo a nuestros datos esto se cumple en periodos de lluvia. Mientras que en verano existe mayor turbidez, lo cual dificulta la incidencia del sol en la columna de agua, esta situación perturba a las comunidades de los organismos, porque es necesario para realizar la fotosíntesis (Bellinger y Sigee, 2010).

4.1.6 Nitrito

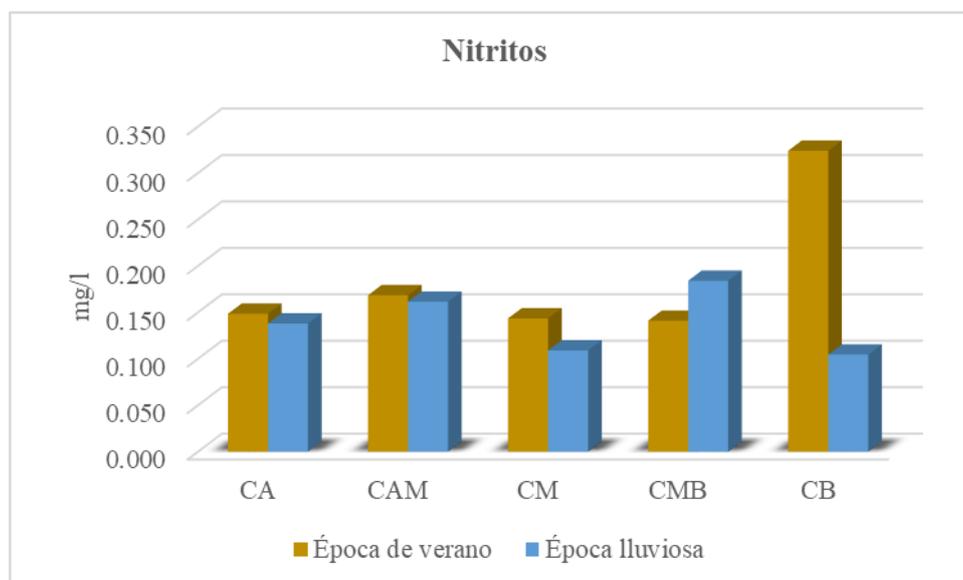


Figura 7. Valores promedio de nitritos en los dos periodos climáticos

Los valores promedio más elevados de nitritos se registraron en verano con un promedio de 0,141 a 0,169 mg/l, sin embargo, la concentración promedio en la zona CB alcanza valores de 0,324 mg/l. En el periodo de lluvias la concentración promedio de nitritos fue baja, específicamente en las zonas CM y CB con 0,105 y 0,109 mg/l, mientras que la concentración en la zona CMB es la más alta e incluso superior al valor registrado en verano en esa misma zona.

Las concentraciones de nitritos en las cinco zonas de estudio del río Nangaritza, según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, del Ministerio del Ambiente, tabla 2.- Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (Nitrito – 0,2 mg/l), indica que si se encuentran dentro de los aspectos de calidad aceptables a excepción de la zona CB en la época de verano ya que sobrepasa el límite.

La concentración de nitritos registrado en los dos periodos climáticos es bajo, principalmente en invierno. Según Roldán y Ramírez (2008), los bajos niveles podría estar relacionado con el nivel de OD, ya que esto favorece la oxidación de nitritos a nitratos. Lo cual se cumple en nuestro estudio debido que en la época lluviosa la concentración de nitratos aumenta.

4.1.7 Nitrato

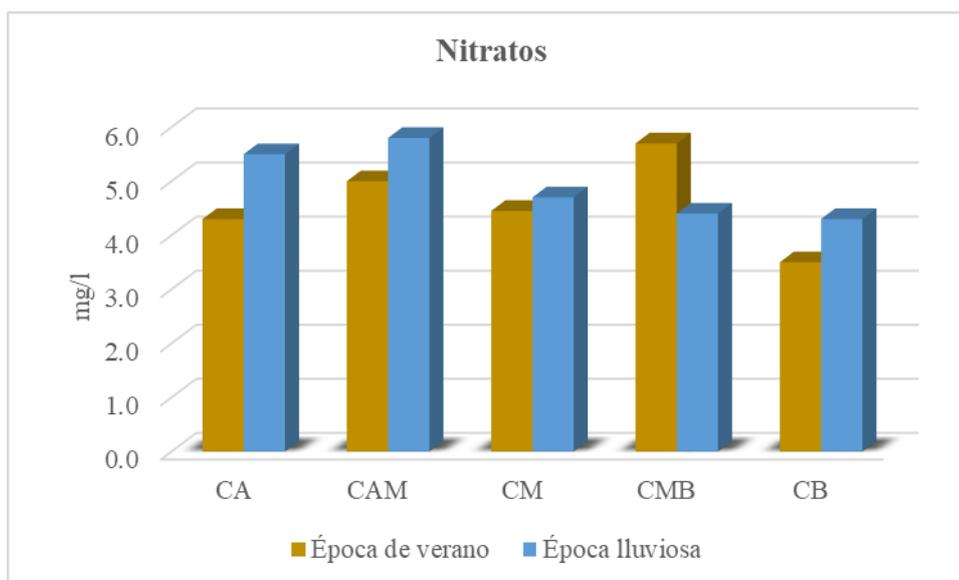


Figura 8. Valores promedio de nitratos en los dos periodos climáticos

Los nitratos presentaron sus mayores promedios en la época lluviosa con valores entre 4,3 y 5,8 mg/l, las concentraciones más altas fueron en la zona CAM y CA y la concentración menor fue en la zona CB. Los nitratos en la época de verano se dieron en menores concentraciones con un promedio entre 3,5 y 5,7 mg/l, el valor más alto fue en la zona CMB, cuyo valor superó a la concentración de la época lluviosa en esa misma zona.

Las concentraciones de nitratos en las cinco zonas de estudio del río Nangaritza, según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, del Ministerio del Ambiente, tabla 2.- Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (Nitrato – 13 mg/l), indican que los resultados obtenidos si están en el rango de calidad admisible.

Las cantidades de nitratos en esta investigación, aunque no se encuentran sobre la norma, la concentración de estos es notable y lo más probable tal vez sea una consecuencia negativa de la minería en la zona, debido a que en esta actividad se ocasiona la disolución de las rocas principalmente cuando la acción minera se relaciona con aluvión y de veta (Canter, 1997). Esta afirmación puede cumplirse ya que las actividades mineras de ambas formas si se realizan antes y después de las zonas de monitoreo. Los nitratos se pueden encontrar distribuidos en forma de sales sódicas y potásicas (Van Lanen et al., 1993).

4.1.8 Fosfato

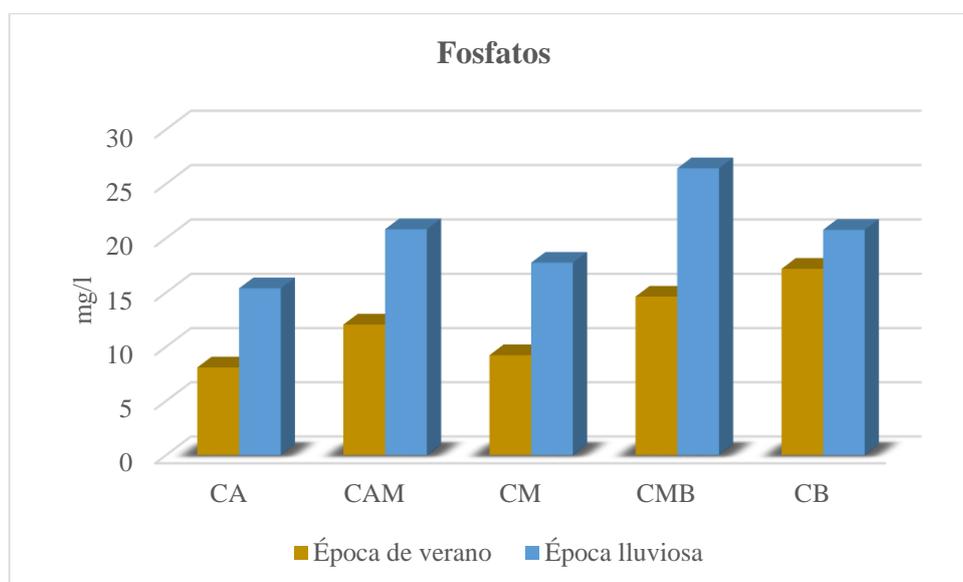


Figura 9. Valores promedio de fosfatos en los dos periodos climáticos

Los niveles promedio de fosfato en las cinco zonas de muestreo tienden a ser altos, sobretodo en la época lluviosa con promedios entre 15,3 y 26,4 mg/l, mientras que en la época de verano alcanzan una concentración promedio entre 8,1 y 17,1 mg/l. Las concentraciones más altas se dan en las zonas CAM, CMB y CB en los dos periodos climáticos.

Los niveles de fosfatos en las cinco zonas de estudio del río Nangaritza, según lo establecido por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001) de México, tabla 1: Criterios de calidad del agua para la protección de la vida acuática en agua dulce establece que los niveles de fosfatos no deben ser mayores a 5 mg/l, es decir las concentraciones obtenidas tanto en época de verano y en la época lluviosa sobrepasan el nivel permisible.

La concentración de fosfato aumentó durante el periodo de lluvias en un rango de 15 y 26 mg/l, lo cual pudo favorecer la mayor presencia fitoplanctónica que se encontró en este periodo, debido a que este compuesto se disuelve en la columna de agua y las especies de fitoplancton lo aprovechan directamente (Sierra, 2012). También se debe tener en cuenta que el fitoplancton tiene la capacidad de asimilación rápida de fosfatos (Roldán y Ramírez, 2008).

Según Rodríguez Garzón (2012), el nivel de concentración de ortofosfatos y nitrato están relacionados, es decir que si cualquiera de esos dos nutrientes se eleva, el otro también

se elevara. Esta relación se sostiene debido a que la fuente de estos son las mismas y por ende estos parámetros se consideran importantes para el desarrollo del fitoplancton. Esta afirmación se cumple en nuestro estudio porque los datos de concentración de nitratos aumentan durante la época lluviosa y de igual manera se eleva el fosfato de cada zona.

El nitrógeno y el fósforo son elementos considerados limitantes en la mayoría de ecosistemas acuáticos continentales. Pero entre estos dos, se da énfasis al fósforo porque se considera como el principal responsable de los procesos de eutrofización en embalses, humedales y lagos (Ramírez y Machado, 1982).

4.2 Descripción de la comunidad fitoplanctónica desarrollada en el río Nangaritza

Durante el estudio en el río Nangaritza se identificaron cinco divisiones fitoplanctónicas: Cyanophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta y Chlorophyta. La división más dominante fue las algas verde-azules o cianobacterias con el 98.79%, seguido de los dinoflagelados con 0.66%, Euglenophyta con 0.25%, Chlorophyta con 0.18% y Bacillariophyta (*Diatomeas* y *Navícula*) con el 0.12%.

Tabla 4. Grupos fitoplanctónicos presentes en el río Nangaritza

| Phylum | Clase | Identificación | Representatividad |
|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Cyanophyta | Cyanophyceae | Cianobacterias | 98,79% |
| Bacillariophyta | Bacillariophyceae | Diatomeas | 0,12% |
| | | Navícula | |
| Euglenophyta | Euglenophyceae | Euglena | 0,25% |
| Dinophyta | Dinophyceae | Dinoflagelados | 0,66% |
| Chlorophyta | Chlorophyceae | Microalgas | 0,18% |
| | | Chlorophytas | |

Según Harke et al. (2016), la dominancia de la división Cyanophyta se debe a que estos han adaptado ciertos mecanismos que les permiten desarrollarse en condiciones tróficas y ambientes cambiantes, tales como: regulación de su flotabilidad para lograr moverse en la columna de agua, mecanismos celulares para obtener y almacenar nutrientes, producción de cianotoxinas y otros.

Las cianobacterias se han adaptado a muchos factores desfavorables y han desarrollado cianotoxinas que causan la muerte de otros microorganismos con el fin de evitar la competencia por los nutrientes, la luz, el espacio y no ser depredadas (Damerval et al., 1991). Las cianobacterias no solo producen cianotoxinas, también tienen la capacidad de generar

metabolitos altamente tóxicos que pueden afectar la dinámica y diversidad de la cadena alimenticia (Olvera et al., 2010).

Las diatomeas pertenecen a la división fitoplanctónica Bacillariophyta y la presencia de estos en el río Nangaritza es relativamente bajo. Las investigaciones hechas en los ríos del país relacionan a las poblaciones de diatomeas con los cambios en las propiedades del agua y que son indicadoras de perturbación a corto plazo (Tapia, 2012).

4.2.1 Distribución fitoplanctónica en cada zona de estudio

A continuación, en la figura 10 se representa las cinco divisiones fitoplanctónicas descritas en la tabla 4 y su distribución en la zona CA, CAM, CM, CMB y CB.

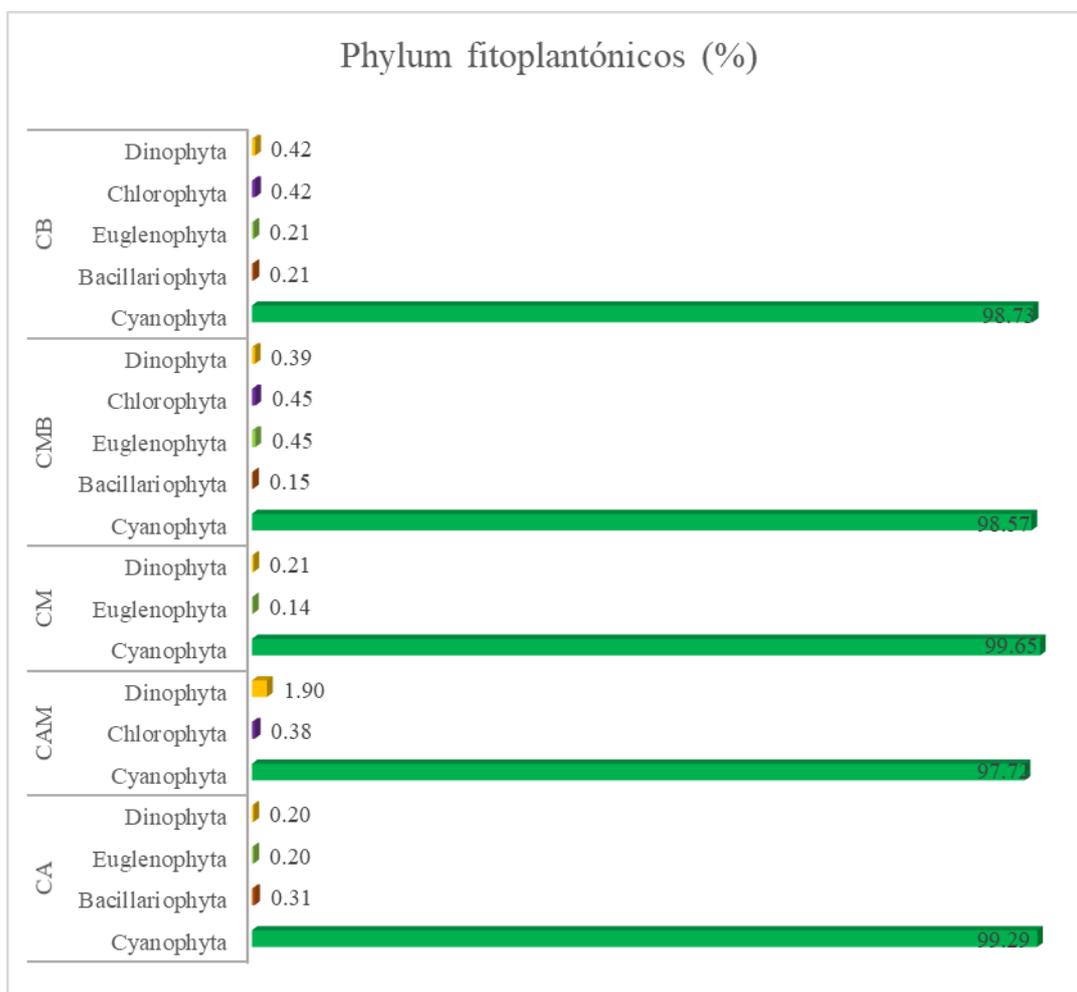


Figura 10. Distribución fitoplanctónica en cada zona de estudio.

De acuerdo con la figura 10 en la zona CMB y CB se encontró una mayor presencia de divisiones fitoplanctónicas, mientras que en las zonas CAM y CM se identificó la menor

distribución fitoplanctónica, en la zona CA se evidencio la presencia de cuatro divisiones. El porcentaje de representatividad se obtuvo de la cuantificación expresada en cel. x ml.

Las Cyanophyta son el grupo más dominante superando el 97% de representatividad en cada zona de monitoreo, otra división que se encuentra en todas las zonas de estudio, pero con baja representatividad son las Dinophyta. Las Euglenophyta también se pueden encontrar en casi todas las zonas a excepción de la zona CAM. La división Bacillariophyta (CA, CMB, CB) y Chlorophyta (CAM, CMB, CB) solo se encontró en tres zonas.

Según Treece (1994), la densidad deseable de una comunidad fitoplanctónica debería ser con clorófitas con una densidad mayor a 50 000 cel. x ml, las diatomeas en una aproximación de 20 000 cel. x ml, y la población de cianofitas debe alcanzar un máximo de 40 000 cel. x ml. De acuerdo a la densidad obtenida en este estudio se concluye que los límites establecidos por el autor no se cumplen ya que la población de cianobacterias es superior a 1 000 000 cel. x ml, las clorófitas y diatomeas no superan las 5 000 cel. x ml en ninguna de las cinco zonas de estudio.

Los dinoflagelados o también conocidas como pirrófitas son una división que en su mayoría se diversifica en aguas marinas pero también en menor proporción en aguas continentales (Quiroz et al., 2006). Aunque su población es baja esta división se encuentra presente en las cinco zonas de estudio por lo que se considera que tiene una buena capacidad adaptativa.

4.2.2 Distribución fitoplanctónica durante la época de verano

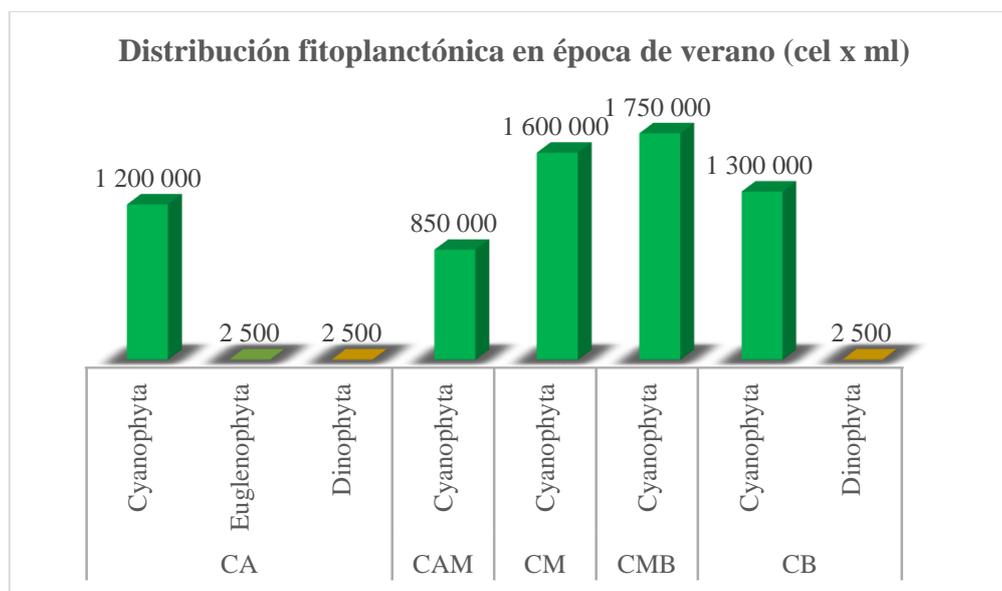


Figura 11. Distribución fitoplanctónica de verano en cada zona de estudio

Durante la época de verano no se identificaron muchas divisiones fitoplanctónicas en las cinco zonas de estudio, únicamente se determinó que la Cyanophyta es la división fitoplanctónica más abundante debido a que la cuantificación de estas es mayor a 800 000 cel. x ml en cada zona de monitoreo e incluso en las zonas CAM, CM y CMB solo se encontró esta división. La zona con más distribución fitoplanctónica fue la CA donde también se encontró Euglenophyta (2 500 cel. x ml) y Dinophyta (2 500 cel. x ml), esta última también se encontró en la zona CB.

En la zona CAM, CM y CMB se presentó la mayor presencia de cianobacterias y ninguna otra división fitoplanctónica. Esto puede estar relacionado con los desarrollos de procesos eutróficos, los cuales están promoviendo la persistencia y expansión de cianobacterias, ya que presentan una capacidad de adaptarse rápidamente a condiciones esporádicas y persistir en estas áreas (Huisman et al., 2011).

Los dinoflagelados fueron la segunda división más representativa en verano, en la zona CA y CB. De acuerdo con Reynolds, las Dinophyta tienden a encontrarse en ambientes con nivel oligotrófico, mesotrófico y eutrófico (Reynolds, 1997).

En la zona CA en época de verano se comprobó la presencia de la división Euglenophyta. Según Pinilla (2000), esta división fitoplanctónica se puede encontrar en cualquier tipo de ambiente, pero principalmente en aguas que tienden a estado mesotrófico y eutrófico. Por tal motivo se emplea como indicadora de los estados de trofia.

4.2.3 Distribución fitoplanctónica durante la época lluviosa

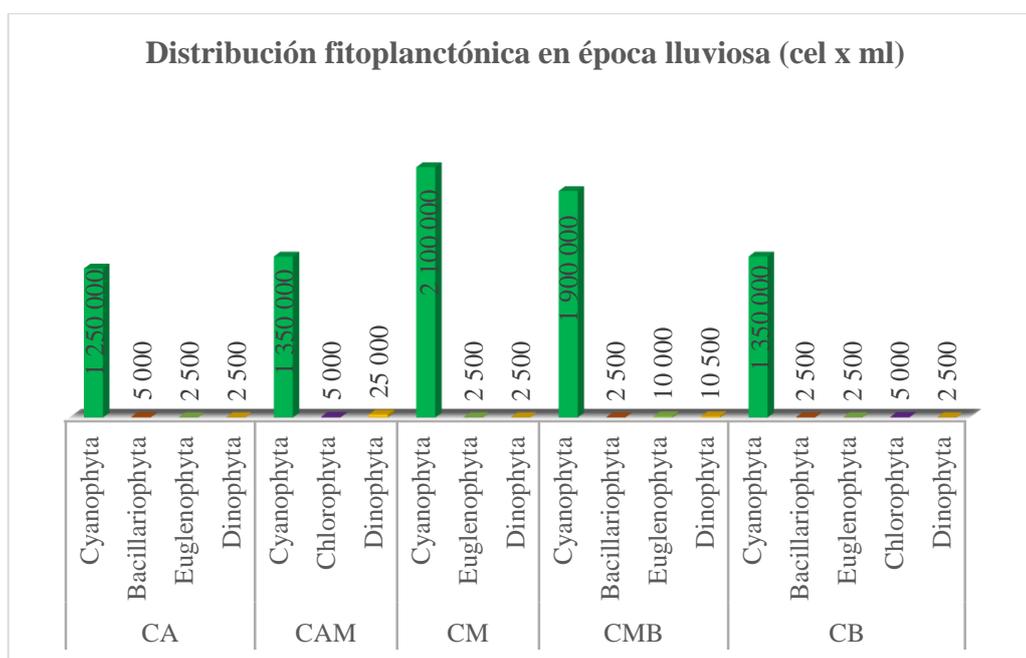


Figura 12. Distribución Fitoplanctónica durante la época lluviosa en cada zona de estudio

En este periodo climático se evidenció la mayor presencia de divisiones fitoplanctónicas en cada zona de estudio, sin embargo, la división más dominante sigue siendo las Cyanophyta con una cuantificación mayor a 1 200 000 cel. x ml en las diferentes zonas. En la zona CB se identificó las cinco divisiones mencionadas anteriormente en la tabla 4, siendo esta la zona con mayor número de divisiones, una de las divisiones representativas son las Chlorophyta con una cuantificación de 5 000 cel. x ml. En la zona CMB además de la Cyanophyta las Euglenophyta y Dinophyta tienen una cuantificación de 10 000 cel. x ml. En la zona CA se identificó que la Bacillariophyta es la segunda división más representativa con una cuantificación de 5 000 cel. x ml. Las Dinophyta de la zona CAM son la cuantificación más alta después de las Cyanophyta con un valor de 25 000 cel. x ml. En la zona CM las Euglenophyta y Dinophyta tienen una cuantificación de 2 500 cel. x ml.

En la época lluviosa la disponibilidad de nutrientes está influenciada por variables como: viento, precipitaciones y turbulencia, debido a esto se puede encontrar más variedad de fitoplancton en una misma zona (Esteves, 1988).

En este periodo lluvioso se encontró microalgas correspondientes a la división Chlorophyta. Según Pinilla (2010), la presencia o ausencia de estas microalgas tiene relación con el nivel de OD debido a que corresponde al grupo de algas con alto niveles de actividad fotosintética.

Los factores que contribuyen cada vez más al dominio de las cianobacterias en los sistemas acuáticos son: la eutrofización antropogénica, la estratificación vertical, el incremento de temperatura y de dióxido de carbono atmosférico (Conde, 2009). Según Jöhnk et al. (2008), los cambios ascendentes de temperatura aceleran el proceso de una estratificación más marcada y prolongada, esto también genera una mayor estabilidad en la columna de agua, lo cual facilita la proliferación de las cianobacterias.

4.3 Índices de calidad

Para definir el nivel trófico de un medio acuático se pueden utilizar criterios físicos (Turbidez del agua), químicos (nivel de nutrientes inorgánicos en el cuerpo hídrico) y biológicos (clorofila a, biomasa o presencia de especies indicadoras) (Conde, 2009).

Índice de Nygaard

En la tabla 5 se presenta el estado trófico del río Nangaritza tanto en verano y periodo lluvioso, con referencia al índice propuesto por Nygaard (1949). Según este índice las zonas de estudio pueden presentar valores entre un rango menor a 1 oligotrófico y 73 hipereutrófico.

Tabla 5. Estado trófico que presenta el río Nangaritza en los dos períodos climáticos

| Zona | Época de verano | Estado trófico | Época lluviosa | Estado trófico |
|------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| CA | 2,66 | Moderadamente Eutrófico | 3,66 | Moderadamente Eutrófico |
| CAM | 1,55 | Mesotrófico | 2,75 | Moderadamente Eutrófico |
| CM | 2,33 | Mesotrófico | 3,88 | Moderadamente Eutrófico |
| CMB | 1,75 | Mesotrófico | 3,75 | Moderadamente Eutrófico |
| CB | 1,66 | Mesotrófico | 4,50 | Moderadamente Eutrófico |

En el estudio realizado en las cinco zonas de monitoreo a lo largo del río Nangaritza, según el índice compuesto (Nygaard, 1949), en la época de verano se presentó valores intermediarios de 1 a 3 lo cual clasifica las zonas CAM, CM, CMB y CB en un estado mesotrófico, solamente la zona CA se considera dentro estado moderadamente eutrófico.

Durante la época lluviosa el estado trófico del agua cambio a valores intermedios de 3 a 5, en este periodo todas las zonas de estudio son clasificadas dentro estado moderadamente eutrófico.

Índice de Shannon-Weaver

En la tabla 6 se denota la característica de la calidad del río Nangaritza obtenidos a partir de lo propuesto por Roldán (1992), que consiste en hacer el cálculo de diversidad existente en cada zona de estudio para clasificar la contaminación existente. Según este índice las zonas de estudio pueden presentar valores entre un rango de 0 – 1.5 agua muy contaminada y 3 – 5 agua muy limpia.

Tabla 6. Calidad que presenta el río Nangaritza según el índice de Shannon-Weaver

| Zona | Época de verano | Característica | Época lluviosa | Característica |
|------|-----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| CA | 0,02 | Agua muy contaminada | 0,08 | Agua muy contaminada |
| CAM | 0,03 | Agua muy contaminada | 0,17 | Agua muy contaminada |
| CM | 0,00 | Agua muy contaminada | 0,03 | Agua muy contaminada |
| CMB | 0,00 | Agua muy contaminada | 0,11 | Agua muy contaminada |
| CB | 0,02 | Agua muy contaminada | 0,09 | Agua muy contaminada |

Según el índice de Shannon-Weaver, existe más diversidad fitoplanctónica en el río Nangaritza en la zona CAM en la época lluviosa, con un valor $H' = 0.17$; mientras que la zona CM y CMB fueron las de menor diversidad en la época de verano. Pero su característica de calidad en los dos periodos climáticos de estudio se mantiene como aguas muy contaminadas.

Índice de Polución Orgánica

El índice OPI considera 20 géneros de algas tolerantes a la polución orgánica (Espin, 2018). Según el número de géneros fitoplanctónicos presentes se puede determinar el nivel de contaminación orgánica del cuerpo de agua. Según este índice las zonas de estudio pueden presentar valores entre un rango <15 baja contaminación orgánica y >20 alta polución orgánica.

En nuestras zonas de estudio se encontraron géneros como *Oscillatoria* de la división Cyanophyta y *Euglena* de la división Euglenophyta con un valor OPI de 5 cada uno, *Navícula* de la división Bacillariophyta con un valor OPI de 3. Sin embargo, para poder obtener una ponderación del índice de polución orgánica en cada zona se debería hacer un estudio más detallado de las comunidades fitoplanctónicas, debido a que este estudio se realizó a nivel de divisiones, mas no a nivel de géneros y especies.

La calidad ecológica del río Nangaritzza es corroborada por la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP, 2011) quienes a través del estudio de macroinvertebrados bentónicos empleando el índice BMWP, determinaron que el agua tanto en la época de verano y la época lluviosa tiene una calidad dudosa correspondiente a un tipo de agua contaminada.

La alteración de las propiedades del agua tiene similitud debido a la presencia de asentamientos humanos a las riberas del río Nangaritzza.

Los resultados obtenidos de cada zona y en cada periodo climático permiten deducir un deterioro del cuerpo de agua, sin embargo, es necesario realizar más monitoreos en diferentes periodos hidrológicos, con la finalidad de obtener una visión más certera sobre los factores que afectan las propiedades del agua teniendo en cuenta la influencia antrópica, la abundancia, composición y distribución de las comunidades fitoplanctónicas relacionándolos principalmente con el factor hidrológico en un mismo sector cada año (Reynolds, 1997).

4.4 Correlación de las características fisicoquímicos y el fitoplancton

El análisis de correlación canónica (ACC) se utilizó para explorar de forma aproximada como las variables fisicoquímicas influyen en la presencia y composición del fitoplancton en cada periodo climático.

Tabla 7. Componentes del ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones fitoplanctónicas durante la época de verano

| Eje | Valor propio | % Varianza | % Acumulado |
|-----|--------------|------------|-------------|
| 1 | 0,0022174 | 65,77 | 65,77 |
| 2 | 0,0011542 | 34,23 | 100 |

Durante la época de verano la relación división fitoplanctónica – ambiente fisicoquímico solo se relaciona con dos ejes, según la tabla 7, el eje uno representa el 65 %

de varianza. Los parámetros fisicoquímicos que se muestran como vectores en la figura 12, son: OD, pH, conductividad, temperatura, turbiedad, nitrito, nitrato y fosfato.

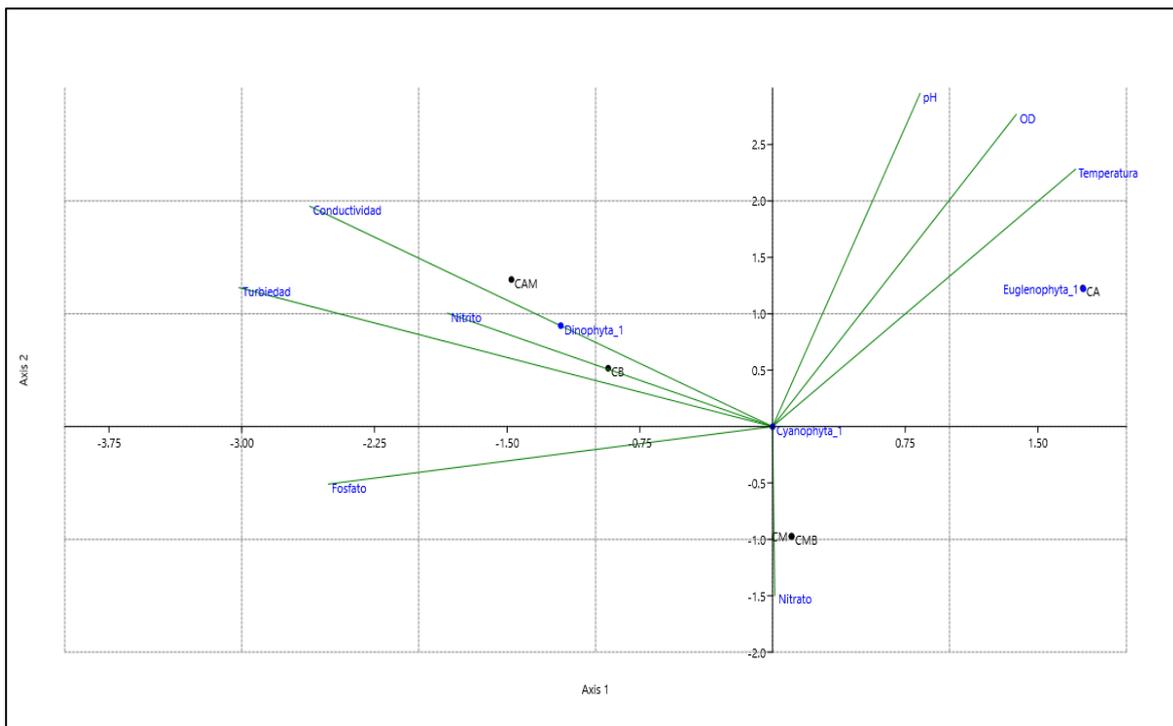


Figura 13. ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones de fitoplancton, durante la época de verano

La división fitoplanctónica que depende o está correlacionada con todos los parámetros fisicoquímicos son las Cyanophyta con un 65,77%, es decir estos parámetros favorecen el crecimiento de estas algas. Otra correlación en este periodo es la presencia de Dinophyta con la conductividad. La división Euglenophyta parece no estar relacionada con ninguna variable en específico, durante esta época de verano muestra una correlación negativa ante las variables.

Tabla 8. Componentes del ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones fitoplanctónicas durante la época lluviosa.

| Componente | Valor propio | % Varianza | % Acumulado |
|------------|--------------|------------|-------------|
| 1 | 0,0081997 | 68,23 | 68,23 |
| 2 | 0,0025691 | 21,38 | 89,61 |
| 3 | 0,001226 | 10,20 | 99,81 |
| 4 | 2,31E-05 | 0,19 | 100 |

De acuerdo con la tabla 8, el eje uno y dos denotan el 89 % de varianza de la correlación división fitoplanctónica – ambiente físico-químico. En este periodo existe una mayor

correlación. Los parámetros fisicoquímicos que se muestran como vectores en la figura 13, son: OD, pH, conductividad, temperatura, turbiedad, nitrito, nitrato y fosfato.

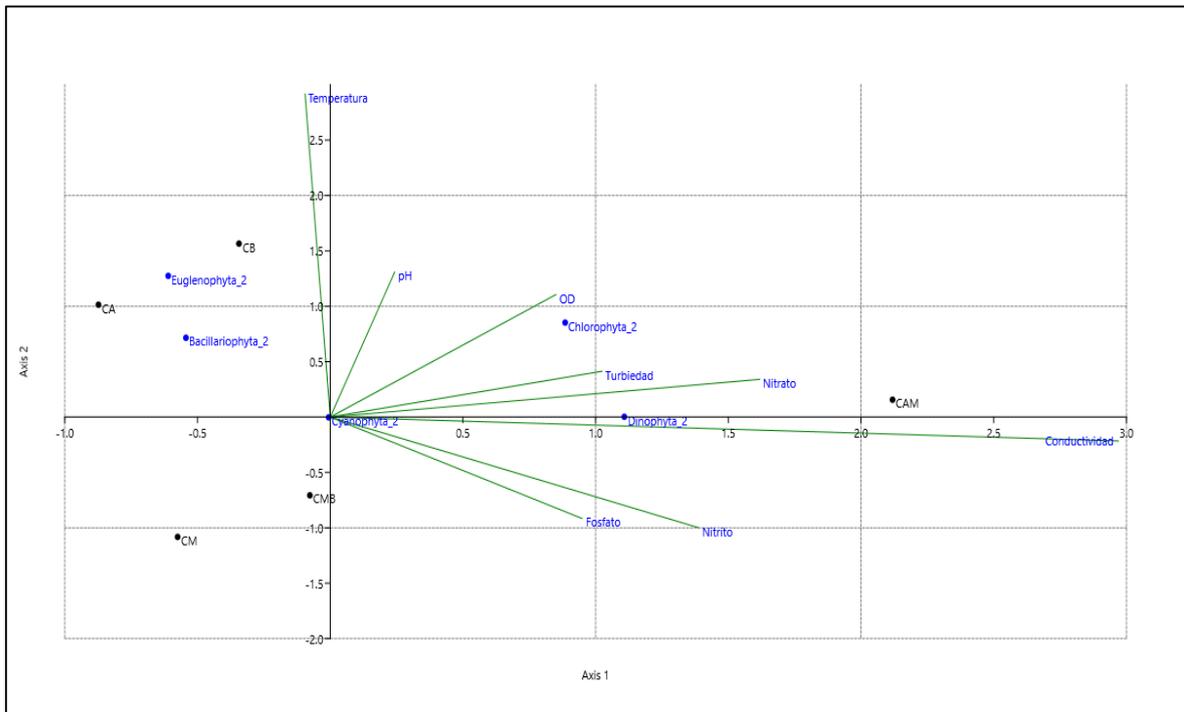


Figura 14. ACC de las variables fisicoquímicas y las divisiones de fitoplancton, durante la época lluviosa.

Durante este período la división Cyanophyta también está correlacionada con los parámetros fisicoquímicos, al parecer este periodo climático influye en la mayor presencia de esta división en cada zona de estudio. La división fitoplanctónica que depende o están correlacionadas con mayores valores de conductividad y OD son las Dinophyta y Chlorophyta respectivamente.

El grupo conformado por Bacillariophyta y Euglenophyta se presume que no existe dependencia con las variables, además en el periodo de estudio se encontró una relación estadísticamente negativa entre las variables de estudio.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Los parámetros físicos químicos como la temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, turbiedad y los nutrientes son importantes para correlacionar estos parámetros con la presencia del fitoplancton en el sistema acuático
- El parámetro químico de fosfato se encuentra en cantidades que sobrepasan el límite admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre de agua dulce; los otros parámetros fisicoquímicos presentaron variaciones menores en las zonas de monitoreo y en los periodos climáticos de estudio.
- Se encontraron 5 divisiones de fitoplancton: las Cyanophyta se presentaron en mayor cantidad y Dinophyta, pero en menor cantidad; las Euglenophytas y Chlorophytas se encontraron en cantidades intermedias bajas y las Bacillariophytas se encontraron en menores cantidades.
- Durante la época lluviosa se registró mayor presencia de divisiones fitoplanctónicas (5 en total) en todas las zonas de estudio, mientras que en la época de verano solo hubo presencia en su mayoría de una sola división fitoplanctónica la Cyanophyta.
- De acuerdo con el índice compuesto de Nygaard el estado ecológico del río Nangaritza varía con el periodo climático, debido que en época de verano se encuentra en un estado mesotrófico y en época lluviosa en un estado eutrófico; mientras que, según el índice de diversidad Shannon-Weaver el río presenta características de aguas muy contaminadas en los dos periodos analizados. Se concluye que el río Nangaritza presenta indicios de un proceso de eutrofización y contaminación severa.
- Existe correlación positiva entre las divisiones fitoplanctónicas (Cyanophyta, Dinophyta, Chlorophyta) y los parámetros fisicoquímicos (conductividad, pH, turbiedad y nitrato).
- Según los datos encontrados en la evaluación de las fuentes de agua, y las explicaciones y opiniones de los pobladores, las zonas de estudio CA, CAM y CM están relacionados principalmente con las actividades mineras de tipo aluvial y vetas que se practican a las riberas del río de manera legal e ilegal, lo cual concuerda con los resultados obtenidos de turbidez en la época de verano. En cambio, las áreas de estudio CMB Y CB está relacionada con las actividades domésticas, agrícolas, ganaderas, industriales y turísticas.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios en esta fuente hídrica se recomienda incluir la medición de parámetros como los metales pesados (mercurio, cromo, plomo, otros), cadmio, sólidos totales, coliformes fecales, DQO, cloro y sulfatos. Además, tener en cuenta el ciclo hidrológico.
- Se recomienda emplear un tiempo más prolongado en la toma de muestras con la finalidad de comprender el cambio espacio temporal del fitoplancton.
- Se recomienda que para determinar el estado trófico de un ecosistema acuático por identificación taxonómica del fitoplancton es importante identificarlos a nivel de especie ya que de esta manera se obtendría una mayor interpretación.
- Se sugiere que se continúe haciendo estudios fisicoquímicos y biológicos en la cuenca alta, media y baja del río Nangaritza para de esta manera evaluar el impacto de las actividades antropogénicas principalmente la actividad minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, H. (2018). "El alto Nangaritza es una mezcla del Yasuní, Podocarpus y los Tepuyes de Venezuela". Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe.
- Badii, M., Landeros, J., & Cerna, E. (2008). El recurso de agua y sustentabilidad. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 3(1), 661–671.
- Bellinger, E., & Sigeo, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators* (first edit). Editorial John Wiley & Sons.
- Boelens, R., Cremers, L., & Zwartveen, M. (2015). Justicia Hídrica . Acumulación de Agua , Conflictos y Acción Social. *Instituto de Estudios Peruanos (IEP)*, 1(August), 480.
- Bold, H., & Wynne, M. (1985). *Introduction to the Algae: Structure and Reproductión* (2a. ed.). Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Calvo, D., Molina, M., & Salvachúa, J. (1997). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. *Editorial McGraw-Hill. Madrid, España.*
- Canter, L. (1997). Nitrates in Groundwater. In *University of Oklahoma* (first Edit). Lewis Publishers.
- Carbajal, Á., & González, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. *Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad*, 3(1–2), 16.
- Cardenas, A. (2015). *La contaminación del Agua*. Ecolisima. <http://ecolisima.com/la-contaminacion-del-agua/>
- Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Analisis de correlacion canonica (ACC) e investigacion cientifica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 405–422.
- CELEC EP, C.-A. (2011). *Capítulo 5 EIAD_Línea Base I de XV 5. Caracterización y diagnóstico del área referencial del PHS (Línea base II de XV)*. <http://acotecnic.com/wp-content/uploads/2016/01/5.1-LINEA-BASE-AREA-3-V5.pdf>
- Conde, D. (2009). Eutrofización, cambio climático y cianobacterias. In *Documento Técnico PHI-LAC, N°16. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay; Manual para la identificación y medidas de gestión*. (pp. 12–15). UNESCO.
- Córdoba, K. (2018). *Estudio del ensamblaje fitoplanctónico en dos complejos cenagosos afectados por la actividad minera en la cuenca media del atrato, Chocó - Colombia*. Universidad de Manizales.
- Cortés, A. (1989). *Fitoplancton del lago de Chapala, Jalisco*. Universidad de Guadalajara.
- CSTT. (1997). *Comprehensive studies for the purposes of Article 6 & 8.5 of DIR 91/271 EEC, the Urban Waste Water Treatment Directive* (2a ed.). Published for the Comprehensive Studies Task Team of Group Coordinating Sea Disposal Monitoring by the Department of the Environment for Northern Ireland, the Environmental Agency, the Scottish Environmental Protection Agency and the Water Services Associ. https://www.sepa.org.uk/media/152623/comprehensive_studies_report.pdf
- Cueva, M. (2013). *Efectos del derrame de petróleo sobre la dinámica ecológica de las comunidades zooplanctónicas de la laguna de Papallacta*. Universidad Internacional del Ecuador.
- Damerval, T., Castets, A. -M, Houmard, J., & de Marsac, N. T. (1991). Gas vesicle synthesis in the cyanobacterium *Pseudanabaena* sp.: occurrence of a single photoregulated gene. *Molecular*

- Microbiology*, 5(3), 657–664. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.1991.tb00737.x>
- Dell’Uomo, A., Torrisci, M., Cavalieri, S., & Corsini, A. (2004). *L’Indice Diatomico di Eutrofizzazione/Poluzione (EPI-D) nel Monitoraggio delle Acque Correnti. Linee Guida*. 101. http://www.cisba.eu/attachments/article/75/IndiceEPI_D.pdf
- Díaz, G., & Prieto, H. (2015). Catálogo de Especies de Fitoplancton asociadas a la acuicultura de Tilapias. In *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- EARTH LAW CENTER, I. R. (2021). Los Derechos Del Bosque Y Vegetación Protector “Cuenca Alta Del Río Nangaritza”. *CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR*, 48201(1632), 1–49. https://www.biologicaldiversity.org/programs/international/pdfs/Escrito-Amigos-de-la-Corte_-CCE_-BP-NANGARITZA-_ELC-otros-02-01-2021.pdf
- Espin, L. (2018). *Aplicación de bioindicadores fitoplanctónicos, para medir la saprobiedad del lago Caricocha (Mojanda)*. Universidad Técnica del Norte.
- Esteves, F. D. A. (1988). *Fundamentos de Limnología*. Editora Interciência/FINEP, 226.
- Fernandez, A. (2018). El agua en Latinoamérica. *Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica*, enero-marz, 1–485.
- Fiallos, N. (2016). “Los Ecosistemas Acuático Y Terrestre En Desarrollo De Las Macrodestrezas De Ciencias Naturales De Los Niños De Sexto Grado ‘a’ De La Escuela De Educación Básica Fiscal Dr. Nicanor Larrea León, Riobamba, Chimborazo, Período 2014- 2015.” *Ejercicios de Core En La Incontinencia Urinaria Del Adulto Mayor*, 57. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Fraume, N. (2006). *Diccionario ambiental* (1era Edici). Editorial KimpresLtda.
- Frías, T. D. M. Q., & Montilla, L. C. (2016). “Evaluación De Los Parámetros Físicos, Químicos Y Microbiológicos En El Sector Puerto De Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015.” *Psiquiatría Clínica*, 44(Publicado), 72–80.
- Gaitán, M. (2004). Determinación de oxígeno disuelto por metodo winkler. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM*, 1, 9. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Oxígeno+Disuelto+Método+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>
- Gambi, B. (2003). *Técnica rápida para evaluar actividad de vertebrados en ecosistemas de praderas, bosque nativo y plantaciones exóticas*. Universidad Austral de Chile.
- García, B., & Cruz, A. (2013). *Propuesta de un plan de manejo ambiental del humedal El Salitre-Bogota D.C*. Univesidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- García de la Fuente, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *Pv Albeitar*, 4.
- García, M. (2009). La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración. El problema de la escasez del agua. *National Distance Education University*, December, 24.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Nangaritza, R. (2020). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. 593 6, 369.
- González, M. (1995). The role of phytoplankton cells on the control of heavy metal concentration in seawater. *Marine Chemistry*, 48(3–4), 215–236. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(94\)00045-F](https://doi.org/10.1016/0304-4203(94)00045-F)

- Guamán, M., & González, N. (2016). Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador. *Laboratorio de Biotecnología Energética, Quito, Ecuador.*, 1(12), 147.
- Guillén, V. ., Teck, H. ., Kohlmann, B., & Yeomans, J. (2012). Microorganismos Como Bioindicadores de calidad de aguas. *Tierra Tropical*, 8(1), 65–93.
- Guzmán, J. (2021). *Efecto de la degradación ambiental, por acción antrópica, sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos (MIB) del río Yura (Arequipa)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Harke, M. J., Steffen, M. M., Gobler, C. J., Otten, T. G., Wilhelm, S. W., Wood, S. A., & Paerl, H. W. (2016). A review of the global ecology, genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium, *Microcystis* spp. *Harmful Algae*, 54, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.12.007>
- Huisman, J., Joehnk, K. D., & Visser, P. M. (2011). Harmful cyanobacteria: Favored by global warming but suppressed by rising CO₂? *University of Amsterdam, The Netherlands.*, 1–3. <https://doi.org/10.13140/2.1.1140.3206>
- Husch, B., & Ormazábal, C. (1996). *Nuestro mundo cambiante : el hombre, los recursos naturales y el medio ambiente* (1a Ed.). Editorial Los Andes.
- Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros Físicos-Químicos de la calidad de las aguas. *Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Avd. de La Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid.*, 2(23), 12–19. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Jöhnk, K. D., Huisman, J., Sharples, J., Sommeijer, B., Visser, P. M., & Stroom, J. M. (2008). Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology*, 14(3), 495–512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01510.x>
- Kaas, H., Mohlenber, F., & Kuuppo, P. (2005). Marine phytoplankton. Relationships between ecological and chemical status of surface waters. *REBECCA SSPI-CT-2003-502158, April*, 52.
- Lara, A., Moreno, J., & Amaro, E. (1996). *Fitoplacnton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Lee, R. (2008). *Phycology* (4a ed.). Cambridge University Press.
- León, M. G. (2014). Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha. *Universidad Central Del Ecuador. Facultad de Ingeniería En Geología, Minas, Petróleos y Ambiental*, 39(1), 212.
- López, J., & Méndez, A. (2014). *Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: Diatomeas, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflagelados y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en las aguas del Río Estero Real, período junio-noviembre 2013*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Luque, E. (2016). *Revista Biodiversidad Amazónica trabajos de extracción de minería no metálica , Madre de Dios Environmental evaluation of the water quality in pools formed by non- metallic mining extraction works , Madre de Dios. 1*, 1–15.
- Martínez, E., & Zapata, B. (1997). Aprovechamiento del alimento natural, para el engorde y la importancia del control y del análisis de los parámetros. *IV Encuentro Nacional de Productores de Cultivo. Nicaragua*, 30.
- Molina, M., Terneus, E., Yáñez, P., & Cueva, M. (2018). Resilience of phytoplankton community in the

- Andean Papallacta lagoon and its tributaries, eight years after an oil spill. *Granja*, 28(2), 67–83. <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.05>
- Montijo, E. (2013). *Ecosistema Acuático*. Club Ensayos, Mexico.
- Morales, N., Arévalo, K., Ortega, J., Briceño, B., Andrade, C., & Morales, E. (2006). El pH y la fuente nitrogenada como moduladores del crecimiento de la macrófita *Lemna* sp. *Revista de La Facultad de Agronomía (LUZ)*, 67–79.
- Nazareno, M. J. (2021). *Calidad del agua de piscinas mineras auríferas abandonadas en la parroquia Selva Alegre mediante el análisis de la comunidad fitoplanctónica*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Nienaber, M., & Steinitz, M. (2018). *A guide to cyanobacteria: identification and impact*. University Press of Kentucky.
- Nygaard, G. (1949). Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. *Kongl. Dansk Vid. Selskab. Biol. Skr. København*, 7, 1–293.
- Oliva, M., Godínez, J., & Zuñiga, C. (2014). Biodiversity of inland water phytoplankton in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 54–61. <https://doi.org/10.7550/rmb.32706>
- Olvera, R., Centeno, C., & Martínez, F. (2010). Efectos tóxicos de *Pseudanabaena tenuis* (Cyanobacteria) en los cladóceros *Daphnia magna* y *Ceriodaphnia dubia*. *Hidrobiológica*, 20(3), 203–212.
- Painting, S. J., Devlin, M. J., Rogers, S. I., Mills, D. K., Parker, E. R., & Rees, H. L. (2005). Assessing the suitability of OSPAR EcoQOs for eutrophication vs ICES criteria for England and Wales. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), 1569–1584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.042>
- Pastén, P., Vega, A., Guerra, P., Pizarro, J., & Lizama, K. (2019). Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y oportunidades. In *The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS)* (Issue September).
- Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica. *Centro de Investigaciones Científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano.*, 67.
- Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. *Ecological Indicators*, 10(4), 848–856. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.01.006>
- Pulido, P. (2015). El fitoplancton en la determinación del estado trófico del humedal el salitre (Bogotá D.C., Colombia) en épocas climáticas contrastantes. In *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*. Univesidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Quiroz, H., Solís, O., García, J., Molina, I., & Díaz, M. (2006). Variación de Componentes fitoplanctónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en Norte del Estado de Guerrero, México. *REDVET - Revista Electrónica de Veterinaria.*, VII(11), 1–25.
- Ramírez, J. (1982). *El fitoplancton: Métodos de muestreo, concentración, recuento y conservación* (Vol. 2, p. 36).
- Ramírez, J. (1987). Contribución al Conocimiento de las Condiciones Limnológicas de la Laguna del Parque Norte. *Actualidades Biológicas*, 19.
- Ramírez, J., & Machado, T. (1982). Influencia de la precipitación y los ortofosfatos sobre el fitoplancton de la represa "La Fe". *Actualidades Biológicas*, 19.
- Ramos, J. (2021). *Relación de los parámetros fisicoquímicos con la estructura de la comunidad fitoplanctónica de las aguas superficiales del desembarcadero pesquero del Puerto de Ilo, región*

Moquegua. Universidad Continental.

- Rendón, M., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 12.
- Reynolds, C. (1984). *The ecology of freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press.
[https://books.google.es/books?id=0nyrasgaTwMC&lpg=PA1&ots=2lyHemyXuE&dq=Reynolds%2C C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press%2C Cambridge. United Kingdom. Pag. 384. \(en línea\). Consultado 22 de Agosto de 2015.&lr&hl=](https://books.google.es/books?id=0nyrasgaTwMC&lpg=PA1&ots=2lyHemyXuE&dq=Reynolds%2C%20C.%20S.%201984.%20The%20ecology%20of%20freshwater%20phytoplankton.%20Cambridge%20University%20Press%20Cambridge.%20United%20Kingdom.%20Pag.%20384.%20(en%20línea).%20Consultado%2022%20de%20Agosto%20de%202015.&lr&hl=)
- Reynolds, C. (1997). Vegetation Process in the Pelagic: A Model for Ecosystem Theory. Excellence in Ecology. In F. Edition (Ed.), *The Marine Biological Association of the United Kingdom* (Vol. 1).
<https://doi.org/10.3233/efi-1983-1216>
- Rodriguez Garzón, L. (2012). Determinación del estado trófico de tres ecosistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climaticos contrastantes. In *Universidad Militar Nueva Granada*.
- Rodríguez, P. (2001). Abastecimiento de agua pura. *Revista Médica (Instituto Mexicano Del Seguro Social)*, 32(654).
- Rodriguez, W. (2011). "Evaluación de los impactos de la deforestación sobre tres especies vegetales nativas importantes para la nutrición de los Shuar de Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe".
Universidad Nacional De Loja, 62.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2da. Edici). Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua* (Tercera Ed). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sagasta, J. M., Zadeh, S. M., & Turrall, H. (2018). More people, more food, worse water? - A global review of water pollution from agriculture. In *Food and Agriculture Organization and International Water Management Institute*.
- Sánchez, J. (2001). V-100 - El fósforo, parámetro crítico de calidad de agua. Técnicas analíticas y de muestreo. *XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1, 1-9.
<http://www.ingenieroambiental.com/junio/fosforo.pdf>
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2001). Programa Nacional del Medio Ambiente 2001-2006. *Semarnat, Mexico*.
- Sierra, C. A. (2012). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. In *Universidad de Medellín - colombia* (Primera Ed).
- Socarras, J. S., & Pretelt, F. M. (2020). *Validación del método analítico para la determinación de nitritos en agua natural y potable, por espectrofotometría visible en el laboratorio de investigación y calidad ambiental del centro de comercio, industria y turismo del Sena, regional Córdoba*. Universidad de Córdoba.
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 35.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Tapia, M. (2012). Variabilidad Estacional Del Fitoplancton Y Su Relación Con Los Parámetros Ambientales En Esmeraldas Durante 2004-2005. *Universidad de Guayaquil*, 17(1), 168.

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/988/1/CABANILLA LEON MARILYN.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/988/1/CABANILLA_LEON_MARILYN.pdf)

- Tomas, C. R. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton* (1a ed.). Florida Department of Environmental Protection. [https://books.google.com.ec/books?id=8WLABHmo-K8C&lpg=PP1&ots=MHL9PJxyPG&dq=Tomas%2C C. \(1997\). Identifying marine phytoplankton. Academic Press. New York. 858 p.&lr&hl=es&pg=PR3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8WLABHmo-K8C&lpg=PP1&ots=MHL9PJxyPG&dq=Tomas%2C+C.++(1997).+Identifying+marine+phytoplankton.+Academic+Press.+New+York.+858+p.&lr&hl=es&pg=PR3#v=onepage&q&f=false)
- Treece, G. D. (1994). Métodos para mejorar la Camaronicultura en Centroamérica, Fertilización. *Texas A&M University, Sea Grant College Program 2700 Earl Rudder Frwy. South College Station, Texas 77845.*, 98.
- Trocchi, L., & Martínez, G. (2014). *Estructura de la comunidad fitoplanctónica del sistema fluvial-estuarino de Caño Mánamo*, . June 2013.
- UNESCO. (2017). The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. In *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO.
- Urrego, A., & Ramírez, J. (2000). Cambios Diurnos De Variables Físicas Y Químicas en la Zona de Ritral del Río Medellín, Colombia. Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. *Caldasia*, 22(1), 127–141.
- Utermohl, H. (1958). *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik* (Vol. 9). Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen.
- Van Lanen, H. A. J., Heijnen, M., De Jong, T., & Van De Weerd, B. (1993). Nitrate concentrations in the Gulp catchment: some spatial and temporal considerations. *Acta Geologica Hispanica*, 28(2–3), 65–73.
- Vásquez, G. S., Castro, G. M., Gonzáles, I. M., Pérez, R. R., & Castro, T. B. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60, 41–48. <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>
- Vaulot, D. (2001). Phytoplankton. *Centre Nationale de La Recherche Scientifique et Université Pierre et Marie Curie, Roscoff, France*, 6, 7. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8944-8_10
- Villena, J. (2018). Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Vuorio, K., Lepistö, L., & Holopainen, A. L. (2007). Intercalibrations of freshwater phytoplankton analyses. *Boreal Environment Research*, 12(5), 561–569.
- Wehr, J. D. (2003). Freshwater Habitats of Algae. *Freshwater Algae of North America*, 11–57.
- Wehr, J. D. (2011). Freshwater Algae: Identification and Use As Bioindicators. *Journal of Phycology*, 47(2), 436–438. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.00973.x>
- Yvon, G., Allen, A. P., Cellamare, M., Dossena, M., Gaston, K. J., Leitao, M., Montoya, J. M., Reuman, D. C., Woodward, G., & Trimmer, M. (2015). Five Years of Experimental Warming Increases the Biodiversity and Productivity of Phytoplankton. *PLoS Biology*, 13(12), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002324>

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de los análisis de fitoplancton

Primer Monitoreo

San Pedro de Manglaralto, 20 de octubre de 2022

REPORTE DE ANÁLISIS 03- 2022

Recepción de muestras: Se receiptó cinco muestras de agua ,
provenientes de Cuenca. Sr. Jhonny Ribera

Descripción de análisis: Se determinaron presencia de microorganismos y
conteo.

Resultados:

Cuantificación de microorganismos

| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Muestra 1 | <i>Cianobacterias</i> | 1 200.000 |
| | <i>Euglena</i> | 2.500 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 30.000 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Desechos | |
| Muestra 2 | <i>Cianobacterias</i> | 850.000 |
| | Mayor cantidad de puntos bacterianos | |
| | Mayor cantidad de desechos | |



| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|------------------|--|----------------------------|
| Muestra 3 | <i>Cianobacterias</i> Puntos bacterianos Presencia de desechos | 1 600.000 |
| Muestra 4 | <i>Cianobacterias</i> <i>Protozoarios flagelados</i> Puntos Bacterianos Mayor cantidad de desechos | 1 750.000 5.000 |
| Muestra 5 | <i>Cianobacterias</i> <i>Dinoflagelados</i> <i>Protozoarios flagelados</i> Mayor cantidad de puntos bacterianos Mayor cantidad de desechos | 1300.000 2.500 2.500 |



Lcda. Doris Reyes Suarez
Analista de Laboratorio Fitoplancton
CENAIM - ESPOL



San Pedro de Manglaralto, 28 de octubre de 2022

REPORTE DE ANÁLISIS 04- 2022

Recepción de muestras: Se recibió cinco muestras de agua ,
provenientes de Cuenca. Sr. Jhonny Rivera

Descripción de análisis: Se determinaron presencia de microorganismos y
conteo.

Resultados: **Cuantificación de microorganismos**

| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|------------------|--|--------------------------|
| Muestra 1 | <i>Cianobacterias</i> | 1 200.000 |
| | <i>Microalgas diatomeas</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 2.500 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Desechos | |
| Muestra 2 | <i>Cianobacterias</i> | 16 50.000 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 5.000 |
| | Mayor cantidad de puntos bacterianos Mayor cantidad de desechos | |



| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Muestra 3 | <i>Cianobacterias</i> | 2 100.000 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 2.500 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Mayor cantidad de desechos | |
| Muestra 4 | <i>Cianobacterias</i> | 1 300.000 |
| | <i>Euglena</i> | 5.000 |
| | <i>Microalgas chlorophytas</i> | 7.500 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 2.500 |
| | Puntos Bacterianos | |
| Muestra 5 | Cianobacterias | 850.000 |
| | Dinoflagelados | 10.000 |
| | Protozoarios flagelados | 10.000 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Mayor cantidad de desechos | |



Lcda. Doris Reyes Suárez
Analista de Laboratorio Fitoplancton
CENAIM – ESPOL

www.espol.edu.ec

 uspol

 @espol

 @espol

 @espol1



San Pedro de Manglaralto, 11 de noviembre de 2022

REPORTE DE ANÁLISIS 05- 2022

Recepción de muestras: Se recibió cinco muestras de agua ,
provenientes de Cuenca del cliente Sr. Jhonny Rivera

Descripción de análisis: Se determinaron presencia de microorganismos y
conteo.

Resultados: **Cuantificación de microorganismos**

| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Muestra 1 | <i>Cyanobacterias</i> | 1 250.000 |
| | <i>Microalgas diatomeas</i> | 2.500 |
| | <i>Euglena</i> | 2.500 |
| | <i>Navicula</i> | 2.500 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 2.500 |
| | Protozoarios flagelados | 5.000 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Abundantes desechos | |
| Muestra 2 | <i>Cyanobacterias</i> | 1 350.000 |
| | <i>Microalgas chlorophytas</i> | 5.000 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 25.000 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 5.000 |
| | Puntos bacterianos | |
| | Presencia de desechos | |



| Descripción | Identificación y Observación | Cuantificación cel. x ml |
|----------------------------|--|--------------------------|
| Muestra 3 | <i>Cianobacterias</i> | 1 650.000 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 5.000 |
| | <i>Euglenas</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 2.500 |
| | Mayor cantidad de puntos bacterianos | |
| | Mayor cantidad de desechos | |
| Muestra 4 | <i>Cianobacterias</i> | 1 900.000 |
| | <i>Euglena</i> | 10.000 |
| | <i>Microalgas diatomeas</i> | 2.500 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 10.000 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios ciliados</i> | 2.500 |
| | Presencia de parásitos(<i>Cryptosporidium</i>) | |
| | Mayor cantidad de puntos Bacterianos | |
| Mayor cantidad de desechos | | |
| Muestra 5 | <i>Cianobacterias</i> | |
| | <i>Euglena</i> | 1 350.00 |
| | <i>Dinoflagelados</i> | 2.500 |
| | <i>Navicula</i> | 2.500 |
| | <i>Microalgas chlorophytas</i> | 2.500 |
| | <i>Protozoarios flagelados</i> | 2.500 |
| | Presencia de parásitos(<i>Cryptosporidium</i>) | 5.000 |
| | Puntos bacterianos | 2.500 |
| | Presencia de desechos | |

Lcda. Doris Reyes Suarez
Analista de Laboratorio Fitoplancton
CENAIM - ESPOL



Anexo 2: Resultados del monitoreo de parámetros fisicoquímicos

| | | Punto 1 - CA | | | | Punto 2- CAM | | | | Punto 3 - CM | | | | Punto 4- CMB | | | | Punto 5 - CB | | | |
|------------------|---------------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| Parámetro | Unidad | M1 | M2 | M3 | M4 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 7.23 | 7.71 | 7.82 | 7.8 | 7.26 | 7.48 | 7.74 | 7.78 | 6.79 | 7.15 | 7.71 | 7.44 | 7.05 | 7.34 | 7.66 | 7.72 | 6.83 | 7.21 | 7.61 | 7.64 |
| Temperatura | °C | 26.3 | 24.3 | 22.6 | 22.2 | 25.1 | 23.1 | 22.3 | 22.1 | 25.8 | 23 | 22.1 | 21.7 | 24.9 | 22.1 | 21.9 | 21.8 | 26.4 | 23.4 | 22.5 | 22.2 |
| Conductividad | uS/cm | 66.2 | 61.9 | 75.5 | 72.6 | 101.8 | 106.8 | 110.6 | 106.2 | 67.3 | 64.4 | 76.6 | 74.9 | 69.2 | 64.8 | 79.2 | 78.1 | 68.9 | 61.8 | 77.3 | 74.8 |
| pH | | 6.58 | 6.5 | 6.52 | 6.52 | 6.46 | 6.38 | 6.47 | 6.42 | 6.19 | 6.08 | 6.32 | 6.25 | 6.35 | 6.43 | 6.5 | 6.52 | 6.52 | 6.33 | 6.4 | 6.46 |
| Turbiedad | NTU | 217 | 412 | 129 | 144 | 312 | 847 | 207 | 165 | 292 | 241 | 163 | 180 | 158 | 847 | 179 | 185 | 847 | 458 | 222 | 202 |
| Nitrito | mg/l | 0.086 | 0.211 | 0.191 | 0.085 | 0.161 | 0.176 | 0.221 | 0.102 | 0.154 | 0.133 | 0.115 | 0.103 | 0.11 | 0.172 | 0.225 | 0.143 | 0.447 | 0.201 | 0.104 | 0.105 |
| Nitrato | mg/l | 3.3 | 5.3 | 5.9 | 5.1 | 2.2 | 7.8 | 5.8 | 5.8 | 1.7 | 7.2 | 5.6 | 3.8 | 1.7 | 9.7 | 6.1 | 2.7 | 0.8 | 6.2 | 5.4 | 3.2 |
| Fosfato | mg/l | 7.81 | 8.38 | 21.95 | 8.84 | 7.3 | 16.8 | 31.21 | 10.45 | 5.69 | 12.76 | 26.43 | 9.07 | 8.66 | 20.6 | 30.3 | 22.56 | 20.69 | 13.69 | 30.71 | 10.84 |

Anexo 3: Evidencia fotográfica

Figura 15. Botella Van Dorn que se utilizó para tomar las muestras de agua para análisis de fitoplancton



Figura 16. Caja térmica que se utilizó para transportar las muestras



Figura 17. Medición de pH con el uso del Multiparamétrico



Figura 18. Medición de oxígeno disuelto con el uso del Multiparamétrico



Figura 19. Medición de conductividad con el uso del Multiparamétrico



Figura 20. Toma de muestras con la botella Van dorn



Figura 21. Turbidímetro



Figura 22. Muestras con reactivos para el análisis de fosfato y nitritos



Figura 23. Muestras de la época de verano para turbidez



Figura 24. Muestras de la época lluviosa para turbidez

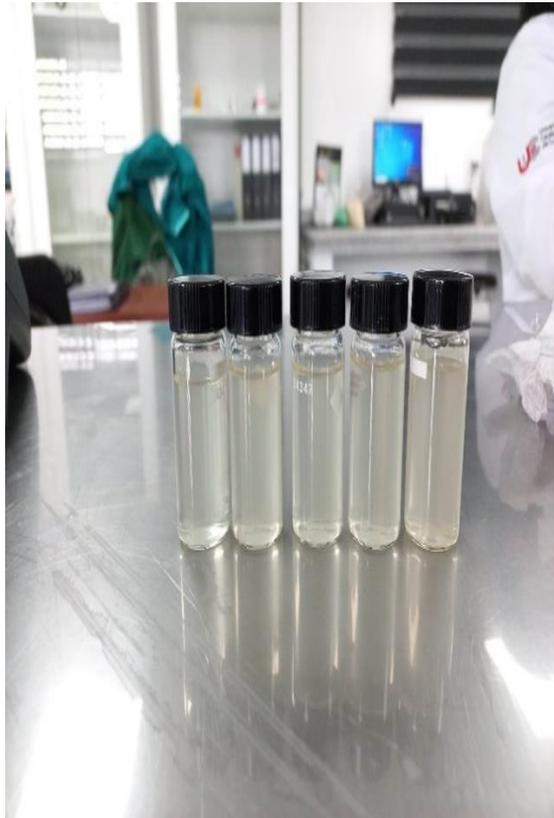


Figura 25. Panorama de la zona CA

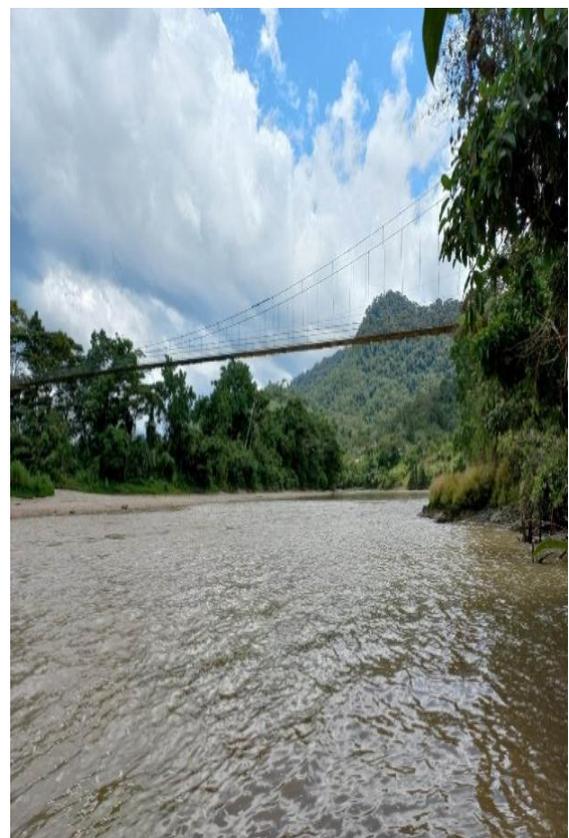


Figura 26. Panorama de la zona CAM



Figura 27. Panorama de la zona CM



Figura 28. Panorama de la zona CMB



Figura 29. Panorama de la zona CB



Figura 30. Registro de datos con el multiparamétrico



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Jhonny Cristian Rivera Guaman** portador de la cédula de ciudadanía N.º 1900695345. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NANGARITZA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **02 de febrero de 2023**



F:

Jhonny Cristian Rivera Guaman
1900695345