



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“Evaluación de los afluentes que ingresa a la Laguna de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales**

**SUBLINEA: Ambiente y Biodiversidad**

**AUTOR: MELANY YULIETH LUCIO LEON**

**ASESOR: MSc. MORAIMA CRISTINA MERA AGUAS**

Ibarra, septiembre de 2022

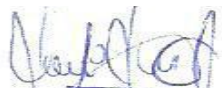
Ibarra, 23 de septiembre de 2022

MSc. Moraima Cristina Mera Aguas

ASESORA

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



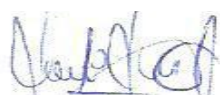
(f).....

MSc. Moraima Cristina Mera Aguas.

C.C.: 1001743721

### PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

MSc. Moraima Cristina Mera Aguas

C.C.: 1001743721



(f).....

MSc. Paola Alexandra Chávez Guerrero

C.C.: 1002744090



(f).....

Dr. Rubén del Toro Déniz

C.C.: 175754447-1

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo MELANY YULIETH LUCIO LEÓN declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, septiembre de 2022



f): .....

MELANY YULIETH LUCIO LEÓN

C.C.: 0401906219

## AUTORÍA

Yo, MELANY YULIETH LUCIO LEÓN portador de la cédula de ciudadanía N° 0401906219, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f): .....

MELANY YULIETH LUCIO LEÓN

C.C.: 0401906219

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, MELANY YULIETH LUCIO LEÓN, con C.C.: 0401906219, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DE LOS AFLUENTES QUE INGRESA A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Ambiental, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 23 de septiembre de 2022



f): .....

MELANY YULIETH LUCIO LEÓN

C.C.: 0401906219

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DE LOS AFLUENTES QUE INGRESA A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha .... de ..... de 2022

Para constancia firma:



f): .....

Melany Yulieth Lucio León

Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación

C.C/ Pasaporte: 0401906219

Carrera: Ingeniería Ambiental

Ibarra, 23 de septiembre de 2022

## DEDICATORIA

Esta tesis es una parte de mi vida y comienzo de nuevos retos; por lo tanto, la dedico a Dios por darme fuerzas día a día para seguir adelante a pesar de las adversidades no permitir que me rinda y luche por lograr mis metas y objetivos.

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Erika y Vicente quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A mis abuelitos Clemencia y Agustín quienes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños, esperanzas y en el transitar de mi vida estudiantil. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios de Ingeniería Ambiental, les dedico a ustedes este logro amados abuelitos, como una meta más conquistada.

A mi tío Gualberto por ser mi mentor en el ámbito profesional y a su esposa por la ayuda incondicional. De igual manera, a mi tío Mario por todos los apoyos morales dados a lo largo de mi carrera. Igualmente, a toda mi familia tíos, tías y primos porque con sus palabras de aliento, consejos y oraciones hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en todos mis sueños y metas.

A mi amiga Lady que a pesar de la distancia supo cómo sacarme una sonrisa y ayudarme a salir de momentos difíciles con palabras de aliento. A mis amigos, compañeros que estuvieron en esta etapa y en especial a mis compañeras Daniela y Fernanda por ser personas que me apoyaron en el transcurso de la carrera y por llegar a formar una bonita amistad. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida gracias por su apoyo y constancia, por estar en las etapas más difíciles y por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí. Finalmente, a mi mascota Benjamín por ser mi compañero en mis momentos de soledad.

A todos y cada uno de ellos va dedicada la tesis, pues a ellos se les debe el gran logro.

## AGRADECIMIENTO

A la Institución donde me forme como profesional PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR – SEDE IBARRA y mi tutora de tesis MSc. Moraima Mora sin usted, con su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Porque formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

Estimados docentes sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I.....	19
INTRODUCCIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	21
OBJETIVOS .....	21
2.1. Objetivo general .....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO III.....	22
ESTADO DEL ARTE.....	22
3.1. Calidad del agua en lagunas. ....	22
3.2. Índice de calidad (ICA).....	23
3.3 Eutrofización de Lagunas.....	24
3.4 Proceso de eutrofización .....	25
• Proceso oligotrófico .....	26
• Proceso Mesotrófico.....	26
• Proceso Eutrófico .....	27

• Zona húmeda y terreno firme .....	27
3.5 Factores causantes de la eutrofización .....	27
• Naturales.....	28
• Antropogénicas.....	28
3.6 Estudios realizados en la laguna de Yahuarcocha .....	28
• Estado de calidad de cuerpos de agua que ingresan a la laguna de Yahuarcocha. .	29
• Estado ecológico de la laguna de Yahuarcocha. ....	31
• Eutrofización laguna de Yaguarcocha.....	32
• Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha .....	32
• Concentraciones de plomo y cromo en poblaciones de <i>Typha latifolia</i> en la laguna de Yahuarcocha .....	34
CAPÍTULO IV.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
4.1 Materiales, reactivos y equipos .....	37
Materiales .....	37
Equipos .....	37
Reactivos.....	38
4.2 Área de Estudio.....	39
4.3 Procedimiento de recolección de muestra .....	41
4.4 Análisis de muestra parámetros físicos, químicos y microbiológicos. ....	41
• Potencial de Hidrógeno (pH).....	42
• Conductividad eléctrica.....	42
• Sólidos totales .....	42
• Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	43

• Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	43
• Turbiedad .....	44
• Nitritos.....	44
• Nitratos.....	45
• Fosfatos.....	45
• Amonio.....	45
• Aceites y grasas.....	46
• Coliformes fecales .....	47
• Oxígeno disuelto. ....	47
• Temperatura y humedad.....	47
4.5 Índice ICA.....	48
4.6 Carga contaminante.....	50
CAPÍTULO V.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	51
5.1 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha. ....	51
• Potencial hidrógeno (pH) .....	51
• Conductividad eléctrica/electrolítica .....	53
• Temperatura .....	54
• Oxígeno disuelto (OD).....	55
• Grasas y aceites .....	57
• Turbidez .....	58
• Sólidos totales .....	59

• Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	60
• Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	62
• Índice de biodegradabilidad de los contaminantes de cada punto de muestreo .....	63
• Nutrientes derivados del nitrógeno .....	65
• Fosfatos.....	67
• Coliformes Totales .....	68
5.2 Índice de calidad del agua .....	69
5.3 Carga Contaminante.....	71
CAPÍTULO VI.....	74
CONCLUSIONES.....	74
CAPÍTULO VII.....	75
RECOMENDACIONES.....	75
CAPÍTULO VIII.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	85

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1 Rangos de nitrógeno total en el proceso de eutrofización de una laguna.....	24
TABLA 2 Sitios de toma de muestra de los afluentes y vertidos que ingresan a la laguna de yahuarcocha.....	39
TABLA 3 Tabla para el cálculo de ICA.....	47
TABLA 4. Cálculo de los contaminantes presentes en un cuerpo de agua.....	48
TABLA 5 Índice de calidad de aguas de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha.....	71
TABLA 6. Sitios de toma de muestra de los afluentes y vertidos que ingresan a la laguna de Yahuarcocha.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Proceso de eutrofización de una laguna.....	24
FIGURA 2 Mapa de ubicación del área de estudio.....	35
FIGURA 3 Mapa de los puntos muestreo.....	38
FIGURA 4 Medidas de pH de las afluentes a la laguna de Yahuarcocha.....	53
FIGURA 5 Medidas de la conductividad eléctrica de los afluentes a la laguna de Yahuarcocha .....	54
FIGURA 6 Medidas de la temperatura de los afluentes a la laguna de Yahuarcocha.....	55
FIGURA 7 Concentración promedio de oxígeno disuelto encontrado en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	57
FIGURA 8 Concentración promedio de grasas y aceites en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	59
FIGURA 9 Turbidez promedio encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	60
FIGURA 10 Sólidos totales promedio encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	62
FIGURA 11 Concentración promedio de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	63
FIGURA 12 Concentración promedio de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	65
FIGURA 13 Índice de biodegradabilidad en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....	66

FIGURA 14 Concentración promedio de los derivados de nitrógeno en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha..... 68

FIGURA 15 Concentración promedio de fosfatos en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....70

FIGURA 16 Concentración promedio de coliformes totales en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.....72

FIGURA 17 Carga contaminante del nitrógeno total y fosfato..... 74

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	1.	Ficha	para	la	recolección	de	
Datos.....							¡Error! Marcador no definido.
2. Registro fotográfico.....						86	Anexo
3. Datos de la Investigación.....						91	

## RESUMEN

La laguna de Yahuarcocha, es una maravilla natural y uno de los más importantes centros turísticos del Ecuador, en tal sentido alrededor de ella se realizan un sin número de actividades humanas (agricultura, ganadería, comercio, entre otras.), estas actividades antrópicas son foco de contaminación, ocasionando un problema de deterioro para el sistema lacustre, porque las aguas residuales tienen como destino final el cuerpo de agua de la laguna. Teniendo en cuenta lo antes mencionado la presente investigación se plantea como objetivo general; evaluar los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha, mediante técnicas analíticas para la determinación de la carga contaminante que ingresa a este cuerpo lacustre. Para alcanzar el objetivo planteado en la investigación se utilizaron los siguientes métodos: deductivo, inductivo y experimental complementándose con las técnicas fisicoquímicas y microbiológicas; las mismas que permitieron obtener los datos para contrastar entre cada uno de los afluentes que ingresan a la laguna. De esta manera pudiendo llegar a las siguientes conclusiones: Se identificó seis ingresos de agua a la laguna de Yahuarcocha, entre las que se encuentran el afluente cercano a la Aduana, la acequia San Antonio, quebrada Manzana Huayco, el afluente PTAR, la quebrada Polo Golo y la quebrada El Quince – Rio Tahuando. Con respecto a la necesidad de determinar el estado de los afluentes que ingresan a la laguna, el afluente cercano a la aduana marca un índice de calidad del agua mala con un valor de 48.853, mientras que los otros se encuentran en un índice de regular marcando un rango de 51.82 a 57.90. Una vez calculada la carga contaminante se determinó que la acequia “San Antonio” es la que más emite fosfatos 0.013 mg/s y la quebrada “Manzano Huayco” de nitrógeno total 0.0249 mg/, a pesar de que estos contenían una menor concentración de contaminantes como (nitratos, nitritos fosfatos, aceite y grasas, etc...), pero aportaban una mayor cantidad de carga contaminante al cuerpo de agua de Yahuarcocha, siendo así los principales nutrientes para el proceso de eutrofización, posteriormente se transforman la laguna en una zona pantanosa o terreno firme.

**Palabras clave:** Laguna de Yahuarcocha, Índice de Calidad de Aguas, contaminación, afluentes, carga contaminante.

## ABSTRACT

The Yahuarcocha lagoon is a natural wonder and one of the most important tourist centers of Ecuador, in this sense around it are carried out a number of human activities (agriculture, livestock, trade, among others.), These anthropogenic activities are a focus of pollution, causing a problem of deterioration for the lake system, because the wastewater have as final destination the body of water of the lagoon. Taking into account the above mentioned, the general objective of this research is to evaluate the tributaries that enter the Yahuarcocha lagoon, using analytical techniques to determine the pollutant load that enters this body of water. To achieve the objective of the research, the following methods were used: deductive, inductive and experimental, complemented with physicochemical and microbiological techniques, which allowed us to obtain data to contrast between each of the tributaries that enter the lagoon. In this way, the following conclusions were reached: Six water inflows to the Yahuarcocha lagoon were identified, among which are the tributary near the Aduana, the San Antonio ditch, Manzana Huayco stream, the PTAR tributary, the Polo Golo stream and the El Quince - Rio Tahuando stream. Regarding the need to determine the status of the tributaries that enter the lagoon, the tributary near the customs house has a poor water quality index with a value of 48.853, while the others are in a regular index, with a range of 51.82 to 57.90. Once the pollutant load was calculated, it was determined that the "San Antonio" irrigation ditch is the most polluting of phosphates 0.013 mg/s and the "Manzano Huayco" stream of total nitrogen 0.0249 mg/s of the six tributaries, although this is one of those that contain a lower concentration of pollutants (nitrates, nitrites, phosphates, oil and grease, etc.), but it contributes a greater amount of pollutants to the body of water of the Yahuarcocha lagoon, accelerating the process of eutrophication and can transform the lagoon into a swampy area and then become firm ground.

**Keywords:** Yahuarcocha Lagoon, Water Quality Index, contamination, tributaries, pollutant load.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La laguna de Yahuarcocha tiene una antigüedad de más de 12.000 años, siendo esta considerada una maravilla natural y uno de los más importantes centros turísticos del Ecuador. Ubicándose aproximadamente a 3km de la ciudad de Ibarra, específicamente en la parroquia Priorato.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado las actividades humanas que se desarrollan alrededor de la laguna por la importancia que esta posee han causado un deterioro ambiental que principalmente ha afectado al cuerpo de agua. El problema reside en las descargas de agua residuales las cuales se han ido acumulado a lo largo de los años, mismas que se derivan por acciones antrópicas como es: agricultura, ganadería, empleo de fertilizantes, deficiencia de gestiones ambientales, entre otras. Así mismo, este cuerpo de agua se encuentra en estado de eutrofización por los afluentes que la alimentan, ya que estos acumulan materiales de desechos y tienen como destino final la desembocadura a la laguna de Yahuarcocha (Posada, 2011).

Siendo así, que estos desperdicios, son ricos en nutrientes de fósforo (P) y nitrógeno(N), que facilitan un crecimiento acelerado de algas “1 gramo de fosfato (PO<sub>4</sub>)-fósforo(P) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas” (Chacón Chaquea, 2017). También, existe poca oxigenación en el agua, muerte de la fauna acuática local, turbidez del agua, poca entrada de luz, fetidez, delimitada profundidad, altas tasas de sedimento y condiciones anóxicas; las cuales producen un aumento considerable de bacterias que afectan la calidad del agua (Moreta- Pozo, 2008).

En este contexto, las autoridades nacionales, provinciales y cantonales están juntando esfuerzos por la recuperación del sistema lacustre de Yahuarcocha, por ser un sector turístico de gran trayectoria histórica que representa un ícono de identidad cultural para los ibarreños y ecuatorianos. En la laguna se desarrolló una de las batallas más importantes de nuestros aborígenes. En la actualidad aún existen las ruinas de las tolas de Yahuarcocha, vestigios arqueológicos que se articulan con la belleza del paisaje natural en cuyas orillas se encuentra la autopista internacional, testigo de importantes carreras que atrae a turistas locales, nacionales y

extranjeros. Para mantener, el atractivo turístico y las actividades humanas, es necesario 3 generar una recuperación ambiental sustentable y sostenible.

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar y constatar el grado de contaminación de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha, por medio de un estudio fisicoquímico y microbiológico. De tal manera, mediante el uso de la investigación se constató cual quebrada o afluentes emite más polución en el medio y es responsable de la contaminación del cuerpo de agua.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo general**

Evaluar los afluentes de la laguna de Yahuarcocha, mediante técnicas analíticas para la determinación de la carga contaminante que ingresa a este cuerpo lacustre.

#### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar los principales afluentes involucrados en la polución de la laguna Yahuarcocha.
- Determinar el estado de los afluentes, mediante caracterización físico química y biológica para el establecimiento de su calidad y uso.
- Calcular la carga contaminante de los afluentes, por medio de técnicas analíticas para la determinación del grado de afectación antropogénica sobre el recurso lacustre.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Calidad del agua en lagunas.

Calidad agua en lagunas es la situación en que se halla el recurso hídrico con respecto a las características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser modificadas por el accionar humano. Se establece mediante comparación de las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas normas contra las cuales pueden evaluarse el cumplimiento (Cervantes Martínez *et al.*, 2015).

Se puede señalar, “que desde la antigüedad los lagos urbanos han sido utilizados para almacenar agua de lluvia, asegurar el abastecimiento de las personas y mejorar la calidad de vida de los mismos” (Cisterna Osorio *et al.*, 2019), “ esto ha cambiado en el siglo XX debido a su contaminación por el mal manejo y la intervención humana” (Naselli-Flores, 2008). Por otra parte, “algunos investigadores han comprobado que este proceso de degradación aumenta con el cambio climático, incremento de temperatura y los cambios en las precipitaciones aceleran la eutrofización”. (Lu *et al.*, 2018).

Además, “La urbanización altera la mayoría de los componentes de las cuencas hidrográficas de los ecosistemas acuáticos, particularmente la hidrología, la calidad del agua, las características del hábitat físico, la interdependencia hidrológica, los procesos biológicos, la ecología y la biodiversidad.” (Hughes *et al.*, 2014). Inclusive, “la cuenca de los lagos urbanos corresponde al terreno ocupado por la ciudad, por lo que el agua entrante está sujeta a problemas de contaminación, arrastrando sedimentos y afecta a la columna de agua, lo que aumenta su vulnerabilidad”(Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008).

No obstante, “la calidad del agua se ve afectada principalmente a través de la acumulación de nutrientes y otros contaminantes, por lo que en su mayoría se encuentran eutrofizados” (Cisterna Osorio *et al.*, 2019). En efecto, “los parámetros indicadores biológicos y físico-químicos evidencian que los lagos mesotróficos derivan a eutróficos como consecuencia de la actividad

antropogénica en su zona de captación, la cual acelera la tasa de eutrofización” (Verma *et al.*, 2011).

### 3.2. Índice de calidad (ICA)

Para la determinación de la calidad del agua es importante destacar una evaluación de su naturaleza como es: química, física y biológica de acuerdo al uso y los efectos humanos ocasionados en el cuerpo de agua.

Así mismo, el ICA manifiesta el grado de contaminación presente en el agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje de agua pura; así que el agua altamente contaminada tendrá un ICA igual o cercano a 0%, mientras que, el agua en excelentes condiciones el valor será cercano a 100% (León, 2022).

Por consiguiente, el ICA da como resultado una cifra única que establece la calidad del recurso hídrico por medio de la integración de cálculos de los parámetros necesarios para la valoración de calidad del agua. En el año 2007, Sánchez manifiesta para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/L)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L).

### 3.3 Eutrofización de Lagunas

Uno de los aspectos que ha provocado el cambio del medio natural es eutrofización lacustre, contaminante que afecta directamente a la continua degradación de los ecosistemas acuáticos.

La eutrofización es un proceso de degradación ambiental debido a la influencia humana y factores naturales. Esto incluye mayores concentraciones de nutrientes en el lago, lo que lleva al crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas en el agua (Posada, 2011).

Los síntomas de la eutrofización es el color verde grisáceo, lo que produce mal olor, reduce la concentración de oxígeno disuelto, aumenta la descomposición de la materia orgánica y aumenta la sedimentación y turbidez del agua. La descomposición de la maleza despoja al agua de oxígeno disuelto, lo que dificulta la vida acuática. La calidad del agua se pierde, lo que dificulta la recreación, el turismo y el uso doméstico Cabe destacar, que los cultivos agrícolas y los cultivos industriales que contienen un alto porcentaje de nitrógeno y fósforo son las principales razones para la fortificación con nutrientes (Moreta- Pozo, 2008).

Por consiguiente, la eutrofización es un aporte de nutrientes como es nitrógeno en tabla 1 se establece los rangos de nitrógeno total de acuerdo al estado de degradación del cuerpo de agua.

TABLA1.

Rangos de nitrógeno total en el proceso de eutrofización de una laguna.

<b>Proceso de eutrofización</b>	<b>Rango de nitrógeno total (mg L<sup>-1</sup>)</b>
Lagos oligotróficos	0.02 – 0.2
Lagos mesotróficos	0.1 – 0.7
Lagos eutróficos	0.5 – 1.33

*Nota.* En la tabla se examinan los rangos de nitrógeno total que posee un cuerpo de agua que está en desarrollo de eutrofización de un lago o laguna. Adaptado de Rangos de nitrógeno total en cuerpos de agua que se encuentra en proceso de eutrofización, de (Avalos *et al.*, 2015).

También, cuando el P (fósforo) entra a lagos, ríos o riachuelos, el crecimiento de algas y otros microorganismos acuáticos se estimula. La descomposición de algas consume el oxígeno disuelto y cuando el oxígeno disuelto es escaso o se agota, los organismos aeróbicos del ecosistema se ven afectados y comienzan a morir (Vázquez *et al.*, 2022)

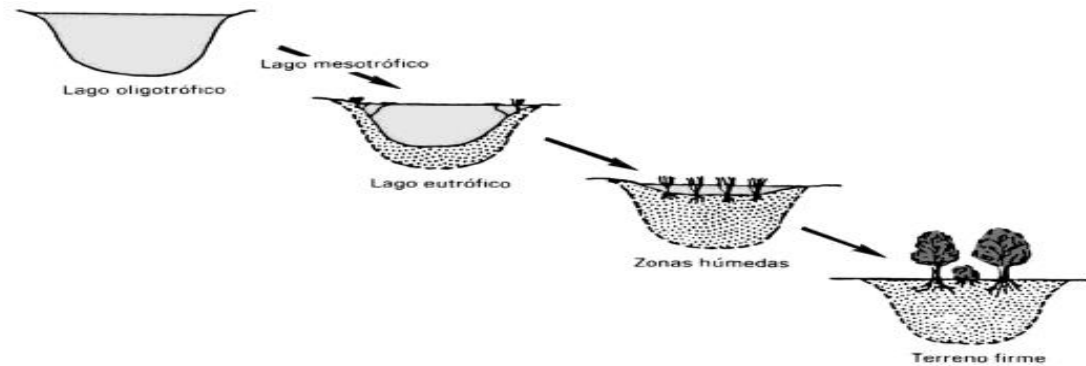
Cabe recalcar, que existe un proceso de cambio de estado oligotrófico a niveles superiores como es la eutrofización, debido a la adición de nutrientes esta transformación puede ser de manera natural por envejecimiento del cuerpo de agua o antropogénicas. Como se sabe, la actividad que más acelera la causa de eutrofización es la agricultura (Ramalho, 2012).

### **3.4 Proceso de eutrofización**

El proceso de eutrofización del lago o laguna como se detalla en la figura 1, es de forma natural o por causa de la mano humana; las cuales pueden producir la pérdida de este cuerpo de agua y convertirse en un terreno firme, de tal manera se perdería la riqueza de flora y fauna de la zona.

FIGURA 1.

Proceso de eutrofización de una laguna.



*Nota.* En la figura se observa la causa de eutrofización de manera natural o antropogénica en un lago o laguna. Adaptada del proceso de envejecimiento en la evolución ecológica, de Ramalho, 2012.

- **Proceso oligotrófico**

Proceso donde no está muy presente la carga de nutrientes de las plantas y productividad biológica pequeña; y también es nombrada como etapa joven, este período el lago se lo conoce como oligotrófico de cual proviene de la palabra griega (*oligo* – poco y *trófico* – nutrientes y significa “pocos nutrientes”). De tal manera, este cuerpo de agua no posee una alta producción de algas, aguas sumamente claras y pueden ser utilizadas para agua potable. También, el oxígeno es muy elevado en estas zonas y por consecuencias son ricas en especies de peces como trucha, ya que estos animales necesitan de aguas que estén oxigenadas y muy frías (Martínez y Palacios, 2015).

- **Proceso Mesotrófico**

En esta etapa es un cuerpo de agua con productividad media que proviene de la palabra griega (*meso* – intermedia y *trófico* - nutrientes); siendo así, que es mayor al lago oligotrófico y menor al lago eutrófico. Estas aguas poseen aguas claras y plantas acuáticas sumergidas y los niveles de nutrientes son medios. Igualmente, cuando los cuerpos de agua cuentan con una conductividad adecuada, biomasa y riqueza de especies zooplanctónicas moderadas; también puede existir lagos que poseen altas concentraciones de nutrientes, clorofila y alta biomasa y

riqueza de especies zooplanctónicas y ser consideradas mesotrófico debido a que no existe un alto nivel de contaminación y el agua conserva las condiciones adecuadas para la vida acuática. (Vázquez *et al.*, 2022).

- **Proceso Eutrófico**

El término eutrofización proviene de la palabra griega que significa (*eu* – bien y *trófico* – nutrido) que significa bien nutrido, siendo así un cuerpo de agua contaminado. Al mismo modo, cuando la laguna posee entradas y salidas de agua restringida existe un aporte de nutrientes inorgánicos e igualmente nitrógeno y fósforo. También, se desarrolla un crecimiento excesivo de nutrientes la cual produce una proliferación de algas de fitoplactónicas y este fenómeno se puede dar por las actividades humanas. Además, el crecimiento de diatomeas y *clorofíceasi* impiden que se realice la fotosíntesis y el paso de la luz solar, imposibilitando el desarrollo de la vida acuática; y el agua entre a un estado de turbiedad y oscuridad (Rodríguez, 2002) .

- **Zona húmeda y terreno firme**

Para el proceso de envejecimiento la sedimentación es el principal proceso para que un lago o laguna desaparezcan. Las plantas acuáticas y la vegetación existente en las orillas retienen los nutrientes para su crecimiento y de tal manera retiene los sedimentos. Conforme las plantas acuáticas se desarrollan y los sedimentos se van acumulando en el fondo, se considera que la invasión de vegetación de las orillas puede llegar a que el lago se convierta en zona húmeda y posteriormente en tierra firme (Ramalho, 2012).

### **3.5 Factores causantes de la eutrofización**

Las principales causas de eutrofización son de tipo natural y antrópico las cuales afectan la calidad de las aguas.

- **Naturales**

Los factores naturales causantes de eutrofización es la precipitación en grandes cantidades ya que, esto arrastra fertilizantes y agroquímicos que se aplica en el suelo, también la materia orgánica descompuesta en la profundidad impide que se realice la fotosíntesis de las algas de la superficie; asimismo los florecimientos de las plantas acuáticas al morir se descomponen y agotan el oxígeno, de tal manera producen la muerte de las especies acuáticas. Los sedimentos o materia suspendida enturbian el agua y también se desarrollan bolsones anóxicos en el fondo del cuerpo de agua (Vázquez *et al.*, 2022).

- **Antropogénicas**

La eutrofización también se da factores antropogénicos que son producidos por la mano del hombre como es las aguas residuales domésticas, que contienen gran cantidad de materia orgánica y detergentes que se descargan directamente en los cuerpos de agua. También, las entradas de fertilizantes, principalmente en base a N (nitrógeno) y P (fósforo), provenientes de la agricultura y que pasan a los lagos a través de escorrentías superficiales o filtraciones subterráneas (Posada, 2011).

### **3.6 Estudios realizados en la laguna de Yahuarcocha**

En la laguna de Yahuarcocha durante los últimos veinte años se ha venido realizando estudios por parte de las autoridades pertinentes como es: Ministerio del ambiente, Gobierno Autónomo de Centralizado de Imbabura y organización que preservan los ecosistemas. Por otra parte, este cuerpo de agua es conocido como Lago Alto Andino, debido a que se localiza en el sector norte de los Andes del Ecuador, en la provincia de Imbabura, a 3 kilómetros noroestes del cantón Ibarra, igualmente corresponde a las parroquias urbanas como es: El Sagrario y La Dolorosa de Priorato (Maridueña *et al.*, 2011).

De la misma forma, investigaciones realizadas a la laguna de Yahuarcocha, determinan que el cuerpo de agua es de tipo glacial y se encuentra en un valle, siendo rodeada por los volcanes Imbabura y Cotacachi y de acuerdo a las curvas isométricas se sitúa a 2200 hasta los 2640 msnm, su profundidad máxima es de 8m y el perímetro de 7 970m. Esta zona posee una temperatura

promedio de 16°C, sus precipitaciones son de 500 a 750 mm y el clima es mesotérmico semi-húmedo (Pabón García, 2015). Así mismo, la laguna se ve afectada por sucesos de temporadas secas y húmedas, también por los sedimentos de aproximadamente 1.5 mm cada año. En los últimos 4 000 años el cuerpo de agua recibe en las orillas por parte de la erosión de las pendientes cercanas y finalmente posee 2.5 millones de m<sup>3</sup> de lodo húmedo (Echeverría Almeida y Athens, 2017). De igual manera, la laguna se alimenta por la Cuenca del río Mira y la microcuenca del río Tahuando. Además, este cuerpo de agua se caracteriza por poseer relieves altos y bajos; cabe señalar que en la parte superior altitudinal se encuentra el bosque muy húmedo, por lo que posee una topografía irregular y un prototipo de relieve escarpado; mientras tanto en la zona baja existe una vegetación de bosque seco (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, 2014).

- **Estado de calidad de cuerpos de agua que ingresan a la laguna de Yahuarcocha.**

Presencia de cuerpos de agua que alimentan la laguna de Yahuarcocha como son la canales o acequias que provienen del río Tahuando y su caudal depende de las estaciones meteorológicas; asimismo, las vertientes de las quebradas Polo Golo y Manzano Huayco son afluentes que ingresan al cuerpo de agua. En vista de que no existió canales permanentes que conserven su volumen de agua y sedimentación producen una pérdida de líquido de 24 cm por año (Salazar, 2015).

Fundamentalmente, en el año 2011 según Espinosa Manosalvas establece que las principales fuentes de contaminación de la laguna de Yahuarcocha se deben a las actividades turísticas y acciones antrópicas, descarga de desechos orgánicos, desechos sólidos, descarga de aguas servidas, ganadería y uso de fertilizantes en la agricultura.

Por otra parte, presenta los siguientes sitios de muestreo: Sitio A (orillas de la laguna), Sitio B (canal del río Tahuando), Sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo) y D (Canal Sin Nombre). Manifestando que, la laguna de Yahuarcocha utilizando el Índice BMWP Biological Monitoring Working Party modificad, en las orillas de la laguna presentó una fuerte contaminación, concluyendo que la calidad de agua es “Muy Crítica” y en los afluentes que alimentan a la laguna: quebrada Manzano Huayco – Santo

Domingo y canal del río Tahuando dio como resultado un agua muy contaminada con una calidad de agua “Crítica” (Espinosa Manosalvas, 2011).

Cabe destacar que en un estudio realizado por Reascos, Yépez y Paredes de los cuerpos de agua que ingresan a la Laguna de Yahuarcocha en el año 2019, se identificó cinco entradas las cuales son: Canal de río Tahuando, quebrada Polo Golo, quebrada Manzano Huayco, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y Rancho Totoral, finalmente se estudiado los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos.

Las cinco vertientes principales del sistema lacustre de Yahuarcocha, de las cuales tres no se encuentran dentro de norma (preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, que el límite mínimo permisible de Oxígeno Disuelto no debe ser menor al 60% y no menor a 6 mg/l para cuerpos de agua dulce) y que están muy alejados de este límite, como son la Quebrada Polo Golo, Quebrada Manzano Huayco y la Planta de Tratamiento. Estos efluentes que receptan el mayor porcentaje de aguas residuales del pueblo denominado San Miguel de Yahuarcocha, así como de la mayoría de los establecimientos que se dedican a la gastronomía y que se concentran en el sector sur este zona del pueblo, mientras que los dos restantes efluentes se encuentran parcialmente dentro de la normativa ambiental, como son: el Canal de agua del río Tahuando y el Rancho el Totoral, los cuales receptan el agua residual de establecimientos aislados que se dedican a la gastronomía y hospedaje (Reascos *et al.*, 2019, pag. 11).

Por ende, la actividad turística contamina al cuerpo de agua, debido a que es un atractivo para el sector norte del Ecuador y en el año 2019 un estudio realizado por Reascos, Yépez y Paredes se evaluó que el caudal que ingresan a la laguna de Yahuarcocha es un 89% de esta actividad y su volumen promedio es de 59 598 000 L/mes. Los visitantes en promedio fueron de 40 832, manifestando los autores que son los responsables de producir 10 888 342,6 mg mensuales de nitratos; mientras que en los fosfatos 32 850 735,6 mg periódicamente.

También, los habitantes del pueblo de San Miguel de Yahuarcocha son los responsables del 11% del agua que ingresa al sistema lacustre, de tal manera el volumen promedio mensual es de

7 200 000 L/ mes y es una población aproximada de 2 000 habitantes. Cada oriundo contamina con 657,7 mg de nitratos y 1 984, 3 mg de fosfatos en un mes.

Finalmente, de acuerdo Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, y específicamente lo establecido en la Tabla de los Límites máximos permisibles de calidad del agua para conservación de flora y fauna acuática, dos efluentes cumplen parcialmente con la normativa, como son el Canal del Río Tahuando y el Rancho el Totoral, mientras que los otros tres no cumplen con lo establecido en la legislación, como son el Quebrada Manzano Huayco, Quebrada Polo Golo y la Planta de Tratamiento, siendo estas últimas las que recogen las aguas de descarga residual de las actividades antrópicas, especialmente de las actividades turísticas dedicadas a gastronomía, hospedaje y diversión nocturna, actividades responsables del mayor aporte de nutrientes que provocan la eutrofización del lago (Rosales *et al.*, 2015,pag. 33).

- **Estado ecológico de la laguna de Yahuarcocha.**

Para indicar el grado de dureza de las aguas el calcio (Ca) y magnesio (Mg) son los minerales que más aportan en productividad primaria de los ecosistemas. El Ca es importante para la formación de huevos y estructuras óseas en los organismos acuáticos. El Mg constituye el núcleo de la molécula de clorofila. En la Laguna de Yahuarcocha registra valores representativos de Ca y Mg, lo cual crea condiciones óptimas para el desarrollo de ciertas especies de peces comestibles como el Bass (*Morone saxatilis*), la Carpa (*Cyprinus carpio*), la Tilapia (*Tilapia mozambique*) y otros peces ornamentales como los Guppis (*Lebistes reticulatus*) y los Espadas (*Xiphophorus helleri*) (Jácome, 2014).

Fundamentalmente la alcalinidad es la cantidad de iones de bicarbonato y carbonato presentes en el agua, los cuales permiten que los procesos biológicos de respiración y fotosíntesis se lleven a cabo. Por ejemplo, en la laguna de Yahuarcocha su alcalinidad en el año 2014 realizada por Jácome es de (926 mg/l) y un (pH 8) demostrando que el carbono disuelto en el agua se encuentra disponible en forma de carbonatos, lo cual no es aprovechable en su totalidad por las plantas, y por lo tanto se transforma en elemento contaminante para el ecosistema. Inclusive la

conductividad es mucho más alta por la acumulación de materiales de desecho arrastrados por los afluentes que lo alimentan.

- **Eutrofización laguna de Yahuarcocha**

Yahuarcocha está considerada como laguna eutrófica, con un alto riesgo de desequilibrio, dada su poca profundidad y elevado volumen de sedimentos sueltos y sólidos (Echeverría Almeida y Athens, 2017). Así mismo, en un estudio realizado en base a la eutrofización de la laguna de Yahuarcocha los resultados indican que según el índice de Carlson en el año 2014 la Microcuenca se encontraba en un nivel meso oligotrófico, pero a partir del año 2015 hasta el 2018 se comienza a percibir un aumento de valor en el índice ingresando a rangos eutrófico e hipereutrófico respectivamente, muy posible por razones antropogénicas (Orbe Ortiz & Villota Andrade, 2010).

Se puede señalar que en la laguna de Yahuarcocha se puede evidenciar que tras realizar los cálculos y la proyección de los datos del índice de Eutrofización de Carlson que se ha encontrado en niveles Mesotrófico, Eutrófico e Hipereutrófico conforme avanzan los años teniendo una tendencia constante de aumento en este valor lo que genera una evidente degradación ambiental de la Microcuenca de Yahuarcocha, lo que entra en un estado de alarma ambiental debido a sus elevados índices eutrófico posiblemente por la gran cantidad en las actividades antropogénicas (Tobar Hidalgo, 2021, pag. 14). De tal manera, se puede afirmar que la contaminación es debido a actividades realizadas por el hombre como es: descargas de aguas residuales, mal manejo de residuos sólidos, actividades de ganadería, comercio y el turismo. Debido a la presencia de actividad antropogénica ha ido eutrofizando dicha laguna hasta llegar a niveles hipereutroficos en donde ya son ineludibles la remediación del cuerpo de agua.

- **Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha**

En febrero de 2003 en la Laguna de Yahuarcocha, se registró la muerte masiva de peces, estimándose que morían aproximadamente 500 peces/m<sup>2</sup> por causas de altos valores de materia orgánica y poca disponibilidad de oxígeno.

En un estudio se determinó que las especies con mayor número de organismos muertos fueron los peces espada o xifo (*X. helleri*), la carpa dorada (*C. auratus*) y el guppy (*P. reticulata*); en cambio la tilapia (*O. niloticus*) fue la especie que registró menos mortandad. Se puede señalar, que la especie (*X. helleri*) los procesos de bacteremia y enteritis asociado a la proliferación de bacterias en órganos y tejidos y el desarrollo de epibiontes asociados a la calidad de agua pueden ser las causas que originaron la mortalidad de esta especie. Inclusive, para la especie *Carassius sp.* Los procesos de bacteremia y enteritis avanzada asociado a la proliferación de bacterias y desarrollo de parasitosis por microsporidios pudieron ser causas de la muerte masiva de esta especie. De la misma forma los análisis microbiológicos registraron la presencia de bacterias patógenas como *Aeromonas sobria* y *Aeromonas hydrophila*, organismos que habrían ocasionado la mortandad de peces en la laguna, coincidiendo con los análisis histopatológicos realizados en organismos adultos. A nivel de larvas y juveniles de peces no se observó afectación que indique alteraciones patológicas. Cabe destacar, que la convergencia de varios factores estaría originando la mortandad de la carpa dorada, éstos son: la presencia abundante del protozooario *Ceratomyxa sp.*, en las muestras de peces analizadas, altos valores de materia orgánica y la poca disponibilidad de oxígeno en la columna de agua, sin dejar de considerar la posible liberación de neurotoxina por la cianofita *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Maridueña *et al.*, 2011, pag 113)

Debido a que la laguna de Yaguarcocha ha seguido degenerandose, se evidencio que en el año 2016 apareció decenas de peces muertos en las orillas de la laguna de Yahuarcocha, La inspección realizada por las entidades correspondientes llegando a la conclusión que 300 peces muertos que estaban localizados en el lado norte de la laguna, de la cual el 95 % son de la especie carpa (*Cyprinus Carpio*) y el 5% son tilapia y finalmente el personal que se encontraba en la zona señala que los peces se encontraban mórbidos (Sarango, 2016).

- **Concentraciones de plomo y cromo en poblaciones de *Typha latifolia* en la laguna de Yahuarcocha**

La investigación es sobre la concentración de cromo y plomo en poblaciones de *Typha latifolia* existente en el suelo, agua y sedimentos presentes en la laguna de Yahuarcocha. De tal manera, el estudio da a conocer los puntos de toma de muestra: Punto 1 (Planta de tratamiento), punto 2 (pista pequeña de Yahuarcocha, punto 3 (cerca de la estación de bomberos), punto 4 (junto al kayak) y punto 5 (salida de Yahuarcocha) (Benavides Valenzuela y Méndez Perugachi, 2020).

Por otra parte, el análisis realizado del suelo por los mismos autores da como resultado que la planta de tratamiento existe mayor concentración de cromo con un valor de (12,09 ppm), mientras que se encontró mayor concentración de plomo en el punto de la salida de Yahuarcocha con un valor de (112,21 ppm), estos datos fueron evaluados en época seca y lluviosa.

Cabe considerar, que también se realizó los análisis de sedimentos en el año 2020 por Benavides Valenzuela y Méndez Perugachi, manifestando que en época seca el valor de cromo (29,30 ppm) en el punto 4, de igual forma el valor de plomo (133,09 ppm) ubicado en el punto 5 (salida de Yahuarcocha). Igualmente, en la época lluviosa donde existe mayor concentración de plomo (93,18 ppm) es en el punto 5.

También, el análisis realizado en agua refleja que en época seca las concentraciones de cromo en el punto 1 (planta de tratamiento) son de (0,0014 ppm) y de plomo (0,0019) en el punto de muestreo 2 (cercano a la pista pequeña). Es importante recalcar que los niveles de plomo encontrados en la laguna de Yahuarcocha se deben a la existencia de la pista automovilística que está alrededor del cuerpo de agua (Benavides Valenzuela & Méndez Perugachi, 2020).

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

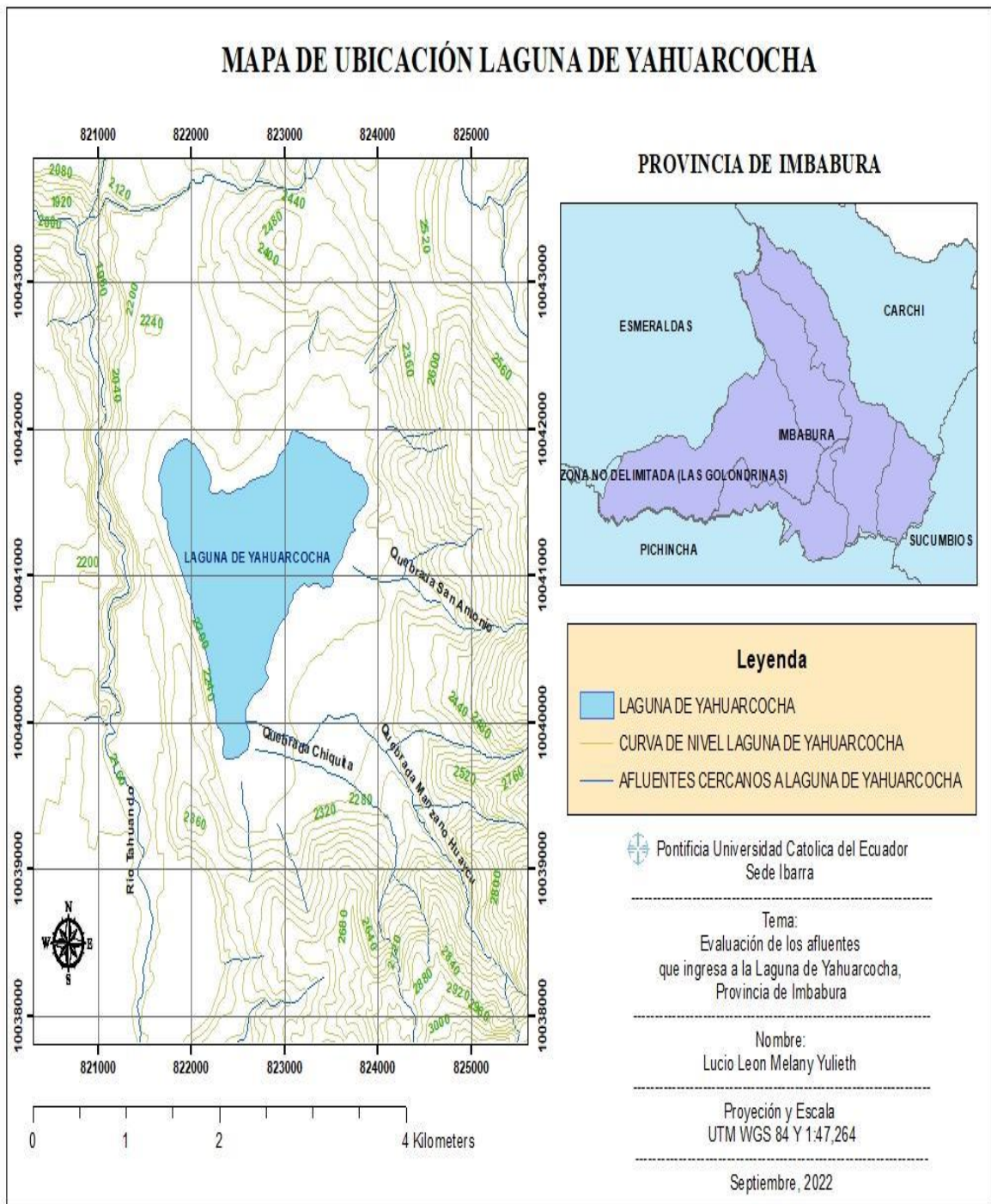
La presente investigación se ejecutó en las riveras de la laguna de Yahuarcocha ubicada a 3km del sector centro de la ciudad de Ibarra, parte norte de los Andes del Ecuador. Se caracteriza por pertenecer a la Cuenca del río Mira y a la microcuenca del río Tahuando y también, por ser Pleistoceno que es producto de glaciación. Por otra parte, está situado a 3 750 a 2 200 m.s.n.m y con una temperatura aproximada de 5 a 25 °C, este cuerpo de agua cuenta con un área de 240.5 has y una profundidad de 7m.

Para el desarrollo adecuado de la investigación se utilizó los métodos siguientes: El deductivo el mismo que permitió desde las generalidades del problema obtener conclusiones lógicas, mientras que el inductivo a partir de un razonamiento ascendente permite la reflexión acerca del estado actual del cuerpo de agua de Yahuarcocha. La investigación fue de tipo experimental descriptivo, donde se analizaron los siguientes parámetros físico: conductividad, turbidez, temperatura y sólidos totales. Químicos: Nitritos ( $\text{NO}_2$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Amonio ( $\text{NH}_4$ ), Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), DQO,  $\text{DBO}_5$ , oxígeno disuelto y grasas y aceites. Y microbiológico: coliformes totales.

Se realizaron tres salidas de campo en los meses: Mayo, Julio y septiembre. Las horas de muestreo de la primera salida de campo fue en hora de la mañana 9:00 am, posteriormente la siguiente fue en horas de la tarde 14:00 pm y finalmente, en las horas de la mañana 9:00 am. Además, todas las muestras de agua fueron recolectadas de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98 y fueron transportadas hasta laboratorios de Microbiología y de Química, suelos y aguas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ibarra.

FIGURA 2.

Mapa de ubicación del área de estudio



## 4.1 Materiales, reactivos y equipos

### Materiales

- Crisoles
- Vasos de precipitación
- Desecador de vidrio con silica gel
- Vasos para análisis de grasas
- Pipetas
- Soporte universal con aro de hierro
- Balón de decantación
- Frasco de color ámbar

### Equipos

- Oxígeno Disuelto modelo OM-71, marca LAQUAact
- Molinete modelo JDC Electronics, marca Flowatch
- Turbidímetro modelo 2020e code 1979-MN 2-09, marca La Motte.
- Medidor de potenciómetro de hidrogeno (pH) modelo F-71, marca Horiba LAQUA.
- Conductímetro digital portable modelo HI8424N, marca Hanna Instruments.
- Estufa Universal modelo UN 30, marca UN30
- Balanza analítica modelo PW254, marca ADAM®.
- Horno Mufla modelo F47954, marca Thermo Scientific

- Oxitops Sensor System modelo 10 230V, marca VELP Scientifica
- Mini Termo Anemometro modelo 4515, marca EXTECH
- Colorímetro UV- visible, modelo COD3, marca LaMotte.

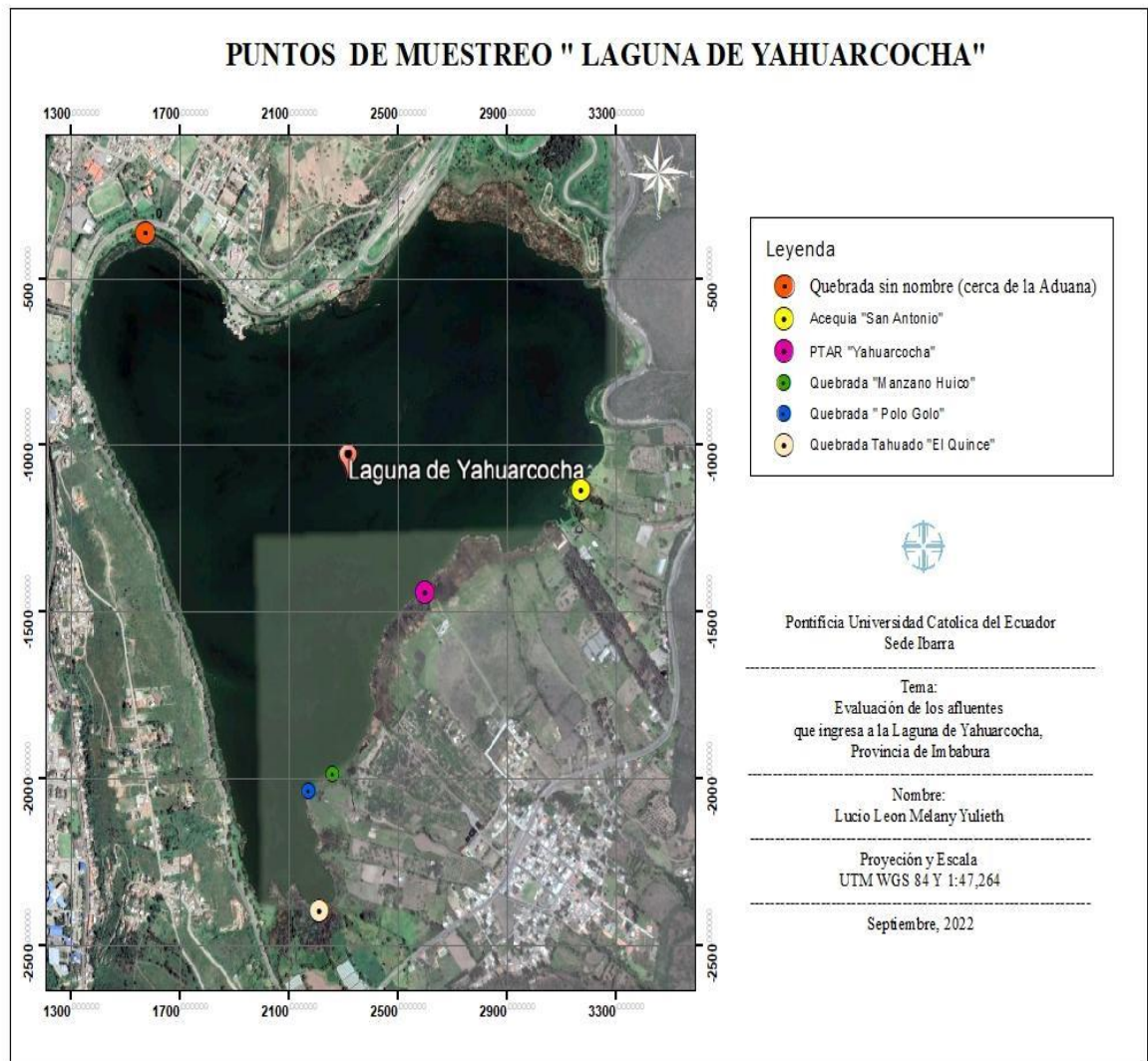
### **Reactivos**

- Kit para determinación de nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub>)
- Hidróxido de sodio
- Dicromato de sodio
- Sales nutritivas para DBO
- Éter de petróleo
- Placas Petrifilm, marca 3M

## 4.2 Área de Estudio

FIGURA 3.

Mapa de los puntos de muestreo.



Los puntos de muestreo se presentan en la figura 3: afluente cercano a la Aduana – sin nombre (punto 1), acequia San Antonio (punto 2), quebrada Manzano Huayco (punto 3), salida de agua PTAR (punto 4), quebrada Polo Golo (punto 5) y la quebrada El Quince – Rio Tahuando (Punto 6). En la tabla 2, se presentan las coordenadas de ubicación de cada punto de muestreo.

TABLA2.

Sitios de toma de muestra de los afluentes y vertidos que ingresan a la laguna de Yahuarcocha.

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Coordenada x</b>	<b>Coordenada y</b>	<b>Definición</b>
<b>Sin nombre (está cerca de la Aduana)</b>	821937	10041916	Descarga
<b>Acequia "San Antonio"</b>	823798	10041031	Estacional
<b>Quebrada "Manzana Huayco"</b>	822766	10040081	Permanente afluente
<b>PTAR</b>	823117	10040622	Descarga
<b>Quebrada " Polo Golo"</b>	822752	10039818	Estacional
<b>Quebrada Tahuando "El Quince"</b>	822623	10039303	Permanente afluente

### **4.3 Procedimiento de recolección de muestra**

Las salidas de campo se realizaron en las horas de la mañana, aproximadamente a las 9:00 am. Para la recolección de muestras fue necesario una ficha para registrar los datos obtenidos en cada punto de muestreo (ver anexo 1) lo cual se anotó la hora de recolección, la fecha, los datos de campo como: oxígeno disuelto, coordenadas de los puntos, temperatura del ambiente y del agua, así como también la humedad relativa.

Las muestras fueron tomadas con la siguiente norma (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998), INEN 2 169:98.

- Primeramente, se utilizó frascos de color ámbar para evitar actividades fotosensitivas, ya que considerablemente se puede existir alteración en los resultados.
- Posteriormente se verificó que el cooler esté a una temperatura de 2 - 5 °C.
- A continuación, se procedió a homogenizar el frasco, e inmediatamente se tomó la muestra y se aforó a 1000 ml.
- Luego se verificó si los frascos estaban cerrados correctamente para evitar la contaminación cruzada.
- Las muestras de agua se las mantuvo en el cooler con geles congelados, para propiciar condiciones adecuadas de temperatura y así evitar alteraciones en los resultados.

### **4.4 Análisis de muestra parámetros físicos, químicos y microbiológicos.**

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, se detallan a continuación

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Para la medición del pH se utilizó el equipo LAQUA pH METER F-71 (método 9615S-10D ToupH) (Vázquez et al., 2022).

**Procedimiento**

Primeramente, se lavó el electrodo con agua destilada, posteriormente se colocó en un vaso de precipitación 60 ml de muestra de agua y finalmente se sumerge el electrodo en la muestra y se procedió a tomar el resultado (Vázquez *et al.*, 2022).

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, se utilizó el equipo Hanna Instruments HI 8733 Medidor de conductividad portátil digital, con el (método HI-8733) (Martínez y Palacios, 2015).

**Procedimiento**

Para la realización de la conductividad eléctrica se añadió 60 ml de muestra en un vaso de precipitación, inmediatamente se limpió el electrodo con agua destilada con ayuda de una piseta, a continuación, se procedió a colocar el electrodo en la muestra de agua, se esperó hasta que se estabilice el dato y se anotó el valor que viene en  $\mu\text{S}$  (microsiemens) expuesto en la pantalla (Chacón Chaquea, 2017).

- **Sólidos totales**

En los sólidos totales se procedió a determinar mediante el (método SM 2540 B) (Naselli-Flores, 2007)

**Procedimiento**

Una vez finalizada la tarada de los crisoles se coló 20ml de la muestra de agua y se lleva a la mufla a  $105^{\circ}\text{C}$  durante una hora; terminando el tiempo se dejó reposar  $1 \geq$  hora la muestra en la desecadora de sílica gel activado. Finalmente se procedió a pesar y se anotar el peso (Baño, 2020).

Tener en cuenta que todos los pesos deben ser realizados en la misma balanza analítica y el manejo de los crisoles se debe utilizar pinzas metálicas, ya que no se debe manipular con las manos.

La siguiente ecuación fue necesaria para la determinación de sólidos totales.

$$\text{Peso de crisol con muestra} - \text{Peso de crisol vacío} = \text{Peso de S.T en g}$$

$$\text{Peso de S.T en g} \times \frac{1000}{\text{mlmuestra}} = \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot T$$

- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Durante la determinación del DBO<sub>5</sub> fue importante el (método E-008 APHA-AWWA-CNR-IRSA) (Censos, 2015)

### **Procedimiento**

En un frasco de color ámbar se añadió 43 ml de la muestra de agua, agregar 1 ml de cada sale nutritiva A, B, C y D y se colocó el imán. Una vez incluidos todos los elementos ubicamos en la boca el vial con hidróxido de sodio procurando dejar un espacio con el fin de que no se caiga el reactivo. Posteriormente, se procedió a cerrar con el oxitop de DBO<sub>5</sub> procurando cerrar muy bien para que no se escape el oxígeno. Finalmente, se ubicó el frasco en la incubadora a 20°C, asegurándose que el agitador esté conectado y la luz no quede encendida para evitar errores en los resultados.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En el DQO se ejecutó mediante el (método CODE 0077-SC) (Pérez-Castillo & Rodríguez, 2008).

### **Procedimiento**

Previamente, homogeneizar el vaso de precipitación y la probeta. Consecutivamente se tomó 5 ml de la muestra de agua con ayuda de la probeta y pera; y se añadió en el tubo de dicromato de potasio. Posteriormente, se llevó la solución al calentador de tubos de ensayo por dos horas y media a 150°C, se dejó reposar hasta que se enfríen los tubos de ensayo. Después, del tiempo de enfriamiento se procedió a los respectivos análisis del resultado en el colorímetro e ingresando el código (Chacón Chaquea, 2017).

Considerar que al momento de realizar el análisis del resultado en el colorímetro; el cuarto donde se ejecutó la práctica de DQO tiene que estar con la luz apagada para que no exista alteración en los datos.

- **Turbiedad**

Para la turbiedad en una muestra de agua se ejecutó mediante el (método CODE 1979-MN 2-09) (Benavides Valenzuela y Méndez Perugachi, 2020)

### **Procedimiento**

Primeramente, se llenó de muestra de agua hasta la línea blanca de 10 ml, se limpió el exceso de agua y las huellas dactilares para evitar errores en la lectura de resultado. Finalmente, Insertar la celda blanca en el turbidímetro y posteriormente la celda con la muestra de agua y se registró los resultados en NTU, las mediciones de turbidez deben tomarse tan pronto como sea posible (Quintana-Sotomayor *et al.*, 2012).

- **Nitritos**

Durante la determinación de nitritos fue importante acoplarse al (método CODE 3650-SC) (Pabón García, 2015)

### **Procedimiento**

Primeramente, se agregó 5ml de la muestra de agua en la celda vidrio de 10ml. Posteriormente, se midió 5ml de reactivo ácido mixto en la probeta e incorporamos a la muestra de agua; se agita

el recipiente durante 2 min y se añadió una cucharada aproximadamente de 0,1 g de reactivo sólido se agitó hasta disolver las partículas y se espera durante 5 min. Finalmente, transcurrido el tiempo de espera se observó como las muestras de agua que contengan en gran cantidad nitritos cambiaran de color y se procedió al colorímetro para la toma de resultado que estuvo en mg/L (Cabrera Molina *et al.*, 2016).

- **Nitratos.**

Se determinaron los nitratos con el (método CODE 3649-SC) (Espinosa Manosalvas, 2011), a continuación, se describen los pasos a seguir.

### **Procedimiento**

Se colocó la muestra 5ml en la celda de vidrio; luego se proporcionó 5ml de reactivo líquido y 0,1 g de reactivo sólido o una cuchara que viene implementada en el kit. Se agito específicamente 64 veces y se dejó reposar durante 10 minutos. Como último paso, se procedió a la respectiva lectura en el colorímetro obteniendo el resultado que estuvo en mg/L (Cabrera Molina *et al.*, 2016).

- **Fosfatos**

En una muestra de agua se determinó el análisis de fosfatos con el (método CODE 3653 – SC) (Benavides Valenzuela y Méndez Perugachi, 2020)

### **Procedimiento**

Se utilizó una pipeta de 1,0 ml para añadir 1,0 ml del reactivo líquido y 0,1 g del reactivo sólido, se agitó hasta que el polvo se disuelva y se esperó 5 minutos. Finalmente, transcurrido el tiempo se procedió a leer los datos en el colorímetro LaMotte que su resultado fue mg/L (Narros, 2019).

- **Amonio**

Durante la realización del parámetro de amonio fue importante seguir los pasos estipulados en el (método CODE 3642-SC) (Rodríguez, 2002).

### Procedimiento

Incorporar 10 ml de la muestra en las celdas de vidrio y añada 0,5 ml mester, agite vigorosamente durante unos segundos. Finalmente, realice la lectura en el colorímetro y los resultados fueron en mg/L (Muñoz, 2020).

- **Aceites y grasas**

En la determinación de aceite y grasas se utilizó el método de extracción por solventes, (análogo APHA 5520 – B) (Torres et al., 2010).

### Procedimiento

Se realizó el tarado de los vasos de grasas en la estufa 105 °C se dejó enfriar en el desecador de sílica gel durante 15 minutos y se procedió a registrar su peso. Luego, se procedió a instalar en un soporte universal, un aro de hierro y un balón de decantación con 100 ml de la muestra y 10 ml de éter de petróleo. Posteriormente, se tapó y agitó 60 veces con cuidado; se dejó reposar durante 18 horas. Después de este tiempo se observó claramente las capas separadas de grasas - agua y el agua restante se retiró. Últimamente, se añadió la grasa en vasos tarados de boca ancha y se dejó reposar para que el éter evaporarse durante 3 horas y se procedió a pesar (Chacón Chaquea, 2017).

Para los resultados es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Peso de baso con muestra} - \text{Peso de baso tarado vacio} = \text{Peso de grasas y aceites en } \frac{g}{ml}$$

$$\text{Peso de grasas y aceites en } g \times \frac{1000}{ml_{muestra}} = \frac{mg}{l} S.T$$

- **Coliformes fecales**

En la determinación de coliformes fecales totales se siguió los pasos estipulados en el (método 6404/6414/6444) (Torres et al., 2010).

**Procedimiento**

Se procedió a limpiar y esterilizar la zona de trabajo con la ayuda del mechero de alcohol para evitar que se contamine el lugar de trabajo. Posteriormente, con ayuda de una pipeta se esparció en el círculo rojo 1 ml de la muestra y por último se envió a la estufa por 24 horas, después de este tiempo se realizó el conteo de coliformes totales (Torres *et al.*, 2010).

- **Oxígeno disuelto.**

En el oxígeno disuelto se realizó in-situ con el (método DO-220) (Chacón Chaquea, 2017).

**Procedimiento**

Principalmente, se utilizó un recipiente de 1,0 litro que sea de características ancho y profundo para la respectiva medición de oxígeno disuelto. Posteriormente, se sumergió el electrodo en el recipiente de 1 litro y finalmente se anotó los resultados correspondientes y necesarios (García-Gil y Camacho, 2001).

- **Temperatura y humedad**

Con ayuda del anemómetro se procedió a medir la temperatura y humedad mediante el (método Extrech Instruments 45158) (León, 2022).

**Procedimiento**

Para la medición del parámetro de temperatura y humedad; es necesario que la persona esté ubicada en un lugar despejado para proceder a prender el equipo, elevarlo lo más alto posible, esperando hasta que el dato se estabilice y se anotó el resultado (Muñoz, 2020).

#### 4.5 Índice ICA

La ecuación del ICA genera un valor de 0 y 100, dónde esto califica la calidad del agua a partir de la cual en función del uso del agua permite estimar los niveles de contaminación que tiene la misma. De los datos obtenidos en laboratorio se utiliza la tabla 3 para obtener el valor ICA en el punto de muestreo deseado (Torres *et al.*, 2010). También, es importante recalcar que en la tabla 3 se expone el **Sub<sub>i</sub>** y **W<sub>i</sub>**

- **Sub<sub>i</sub>**: Pesos relativos asignados a cada parámetro estipulados por Brown en 1970
- **W<sub>i</sub>**: Ponderación entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno

TABLA3.

Tabla para el cálculo de ICA

	<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>i</sub></b>	<b>Total</b> <b>(Sub<sub>i</sub> * W<sub>i</sub>)</b>
1	Coliformes Fecales	NMP/100mL		0.15	
2	pH	Unidades de pH		0.12	
3	DBO <sub>5</sub>	mg/L		0.10	
4	Nitratos	mg/L		0.10	
5	Fosfatos	mg/L		0.10	
6	Cambio de la temperatura	°C		0.10	
7	Turbidez	FAU		0.08	






8	Sólidos totales	mg/L	0.08
9	Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17

*Nota:* La tabla expuesta será utilizada para la evaluación general del ICA. Adaptado de la determinación del ICA mediante un respectivo análisis de parámetros en zonas acuáticas (Brown et al., 1970).

Posteriormente, se clasifica el estado de calidad del agua de acuerdo al resultado ICA y se fundamenta con la tabla 4 para identificar el grado de contaminación existente en el cuerpo de agua.

TABLA4.

Cálculo de los contaminantes presentes en un cuerpo de agua.

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

*Nota.* (Brown et al., 1970)

#### 4.6 Carga contaminante

“Para la medición del caudal de estos efluentes se seleccionaron los puntos que cumplieran con las condiciones de presentar tramos rectos y flujo más o menos uniforme”(Vázquez et al., 2022), en el cual se utiliza “una cinta métrica para obtener las diferentes profundidades a lo largo de la sección seleccionada en cada punto, obteniendo por promedio el valor de P (profundidad media)”(Naselli-Flores, 2007),se consideró “la sección llena para medir el ancho del cauce y la sección aproximadamente recta del cauce para medir el largo del mismo.

La velocidad de la corriente se estimó con el equipo molinete JDC Electronics, modelo Flowatch y para el cálculo se utilizó la siguiente expresión” (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008):

$$Q = W \times P \times V$$

**Donde:**

*Q*: Caudal (l/s)

*W*: Anchura media del agua (m)

*P*: Profundidad media (m)

*V*: Velocidad media del agua (m/s)

Con los datos obtenidos durante la medición de los parámetros fisicoquímicos se realizó una proyección de toma de datos bimensuales durante seis meses, del aporte de la carga contaminante de los vertimientos de las aguas residuales del recurso hídrico, teniendo en cuenta los reportes levantados cada dos meses. (Cervantes Martínez et al., 2015).

$$\text{Carga contaminante} = (Q) (.CV) (0.0864)$$

Dónde:

*Q*= Caudal promedio del vertimiento, l/seg

*CV*: Concentración del parámetro en el vertimiento, mg/l

0.0864: Factor de conversión

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la investigación, se analizan y discuten con la finalidad de responder a los objetivos de la investigación.

#### **5.1 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha.**

Los afluentes determinados para la determinación fisicoquímica y biológica, fueron los siguientes: afluente cercano a la Aduana, acequia San Antonio, PTAR “Yahuarcocha”, y las quebradas Manzano Huico, el Quince, y Polo Golo. También, se realizaron tres tomas de muestras, las mismas que fueron planificadas de forma bimensual (mayo, julio y septiembre 2022). Es importante mencionar, que en la primera toma de muestra se realizó el 9 mayo 2022 y la quebrada “El Quince” presentó sequía por lo cual para caracterizar este afluente se consideraron solamente dos datos. La sequía probablemente se produjo porque de acuerdo con AccuWeather todo el mes de abril y el mes de mayo no existió precipitaciones y se presentó temperaturas de hasta 19 a 20 °C en el mes mencionado anteriormente. (AccuWeather Inc, 2021).

- **Potencial hidrógeno (pH)**

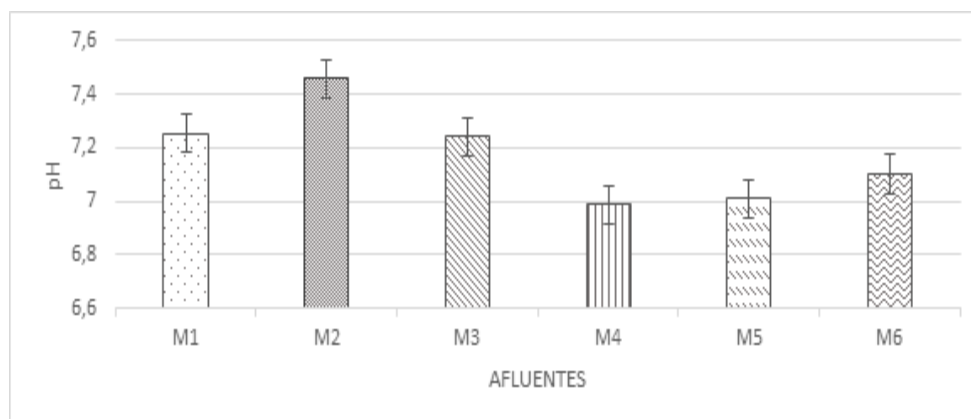
El potencial hidrógeno o pH permite determinar la acidez ( $\text{pH} < 7$ , abundancia de iones  $\text{H}^+$ ) o basicidad ( $\text{pH} > 7$ , abundancia de iones  $\text{OH}^-$ ) del agua residual (Chang & Goldsby, 2010). Los valores de pH del agua son muy útiles ya que permiten determinar el origen de la misma: aguas con pH ácido generalmente provienen de industrias químicas o metalúrgicas, mientras que agua con pH básico/alcalino generalmente provienen de la industria alimenticia o papelera (Hernández Lorenzo, 2021).

Además, la importancia de medir el pH de una descarga de agua residual a un recurso hídrico está vinculada a los organismos acuáticos que se desarrollan/viven en el mismo. Estos organismos necesitan un rango de pH definido entre 6.5 y 8.5 para realizar sus funciones biológicas, los cambios en el pH del cuerpo de agua pueden influir en su nivel de toxicidad (Tejedor et al., 2020). Por ejemplo, una reducción en el valor de pH podría producir un incremento en la concentración de mercurio disuelto (Hernández Lorenzo, 2021).

Los valores de pH (promedio) de los diferentes afluentes de la laguna de Yahuarcocha se presentan en la Figura 4, se observa que en todas las descargas existe un pH promedio (7), de las tres mediciones es ligeramente neutro. La acequia San Antonio es la que presenta mayor valor de pH ( $7.46 \pm 0.02$ ) y la descarga de la quebrada Manzano Huayco es la que presenta menor valor ( $7.0 \pm 0.43$ ). Según la tabla 3 de criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías el rango permitido de pH es de 5 a 9 (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI), por lo tanto los resultados de pH están dentro de los rangos establecidos por la norma. De acuerdo a los estudios realizados anteriormente por (Maridueña et al., 2011) los pH en la superficie del cuerpo de agua son: 8.61 y 8.78 que fueron de carácter alcalino, siendo altos comparados con la presente investigación. Igualmente, estos valores de pH no influiran negativamente en el desarrollo de los organismos que viven en la laguna de Yahuarcocha (Tejedor et al., 2020).

FIGURA4.

Medidas de pH de las afluentes a la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

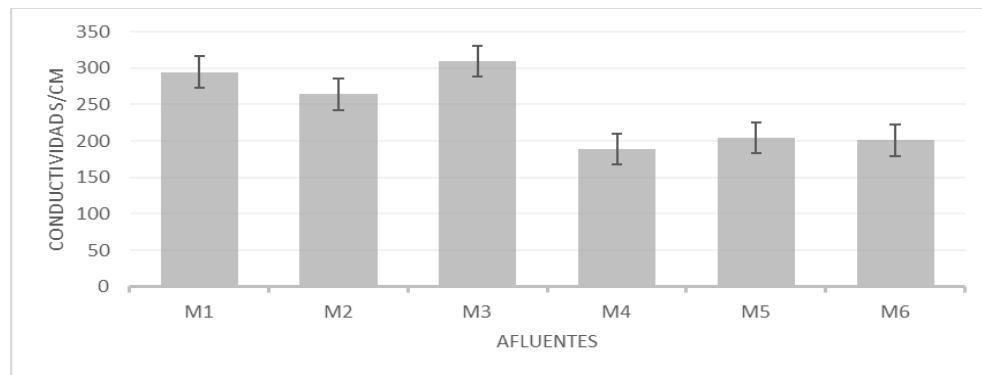
- **Conductividad eléctrica/electrolítica**

La conductividad eléctrica o electrolítica permite determinar la capacidad que tiene una solución para transportar corriente eléctrica. Su cuantificación es de mucha importancia ya que permite establecer una idea del grado de mineralización que puede tener un agua natural (por ejemplo: superficial y subterránea), potable, residual (antes y después del tratamiento), la de uso a escala industrial o de laboratorio (Delia et al., 2016).

Los resultados del promedio de los valores obtenidos en la medición de la conductividad eléctrica en los diferentes puntos de muestreo se presentan en la Figura 5. Los valores de conductividad, el más alto fue de  $309.33 \pm 11.66$  y  $294.33 \pm 12.26$   $\mu\text{S/cm}$ , estos corresponden al PTAR “Yahuarcocha” y al afluente cercano a la Aduana es decir que estos presentan un mayor contenido de iones disueltos, mientras que las otras salidas de agua presentaron valores entre  $188 \pm 6.34$  y  $264 \pm 17.66$   $\mu\text{S/cm}$ . La conductividad eléctrica del agua cuantifica la concentración de los iones disueltos, el aumento en la concentración de iones incrementa la conductividad y viceversa (Antonio & Villanueva, 2020; Delia et al., 2016);. A pesar de que el TULSMA (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI), en su tabla 3 no presenta un valor máximo para la conductividad eléctrica de fuentes de agua dulce fría. Por lo tanto, la conductividad nos permitir estimar que los afluentes están cargados con contaminantes como: iones positivos sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y iones negativos cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonato, bicarbonato, que afectan al cuerpo de agua, puesto que acelera el proceso de eutrofización en Yahuarcocha. Según Pamela Alarcón en el año 2016 determinó la conductividad eléctrica de las quebradas Manzano Huayco  $140.5$   $\mu\text{S/cm}$ , Polo Golo  $150.2$   $\mu\text{S/cm}$  y el canal artificial “El Quince”  $158.8$   $\mu\text{S/cm}$ , estos valores al ser comparados con los obtenido en esta investigación tiene una diferencia de  $37$   $\mu\text{S/cm}$ ,  $44.13$   $\mu\text{S/cm}$ ,  $27.2$   $\mu\text{S/cm}$  respectivamente presentando un incremento de la conductividad desde el 2016 hasta el 2022, esto quiere decir que estos afluentes durante estos años han incrementado los contaminantes por ende incrementando el impacto negativo en el cuerpo de agua de Yahuarcocha.

FIGURA 5.

Medidas de la conductividad eléctrica de los afluentes a la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Temperatura**

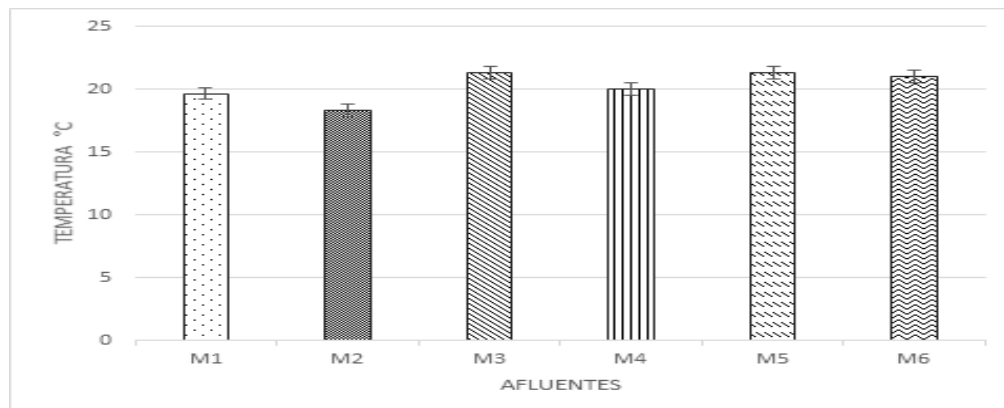
La contaminación producida por la temperatura se denomina contaminación térmica, y se genera cuando el agua proveniente de la actividad antrópica (aguas residuales doméstica, industriales, municipales, etc.) se descargan a un cuerpo de agua (Hernández Lorenzo, 2021; Acuerdo Ministerial 97A, 2015). La temperatura de un recurso hídrico (ríos, lagos, lagunas, etc.) es un parámetro muy importante, ya que tiene influencia directa sobre las características físicas, químicas y biológicas del recurso. De hecho, la mayoría de la vida acuática se adapta dentro de un rango determinado de temperaturas (para algunos casos la temperatura óptima está entre 20 y 25 °C), siendo pocos los que son capaces de tolerar cambios extremos (Hernández Lorenzo, 2021; Tejedor et al., 2020).

En la Figura 6, se muestran los resultados promedios de las mediciones de temperatura para los ingresos de agua en estudio. Se observa que los valores de la temperatura de los seis afluentes presentan una baja desviación estándar en los tres muestreos. Los valores de temperatura del agua oscilan entre  $12.96\text{ °C} \pm 0.45$  y  $21.63\text{ °C} \pm 0.41$ . Sin embargo, estudios previos ((Maridueña et al., 2011), (Moreta- Pozo, 2008), (Reascos et al., 2019)) muestran las temperaturas de algunos

afluentes como: quebradas Manzano Huayco  $21.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el estudio realizado fue de  $13.83\text{ }^{\circ}\text{C}$ , manifestando que la temperatura ha disminuido a lo largo de estos años; por otra parte en la quebrada Polo Golo se produjo una disminución igualmente de  $16.8\text{--}12.97\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el canal artificial “El Quince”  $15.3\text{--}14.81\text{ }^{\circ}\text{C}$  este afluente se mantuvo. Se identificó en esta indagación que los principales ingresos de agua que contribuye al aumento de temperatura en el cuerpo de agua de la laguna son: PTAR Yahuarcocha  $21.63\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.45$ , afluente cercano a la Aduana  $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.82$  y el canal artificial “El Quince”  $14.81\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.20$

FIGURA 6.

Medidas de la temperatura de los afluentes a la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

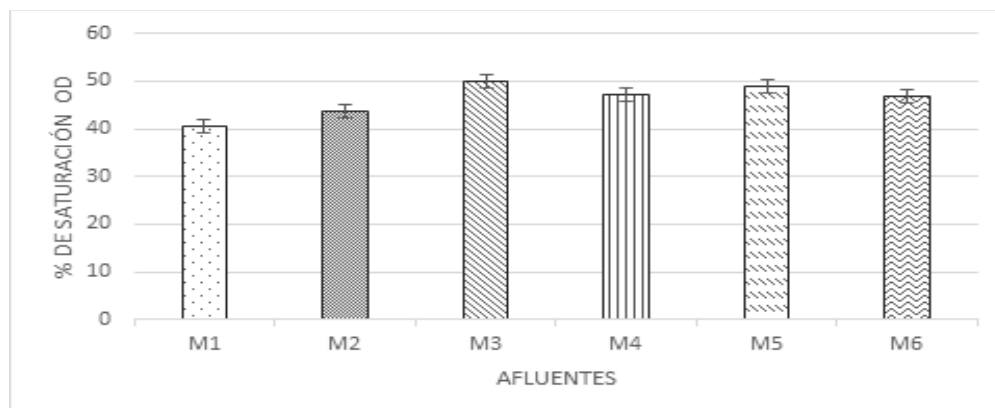
- **Oxígeno disuelto (OD)**

Como su nombre lo indica, es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Almeida-Naranjo et al., 2017), por lo que está disponible para peces, invertebrados y demás organismos acuáticos (Antonio & Villanueva, 2020). Bajos valores de porcentaje de saturación OD, sugieren la existencia de una posible contaminación del recurso hídrico. El OD presenta valores mínimos al amanecer y máximos por la tarde, por lo que en estudios previos indicaron que la principal fuente de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua es la fotosíntesis, seguida por la oxigenación superficial (contacto del aire con el agua) (Hernández Lorenzo, 2021). La Figura 7 presenta los

resultados obtenidos de porcentaje de saturación OD, todos los afluentes presentan valores menores al 60 % de saturación OD, encontrándose estos porcentajes fuera de los valores establecidos en tabla 3 del TULSMA, que manifiesta que no debe ser menor al 80% . Sin embargo, los valores están por debajo del 80% de saturación de OD encontrándose en un rango de  $40.53 \pm 10.46\%$  hasta  $49.90 \pm 17.42\%$ . Este comportamiento se observa también en otras investigaciones ((Muñoz, 2020), (Benavides Valenzuela y Méndez Perugachi, 2020) y (Posada, 2011)), y puede estar asociado a la diferencia de contaminación que existe durante todo el año, ya que el oxígeno disuelto es considerado como un indicador de contaminación por materia orgánica (Antonio & Villanueva, 2020). Además, compuestos como el nitrógeno, fósforo, azufre y carbono, también son materiales biodegradables que al oxidarse provocan una reducción del oxígeno disuelto (Hernández Lorenzo, 2021). A pesar de esto, no se puede garantizar que el contenido de OD en la laguna se mantenga debido a la estática de las aguas que caracteriza a estos tipos de recurso hídrico, esto se puede comprobar justamente con los diferentes eventos que se han suscitado en la laguna como son la mortalidad de peces y los procesos de eutrofización (Tejedor et al., 2020).

FIGURA 7.

Concentración promedio de oxígeno disuelto encontrado en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Grasas y aceites**

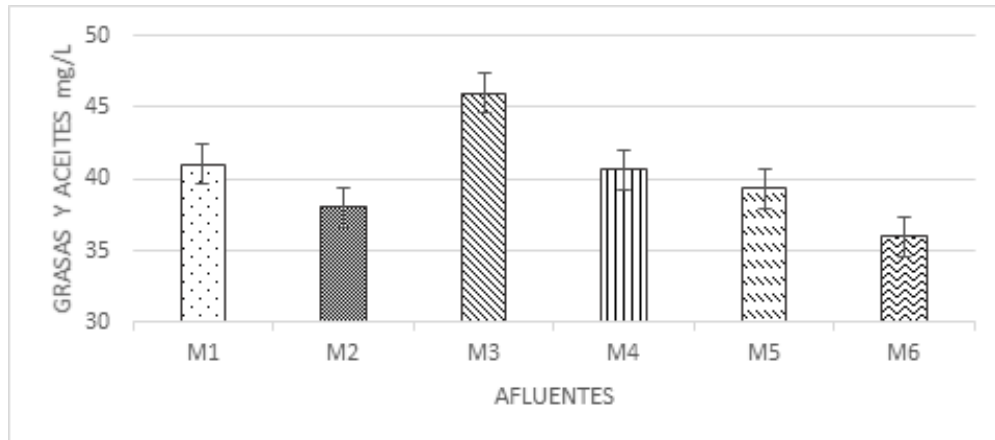
Las grasas incluyen las grasas animales, aceites, ceras, entre otros constituyentes que pudiesen estar presentes en ingresos de agua de la laguna. Debido a las propiedades físico-químicas que poseen (ej., baja solubilidad debido a su carácter no polar) (Chang & Goldsby, 2010), la presencia de este tipo de contaminantes puede causar muchos problemas en los recursos hídricos, e incluso en los procesos de tratamiento. La baja densidad de las grasas y aceites provoca que una mayor cantidad de estas sustancias floten en el agua, y que solo una fracción se fije a los sólidos sedimentables. Las partículas de las grasas y aceites interfieren en el desarrollo de los organismos acuáticos (Sandal, 2019).

Se observa que todos los puntos de muestreo presentan valores entre  $36 \pm 2.94$  y  $46 \pm 2$  mg/L (Figura 8), superando el valor límite de 0.3 mg/L según Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI). Siendo los 6 afluentes estudiados los que puede generar impactos negativos en la laguna de Yahuarcocha. Estos valores son mayores a los reportados en el estudio de Rodríguez y Díaz (2017) en la quebrada “La Palmara”, que fueron menores a 2.2 mg/L. Los autores asocian la variación de aceites y grasas a aspectos socio – ambientales de la población (Rodríguez Alvarez & Vázquez Díaz, 2017).

La alta concentración de grasas y aceites en los efluentes que se vierten en el cuerpo de agua contribuye a la emigración y muerte de organismos acuáticos. Además, estos contaminantes al alojarse en la superficie del agua impiden la penetración de la luz solar, la misma que es fundamental para las actividades fotosintéticas de la flora acuática, esto a su vez reduce la concentración de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua (Aniyikaiye et al., 2019).

FIGURA 8.

Concentración promedio de grasas y aceites en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Turbidez**

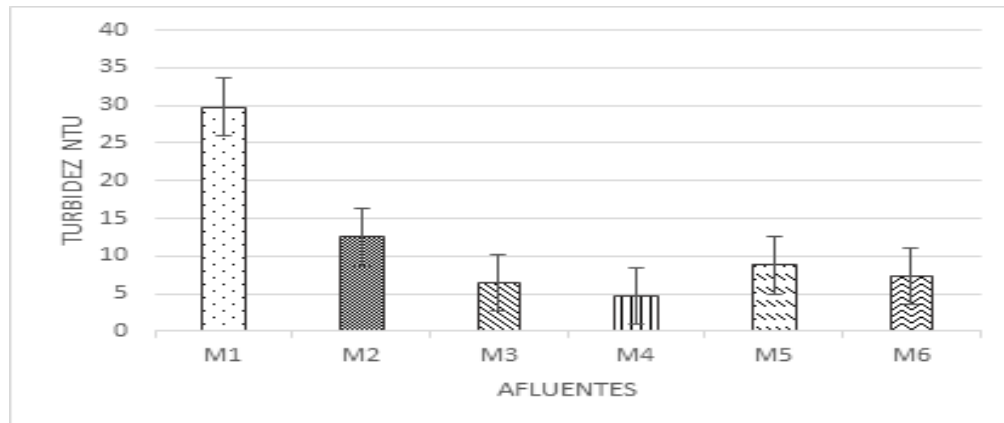
La turbidez permite cuantificar la cantidad de luz que atraviesa una columna de agua que contiene material suspendido. Valores mayores de turbidez indican mayor presencia de sólidos suspendidos (material coloidal, mineral y orgánico) y esto provoca que el agua pierda la capacidad de desarrollar la vida acuática (Hernández Lorenzo, 2021). Los resultados de turbidez promedio determinada en los diferentes afluentes estudiados se muestran en la Figura 9. Se presentaron valores entre  $4.7 \pm 1.98$  y  $29.8 \pm 16.77$  NTU, siendo la descarga cercana a la Aduana la que presenta el mayor valor.

Según Escobar y otros (2021) la turbidez de la laguna de Yahuarcocha es 54.9 NTU (Escobar et al., 2021), de acuerdo al promedio general de los seis afluentes estudiados es de 11.75 NTU, de tal manera en diferencia de un año la turbidez ha disminuido. La normativa ambiental de Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI) no reporta valores permisibles. La turbidez de los afluentes, están dentro de los rangos reportados en otras investigaciones realizadas en las quebradas de

Perú: Upianillo (15.5 NTU), Ojos (6.8 NTU), Bijahuillo (15.5 NTU) (Borbor Vargas, 2021), excepto el ubicado cerca de la Aduana  $29.8 \pm 16.77$  NTU.

FIGURA9.

Turbidez promedio encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Sólidos totales**

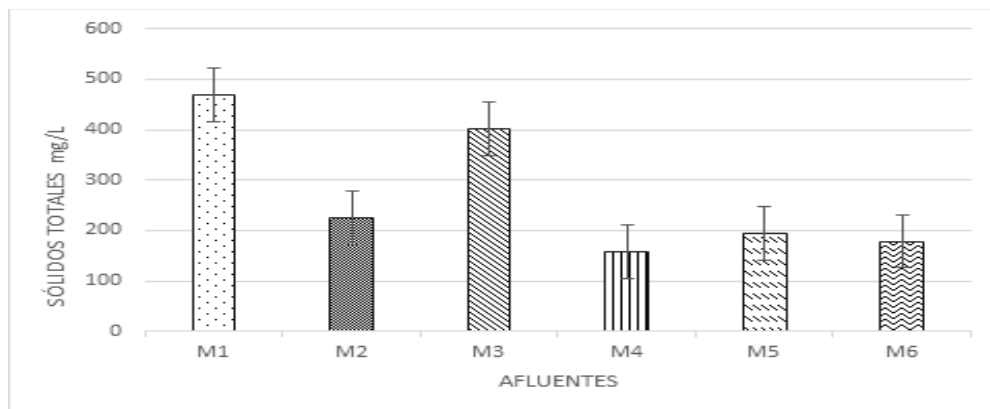
Los sólidos totales en el afluente pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica, y pueden estar presentes en forma disuelta o suspendida. De hecho, los sólidos totales son la suma de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos disueltos (Emenike et al., 2017). En la Figura 10 se presentan los resultados de la concentración de sólidos totales promedio que se encontró en los ingresos de aguas a Yahuarcocha. El afluente cerca de la Aduana presentó el máximo valor ( $467.5 \pm 18.71$  mg/L) y la quebrada Manzana Huayco el menor valor ( $158.33 \pm 9.20$  mg/L). Según Tejedor en el año 2020 los valores entre 150 - 350 mg/L es un bajo grado de contaminación, mientras que 450 - 720 mg/L presentan un grado de contaminación promedio (Tejedor et al., 2020).

A pesar de que en la descarga cerca de la Aduana obtuvo el mayor valor. Esto concuerda con lo encontrado en los valores de turbidez y oxígeno disuelto (menor valor respecto a los otros afluentes), ya que los dos parámetros son indicadores de contaminación. Así mismo, la descarga

de la PTAR Yahuarcocha presentó valores ligeramente altos comparado con los demás, los mismos que son cercanos al límite superior del rango considerado como grado de contaminación baja. En normativa ambiental de Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI) no reporta valores permisibles. Sin embargo, la concentración de sólidos totales supera ampliamente lo encontrado en los diferentes puntos de medición de la quebrada La Palmara-Colombia, que varió entre <5 y 14 mg/L. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la diferencia entre las actividades de las zonas cercanas a los afluentes (Rodríguez Alvarez & Vázquez Diaz, 2017).

FIGURA10.

Sólidos totales promedio encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

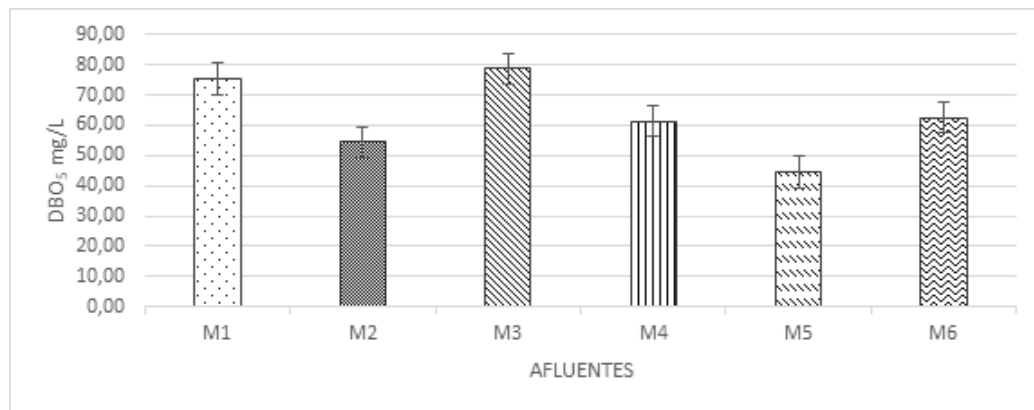
- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La demanda biológica de oxígeno o DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos para descomponer los compuestos orgánicos en el agua, por lo que es un parámetro que permite la cuantificación de la cantidad de alimento disponible para los microorganismos (Hernández Lorenzo, 2021). La medición de la DBO<sub>5</sub> se utiliza para determinar el grado de contaminación de las aguas residuales, e incluso permite determinar la eficacia de las tecnologías/métodos de tratamiento del agua residual. Existe una relación directa

entre el OD y la DBO<sub>5</sub> ya que la concentración de OD está influenciada por el valor de DBO<sub>5</sub> en el agua. Cuanto mayor sea la concentración de la DBO<sub>5</sub>, mayor será el consumo de oxígeno en los cuerpos de agua. Esto da como resultado la reducción del contenido de oxígeno disponible para los organismos acuáticos, lo que puede producir la disminución/muerte de estos (Aniyikaiye et al., 2019). Los valores de la DBO<sub>5</sub> se presentan en la Figura 11, el afluente que presenta el valor más alto es PTAR Yahuarcocha  $78.67 \pm 7.04$  mg/L y el más bajo es la Quebrada Polo Golo  $44.67 \pm 8.58$  mg/L. Una mayor temperatura ambiental incrementa el flujo de evaporación del agua, lo que podría incrementar el contenido de los contaminantes presentes en la misma (Almeida-Naranjo et al., 2017). Los valores de DBO<sub>5</sub> son superiores que los que se reportan en quebrada La Palmara-Colombia, que varió entre 8 y 12 mg/L en los tres puntos de muestreo (Rodriguez Alvarez & Vázquez Diaz, 2017). Igualmente, los valores de esta investigación son sumamente superiores a los reportados Alarcón 2016 que reporta valores en el rango de 9.6 a 12 mg/L en los ingresos de agua siguientes: Manzano Huayco, Polo Golo, Quebrada el Quince. Por lo tanto, se puede deducir que desde el año 2016 hasta el año 2022 la cantidad de oxígeno que aportan estos afluentes es mínimo reduciendo la posibilidad de subsistencia de las especies acuáticas presentes en el cuerpo de agua de la laguna de Yahuarcocha.

FIGURA 11.

Concentración promedio de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) encontrados en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

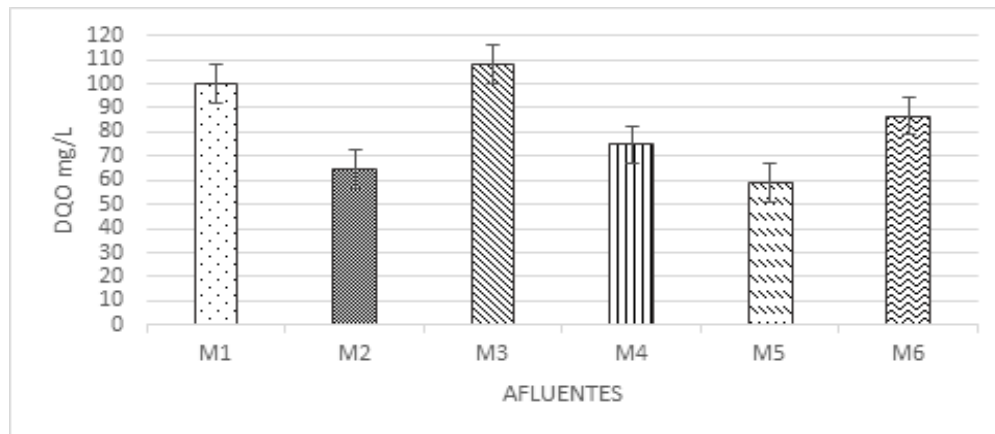
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno o DQO es un parámetro que indica la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual por oxidación química (Almeida-Naranjo et al., 2017). De acuerdo a los datos que se muestran en la figura 12, se observa que los ingresos de agua a la laguna de Yahuarcocha contribuyen con la contaminación de la laguna, la DQO del afluente de la PTAR Yahuarcocha es la que presenta el mayor valor  $107.97 \pm 4.96$  mg/L, superior a 100 mg/L, valor que es común en aguas residuales domésticas (Tejedor et al., 2020). Algo similar ocurre con el afluente cercano a la aduana ( $99.97 \pm 6.08$  mg/L). Es un tema más preocupante la baja eficiencia de la PTAR indican un tratamiento ineficiente/incompleto del afluente, mismo que puede estar relacionado con un dimensionamiento incorrecto de la planta, operación equívoca o uso de procesos/tecnologías ineficientes (Almeida-Naranjo et al., 2017). La DQO y la DBO tienen correlación en prácticamente todas las muestras, sin embargo, la DQO siempre es mayor que la DBO, esto sucede porque la descomposición realizada por los organismos muchas veces no es tan completa como con el método químico (Antonio & Villanueva, 2020).

Al igual que en el caso de la DBO, la DQO de los afluentes supera las concentraciones de la laguna La Vega Escondida de México, donde se encontraron concentraciones de hasta 3.85 mg/L (González-Dávila et al., 2019).

FIGURA 12.

Concentración promedio de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Índice de biodegradabilidad de los contaminantes de cada punto de muestreo**

El índice de biodegradabilidad es un factor que resulta de la relación entre la  $DBO_5$  y la DQO. Este parámetro permite determinar que fracción de la materia orgánica es biodegradable y cuál no, valores mayores a 0.4 indican que es biodegradable y menores a 0.4 que no lo es (Gabriel et al., 2018). Valores mayores a 0.4 indican la presencia de contaminantes (orgánicos) como son: contaminantes del hogar (Almeida-Naranjo et al., 2021; Gabriel et al., 2018). Por lo tanto, aguas de carácter no biodegradables pueden ser el resultado de una contaminación (inorgánico) que son: de una mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales, aguas residuales agrícolas, aguas residuales de hospitales (Gabriel et al., 2018).

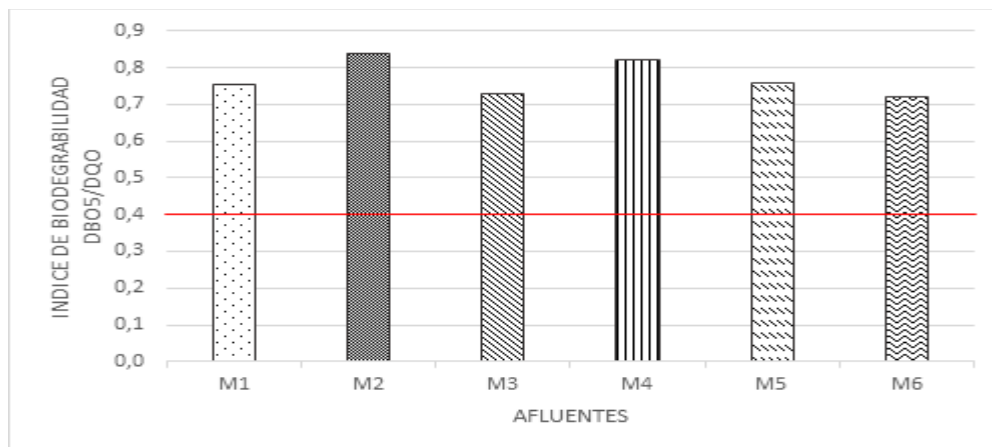
Por otro lado, el índice de biodegradabilidad también es muy útil para determinar la eficiencia de diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales (ej., fosas sépticas, oxidación avanzada, sistemas de lodos activados, etc.) (Méndez Novelo et al., 2010). Cuando las concentraciones de las sustancias refractarias (difíciles de degradar por medios biológicos) son

altas, se reducen los índices de biodegradabilidad hasta niveles en los que las plantas de tratamiento convencional no pueden removerlos (se vuelven ineficientes) y por lo tanto no cumplen con la normativa de descarga (Gabriel et al., 2018).

En la Figura 13 se muestran los resultados del índice de biodegradabilidad de los diferentes afluentes a la laguna Yahuarcocha, el mismo que fue calculado con el promedio de la DBO<sub>5</sub> y DQO. Se observa que los 6 afluentes en estudio son biodegradables ya que posee valores entre 0.7 y 0.8 DBO<sub>5</sub>/DQO, de hecho, con ello se confirma que los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha, con un manejo responsable de estos pueden reducir los contaminantes, sin necesidad de ser tratados, puesto que la mayoría de compuestos contaminantes en estas aguas son biodegradables. Por otra parte, la presente investigación se usó agua residual doméstica mezclada con lixiviado y efluente industrial obtenida de la quebrada Chasinato en la provincia de Tungurahua en Ecuador, en la cual se obtuvo un índice de biodegradabilidad de 0.22 en DBO<sub>5</sub>/DQO.

FIGURA 13.

Índice de biodegradabilidad en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Nutrientes derivados del nitrógeno**

Los nitritos son el producto intermedio de oxidación del nitrógeno: oxidación del amoníaco a nitrato o en reducción del nitrato (Delgado, 2016). Mientras que los nitratos son el producto final de la descomposición aeróbica de la materia nitrogenada orgánica (Hernández Lorenzo, 2021) y el nitrógeno amoniacal o amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua ya que forma parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno y está influenciado por la actividad biológica, así como el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener amoníaco, debido a que su presencia se encuentra en forma libre o ion amonio se considera como prueba química de contaminación reciente y peligrosa, su principal origen es; a aguas residuales industriales y ganaderas (excrementos animales, fertilizantes) y putrefacción vegetal (Antonio & Villanueva, 2020)

El promedio de los nutrientes del nitrógeno se presenta en la Figura 14. La concentración de nitrógeno amoniacal está entre 0.03 y 3.97 mg/L, que representa un bajo grado de contaminación del agua en relación a este parámetro (Tejedor et al., 2020). Se presentó un incremento considerable en la concentración de nitrógeno amoniacal en el afluente PTAR Yahuarcocha  $2.97 \pm 0.39$  mg/L, cercano a la Aduana  $1.46 \pm 0.12$  mg/L, y quebrada El Quince  $1.23 \pm 0.01$  mg/L. Esto probablemente está relacionado a la disminución del proceso de nitrificación (conversión de nitrógeno amoniacal a nitrato), lo mismo que se constata con la reducción de OD, el proceso de nitrificación se produce en condiciones aerobias (Cárdenas & Sánchez, 2013). Asimismo, lo que pudo suceder es que existieron descargas puntuales de (aguas residuales industriales y ganaderas (excrementos animales, fertilizantes) y putrefacción vegetal) en los tres puntos que incrementó el contenido de nitrógeno amoniacal.

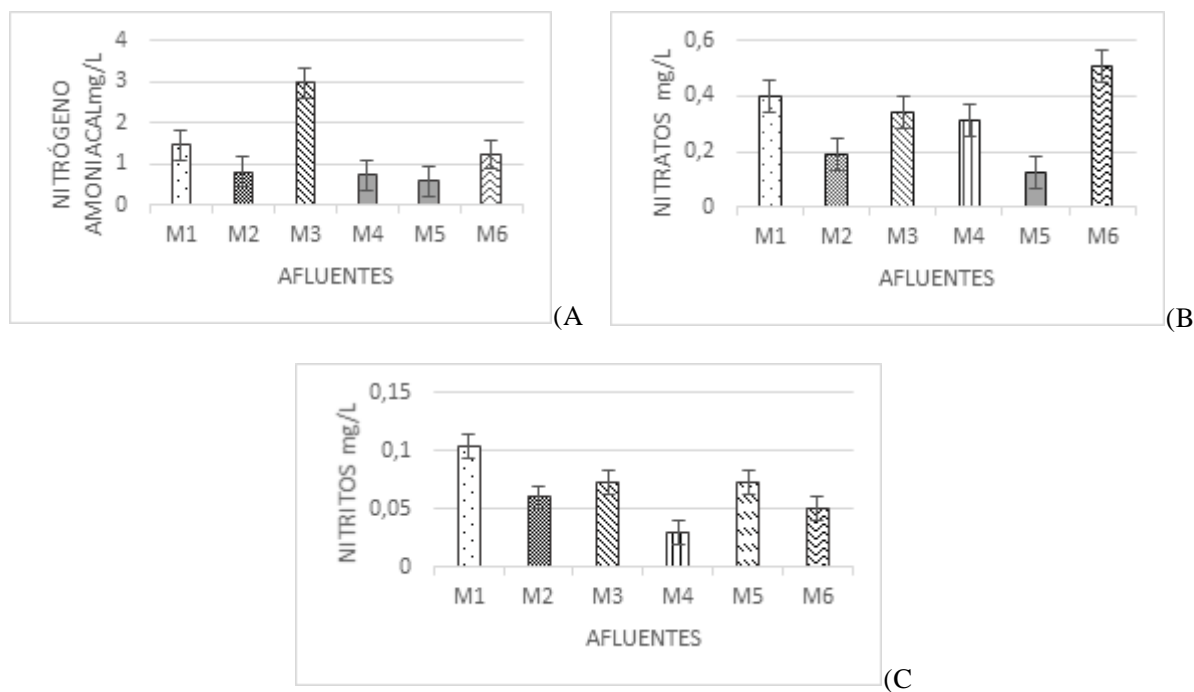
La concentración promedio de nitratos varió entre  $0.12 \pm 0.016$  y  $0.51 \pm 0.39$  mg/L, y de nitritos entre  $0.03 \pm 0.08$  y  $0.10 \pm 0.018$  mg/L lo que indica que se tiene una carga contaminante que va de media a alta para los dos parámetros (Tejedor et al., 2020). Se observa que el contenido de nitratos y nitritos en los afluentes PTAR Yahuarcocha y el afluente cercano a la Aduana incrementa, lo que corrobora lo mencionado para el amonio (descargas puntuales con mayor

contenido de amonio como por ejemplo las provenientes de fertilizantes). Incluso, el incremento de la concentración de nitritos indica contaminación fecal reciente (Hernández Lorenzo, 2021).

La concentración de nitratos de los afluentes es menor que los encontrados en los tres puntos de muestreo de la laguna la Palmara, los autores asocian las altas concentraciones al crecimiento de algas, pero aun así indican que solamente la desembocadura de la quebrada supera la norma local ya que tiene una concentración de 13.7 mg/L (Rodriguez Alvarez & Vázquez Diaz, 2017). Sin embargo, en el estudio de la laguna La Vega Escondida se presentaron valores aproximados a los obtenidos en el presente estudio (0.26 mg/L) (González-Dávila et al., 2019).

FIGURA14.

Concentración promedio de los derivados de nitrógeno en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha



Nota. El eje horizontal (M1: Afluyente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

- **Fosfatos**

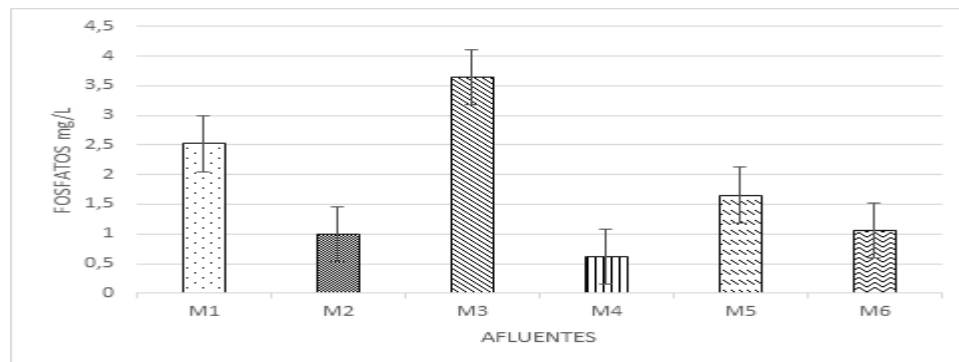
Los fosfatos son compuestos químicos formados por átomos de fósforo y oxígeno, juegan un papel fundamental en el crecimiento/ desarrollo de organismos vivos. Los fosfatos pueden estar presentes de muchas formas en el agua, por lo que la determinación del fosfato total proporciona un valor estimado de la cantidad total de fosfato potencialmente disponible en un suministro de agua dado. En la Figura 15 se presentan los resultados de la concentración de fosfatos y fósforo total. La concentración promedio de fosfatos osciló entre  $0.60 \pm 0.041$  a  $3.64 \pm 0.25$ . Además, valores menores a 2 mg/L indican bajo grado de contaminación para este parámetro (Tejedor *et al.*, 2020).

Al igual que con los nutrientes del nitrógeno, también se produce un incremento en la concentración de fosfatos de la segunda a la tercera toma de muestra, en todos los afluentes excepto en la Acequia San Antonio. El incremento de la concentración de fosfatos puede ser el resultado de descargas puntuales, generalmente éstas se producen por la presencia de fertilizantes eliminadas por agua o suelo, excreciones humanas, productos de limpieza (Hernández Lorenzo, 2021).

Además, las concentraciones de fosfatos de casi todos los afluentes están dentro del rango de lo reportado en la Laguna Palmara (1.0-1.8 mg/L). Además, el autor menciona que concentraciones de fósforo total superiores a 0.01 mg/L son no deseadas, ya que se producen fenómenos de eutrofización, para este caso todas las concentraciones de fósforo total superan este valor, lo que sugiere la posible eutrofización de la laguna de Yahuarcocha, como ya ha sucedido previamente (Rodríguez Alvarez y Vázquez Díaz, 2017).

FIGURA 15.

Concentración promedio de fosfatos en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

La descarga continua de contaminantes en la laguna de Yahuarcocha podría convertirse en un problema complejo, como ya ha sucedido tiempo atrás. Un incremento en la concentración de nutrientes como los provenientes del nitrógeno y fósforo, incrementando la velocidad de crecimiento de algas y plantas acuáticas, dando lugar a la eutrofización del recurso hídrico (Ruiz, 2017). La acumulación de nutrientes produce un decremento en el contenido de oxígeno disuelto, lo que genera la reducción de la diversidad de los organismos acuáticos e incluso su muerte. Además, un aporte continuo y con la presencia de nutrientes favorece la proliferación de cianobacterias, también puede disminuir la biodiversidad y producir efectos negativos en la salud pública, a causa de la producción de toxinas (Tejedor et al., 2022).

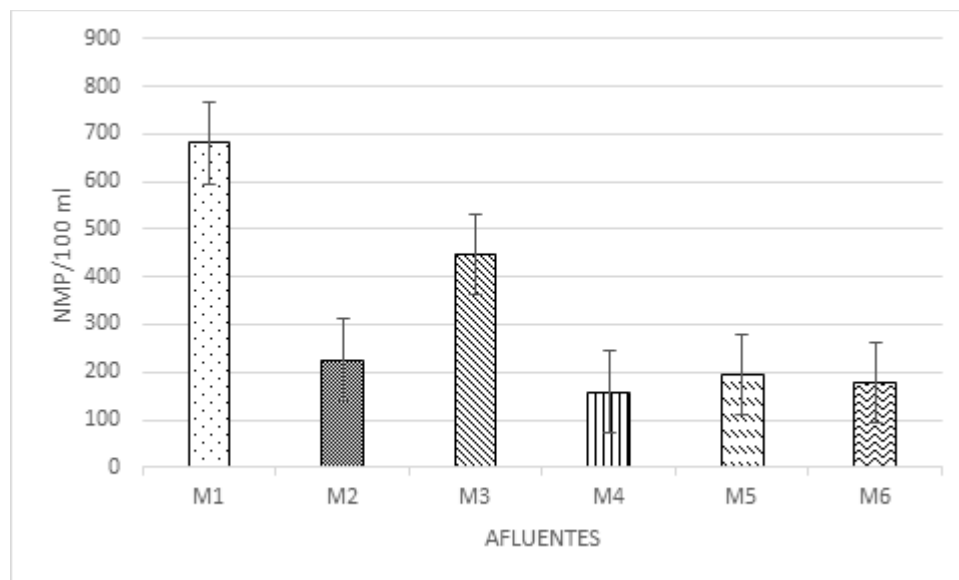
- **Coliformes Totales**

Los coliformes totales es un parámetro que permite determinar la presencia de enterobacterias en el agua (organismos indicadores). En la Figura 16 se presentan los datos de la cantidad promedio de coliformes totales que corresponde a cada punto de muestreo. Se observa que el afluente cercano a la Aduana presenta el máximo valor de  $680.16 \pm 8.99$  NMP/100ml, mientras que la PTAR Yahuarcocha  $446.67 \pm 16.49$  NMP/100ml. Las de menor valor Manzano Huayco con  $158.33 \pm 9.20$  NMP/100ml y Tahuando “El Quince” con  $178.8 \pm 1.25$  NMP/100ml, que son

muy aproximados entre sí. En la normativa ambiental (TULSMA, ANEXO 1, LIBRO VI) el rango de permisibilidad es de máximo 20 NMP/100ml, es decir todos los valores encontrados en los ingresos de agua a la laguna de Yahuarcocha sobrepasan el rango. Los datos obtenidos en esta investigación y al ser comparados con los reportados por Alarcón 2016, en estas dos investigaciones se superan los límites que se manifiesta en la normativa ambiental.

FIGURA 16.

Concentración promedio de coliformes totales en los afluentes de la laguna de Yahuarcocha.



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

## 5.2 Índice de calidad del agua

El incremento en los niveles de contaminación en los recursos hídricos y a la necesidad de cuantificar/evaluar su calidad mediante un marco de referencia unificado, se agruparon los parámetros más representativos (parámetros físicos, químicos y microbiológicos) y se definió un estimativo de calidad del agua que representa la relación que existe entre la presencia de varios contaminantes en el agua y el impacto que se puede generar en los diferentes usos de esta (Hernández Lorenzo, 2021).

En la tabla 5 se presenta el gráfico del índice de calidad de agua correspondiente a todas las descargas en estudio. Se observa que el afluente cercano a la Aduana presenta mala calidad, las otras descargas se encuentran prácticamente en el límite de calidad regular.

Los resultados son preocupantes pues están afectando la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha, por lo que resulta fundamental el tratamiento de todos los afluentes antes de que lleguen al cuerpo de agua de Yahuarcocha. Como se mencionó en apartados anteriores, el caso más preocupante es el de la PTAR ya que al parecer el proceso de tratamiento no es eficiente principalmente los tratamientos secundarios parecen ser los que presentan mayores deficiencias por los altos contenidos de materia orgánica y bajos contenidos de OD. Los tratamientos secundarios son empleados para la eliminación de materia orgánica (Chicaiza et al., 2020). Por lo que se sugiere que se realicen mantenimientos continuos, se verifiquen los diseños y la operación de la planta de tratamiento. Respecto a los otros ingresos de agua, también requieren recibir un tratamiento previo antes de llegar a la laguna. Para estos casos se puede sugerir el uso de tecnologías descentralizadas que son apropiados para localidades como las aledañas a la laguna de Yahuarcocha. Se podrían utilizar tecnologías de biofiltración como humedales construidos, biofiltros, vermifiltros o sus combinaciones. Estas tecnologías son muy eficientes y de bajo costo (Chicaiza et al., 2020; Tejedor et al., 2020).

Además, para corroborar los resultados obtenidos en esta investigación, será necesario realizar un muestreo que implique la toma de muestras en varios puntos de las descargas y a varias horas del día.

TABLA5.

Índice de calidad de aguas de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha

<b>Repeticiones</b>	<b>Afluente cercano a la Aduana</b>	<b>Acequia "San Antonio"</b>	<b>PTAR "Yahuarcocha"</b>	<b>Quebrada "Manzano Huayco"</b>	<b>Quebrada "Polo Golo"</b>	<b>Quebrada Tahuanduro "El Quince"</b>
<b>repetición 1</b>	46.43	54.62	55.69	61.01	57.23	
<b>repetición 2</b>	51.86	56.51	55.68	62.97	54.73	58.84
<b>repetición 3</b>	48.27	51.95	44.09	49.73	57.11	47.36
<b>MEDIA</b>	48.85	54.36	51.82	57.90	56.35	53.10
<b>Calidad del agua</b>	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>

### 5.3 Carga Contaminante

Para el cálculo de este parámetro, se utilizó el caudal y se procedió a l respectivo cálculo de la carga contaminante de cada afluente, mismo que se presenta en la Tabla 6.

TABLA 6.

Sitios de toma de muestra de los efluentes y vertidos que ingresan a la laguna de Yahuarcocha

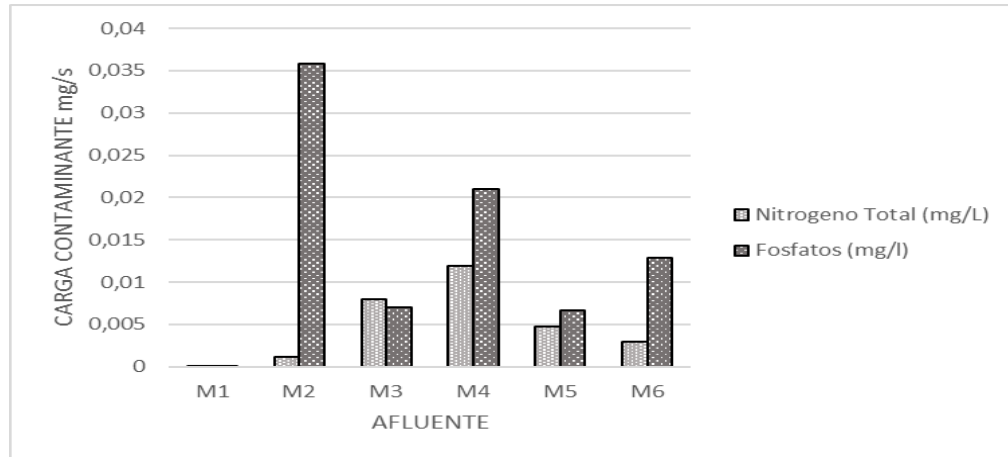
Puntos de muestreo	Caudal (L/s)	Carga contaminante mg/s	
		Nitrógeno Total mg/L	Fosfatos mg/L
Sin nombre (está cerca de la Aduana)	0.00123	0.00051	0.000130098
Acequia "San Antonio"	0.072	0.00115	0.03584999
Quebrada "Manzana Huayco"	0.017	0.00800	0.00701338
PTAR Yahuarcocha	0.624	0.01196	0.02100902
Quebrada " Polo Golo"	0.066	0.00474	0.0066675
Quebrada Tahuando "El Quince"	0.059	0.00298	0.01291399

La carga contaminante es un parámetro que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que se descarga en el cuerpo de agua (Acuerdo Ministerial 97A, 2015). En las Figuras 17 se presentan los resultados de la carga contaminante correspondiente al nitrógeno total y fosfatos. Siendo el afluente Acequia "San Antonio" el que descarga contaminantes en el cuerpo de agua de la laguna de Yahuarcocha y la quebrada "Manzana Huayco", también pese a que estos afluentes en las demás variables se

marcaban como uno de los menos contaminante, pero por su caudal su aporte es mayor en función del tiempo.

FIGURA 17.

Carga contaminante del nitrógeno total y fosfato



*Nota.* El eje horizontal (M1: Afluente cercano a la Aduana; M2: Acequia “San Antonio”, M3: PTAR “Yahuarcocha”, M4: Quebrada “Manzano Huayco”, M5: Quebrada “Polo Golo” y M6: Quebrada “El Quince”).

Al analizar todas las variables en su conjunto podemos determinar que las afluentes que contienen una mayor cantidad de contaminantes en sus aguas son: afluente San Antonio con una carga contaminante de fosfatos de 0,04 mg/s y la quebrada Manzano Huayco con una carga contaminante de nitrógeno total de 0,012 mg/s. Siendo los caudales de estos dos ingresos de agua sumamente mayores al del afluente cercano a la Aduana, por lo cual este afluente en función del tiempo tiene baja carga contaminante. Siendo así, que el nitrógeno total y fosfato lo que acelera la eutrofización de la laguna de Yahuarcocha, con este estudio se ha podido demostrar que el cuerpo de agua de Yahuarcocha corre el peligro de convertirse en una zona pantanosa y en el tiempo convertirse en suelo firme.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

Tomando en consideración los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que:

6.1 Se identificaron seis ingresos de agua a la laguna de Yahuarcocha: el afluente cercano a la Aduana, la acequia San Antonio, quebrada Manzana Huayco, el afluente PTAR, la quebrada Polo Golo y la quebrada El Quince – Rio Tahuando.

6.2 Con respecto a la necesidad de determinar el estado de los afluentes que ingresan a la laguna, el afluente cercano a la aduana marca un índice de calidad del agua mala con un valor de 48.853, mientras que los otros se encuentran en un índice de regular marcando un rango de 51.82 a 57.90

6.3 Una vez calculada la carga contaminante se determinó que la acequia “San Antonio” es el más contaminante de fosfatos 0.013 mg/s y la quebrada “Manzano Huayco” de nitrógeno total 0.0249 mg/s de los seis afluentes, estos son de los que presentan una menor concentración de contaminantes como (nitratos, nitritos fosfatos, aceite y grasas, etc...), pero aporta una mayor cantidad de contaminantes al cuerpo de agua de la laguna de Yahuarcocha, acelerando el proceso de eutrofización y pudiendo llegar a transformar la laguna en una zona pantanosa y posterior ser terreno firme.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

Con base en las conclusiones, es pertinente determinar algunas recomendaciones para investigaciones futuras en cuanto al mismo tema de investigación, tal como se muestra a continuación:

7.1 En primera instancia, es indispensable realizar el estudio en todos los afluentes que descargan en lagunas con características físicas similares a las de la Yahuarcocha, esto permite conocer a profundidad la responsabilidad contaminante de cada una de ellas de manera tal que se evite la pérdida de información que puede alterar las mediciones del agua.

7.2 Para la toma de muestras en el agua, es indispensable realizarlo en diferentes horas del día, para contemplar diversos factores que pueden alterar los estándares de las mismas, en este caso, es pertinente trabajar con un equipo multidisciplinar y con equipos tecnológicos avanzados que faciliten la recopilación de datos.

7.3 Es de suma importancia mantener un monitoreo constante de los afluentes y de la laguna para desacelerar el proceso eutrofización del cuerpo de agua y de esta manera tomar acciones correctivas que permitan conservar este lugar de importancia histórica, turística y comercial.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AccuWeather Inc. (2021). *AccuWeather*.

Almeida-Naranjo, C. E., Espinoza-Montero, P. J., Muñoz-Rodríguez, M. I., & Villamar-Ayala, C. A. (2017). Hydraulic Retention Time Influence on Improving Flocculation in the Activated Sludge Processes Through Polyelectrolytes. *Water Air Soil Pollut, i*, 1-9.  
<https://doi.org/10.1007/s11270-017-3427-0>

Almeida-Naranjo, C. E., Guachamin, G., Guerrero, V. H., & Villamar, C. A. (2020). Heliconia stricta Huber Behavior on Hybrid Constructed Wetlands Fed with Synthetic. *Water*.

Aniyikaiye, T. E., Oluseyi, T., Odiyo, J. O., & Edokpayi, J. N. (2019). Physico-Chemical Analysis of Wastewater Discharge from Selected Paint Industries in Lagos , Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph16071235>

Antonio, A., & Villanueva, C. (2020). Physicochemical Determination of the Quality of Surface Waters in the Highlands Region of Jalisco, Mexico. *Chemistry Research Journal*, 5(6), 221-234.

Avalos, C., Aveiro, C., Aveiro, V., & Cabral, N. (2015). *Influencia del uso de suelo sobre los niveles de fósforo, nitrógeno y sólidos suspendidos en la cuenca del embalse de Itaipu*.  
 8.

- Baño, M. (2020). *Instructivo de ensayo. Determinación de sólidos totales secados a 103°—105°C. SM 2540 B. IDEAM.*
- Benavides Valenzuela, F. L., & Méndez Perugachi, J. P. (2020). *Determinación de las concentraciones de plomo y cromo asociados a poblaciones de Typha Latifolia en la laguna de Yahuarcocha, provincia de Imbabura* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10337>
- Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). *Un índice de calidad del agua: ¿Nos atrevemos? Obras de alcantarillado de agua. 117(10), 339-343.*
- Cabrera Molina, E., Hernández Garcíadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2016). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México, 47(1), 88-92.*
- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Revista Universidal y Salud.*
- Censos, I. N. de E. y. (2015). *Calidad de los Servicios Públicos.* Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/calidad-de-los-servicios-publicos/>
- Cervantes Martínez, A., Guitiérrez Aguirre, M. A., & Álvarez Legorreta, T. (2015). Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla

Mujeres, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*, 10(Especial, Marzo 2015), 60-83.

<https://doi.org/10.22403/UQROOMX/TYPNE2015/03>

Chacón Chaquea, M. Y. (2017). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Universidad Santo Tomas. <https://doi.org/10.15332/li.lib.2017.00030>

Chang, A., & Goldsby, K. A. (2010). *Química*.

Chicaiza, C., Huaraca, L., Almeida-Naranjo, C. E., Guerrero, V. H., & Villamar, C. A. (2020).

Improvement of organic matter and nutrient removal from domestic wastewater by using intermittent hydraulic rates on earthworm–microorganism biofilters. *Water Science and Technology*, 1-11. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.139>

Cisterna Osorio, P. E., Pérez Bustamante, L., Cisterna Osorio, P. E., & Pérez Bustamante, L. (2019). Propuesta de humedales artificiales, impulsores de biodiversidad, que depuran aguas contaminadas para la recuperación de lagunas urbanas de concepción. *Revista hábitat sustentable*, 9(1), 20-31. <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.02>

Delgado, C. (2016). *Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos de floculantes naturales y químicos en 3 tipos de agua residual pre y post tratamiento*.

Delia, A., Manuel, L. H., Ramírez-ayala, C., Sánchez-bernal, E. I., & Mar, U. (2016). Caracterización fisicoquímica del agua residual urbano-industrial y su importancia en la agricultura. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII, 139-157.

- Echeverría Almeida, J., & Athens, J. S. (2017). *Investigación subacuática en las lagunas de Yahuarcocha, San Pablo, Mojanda, provincia de Imbabura, Ecuador. 1(34), 18.*
- Emenike, C. P., Tenebe, I. T., Omole, D. O., Ngene, B. U., Oniemayin, B. I., Maxwell, O., & Onoka, B. I. (2017). Accessing safe drinking water in sub-Saharan Africa: Issues and challenges in South-West Nigeria. *Sustainable Cities and Society, 30*, 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.005>
- Espinosa Manosalvas, C. (2011). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos.* <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2156>
- García-Gil, J., & Camacho, A. (2010). *Anaerolimnología: Pequeña guía para el muestreo en aguas microaeróbicas y anóxicas en lagos y embalses estratificados* (Vol. 20, pp. 179-186). Limnetica.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra. (2014). *Proyecto ordenamiento de las actividades deportivas, recreativas y de alimentación que se realizan en la laguna Yahuarcocha del cantón Ibarra.* Ministerio de Ambiente.
- Hernández Lorenzo, B. (2021). *“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UN BENEFICIO DE CAFÉ EN XICOTEPEC, PUEBLA”.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.* Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2169.pdf>

- Jácome, E. T. (2014). Vegetación acuática y estado trófico de las lagunas andinas de San Pablo y Yahuarcocha, provincia de Imbabura, Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 35(1-2), 121-131. <https://doi.org/10.26807/remcb.v35i1-2.255>
- León, J. A. C. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales*. Ecoe Ediciones.
- Lu, X., Lu, Y., Chen, D., Su, C., Song, S., Wang, T., Tian, H., Liang, R., Zhang, M., & Khan, K. (2018). *Climate change induced eutrophication of cold-water lake in an ecologically fragile nature reserve* (Vol. 75, pp. 359-369). *Journal Environmental Sciences*.
- Maridueña, A., Chalén, N., Coello, D., Cajas, J., Solís, P., & Aguilar, F. (2011). *Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Febrero 2003*.
- Martínez, M. L. L., & Palacios, S. M. M. (2015). *Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: Caso laguna de la Cocha*. 23.
- Acuerdo Ministerial 97A, 1 (2015).
- Moreta- Pozo, J. (2008). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Ibarra 2008*. 12.
- Muñoz, H. A. C. (2020). Calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al río carrizal. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 5(1), 232-256.

- Narros, A. (2019). *Determinación de Fosfatos en las Lagunas del sector norte de Madrid*.  
Universidad Politécnica de Madrid.
- Naselli-Flores, L. (2007). *Urban Lakes: Ecosystems at Risk, Worthy of the Best care*. (pp. 1333-1337).
- Orbe Ortiz, X. D. R., & Villota Andrade, L. M. (2010). *La contaminación del sector de Yahuarcocha, por las actividades antropogénicas de sus habitantes*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2200>
- Pabón García, J. P. (2015). *Distribución y evaluación de la vegetación macrofítica en el lago de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6943>
- Pérez-Castillo, A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1905-1918.
- Posada, A. R. (2011). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias*. Ibarra 2008.  
[https://www.academia.edu/1439928/La\\_eutrofizaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_lagos\\_y\\_sus\\_consecuencias\\_Ibarra\\_2008](https://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias_Ibarra_2008)
- Quintana-Sotomayor, C., Lillo-Saavedra, M., Gonzalo-Martín, C., & Barrera-Berrocal, J. A. (2012). Metodología para estimación de la turbidez de un lago mediante la clasificación orientada a objetos de imágenes multiespectrales. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(4), 143-150.

- Ramallo, R. S. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverte.
- Reascos, D., Yépez, R., & Paredes, I. (2019). *Incidencia de las actividades turísticas que alteran la calidad del agua del sistema lacustre Yahuarcocha*. 1(1), 19.
- Rodríguez, E. R. (2002). *Las lagunas continentales de Tabasco*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Rosales, R., Toro, M., Calderon, L., Rodríguez, R., & Cadena, B. (2015). *Procesos administrativos de las unidades distritales de apoyo a la inclusión educativa en turismo en la zona 1 del ecuador*. <https://1library.co/document/qmwpp15z-procesos-administrativos-unidades-distritales-inclusion-educativa-turismo-ecuador.html>
- Ruiz, T. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE ÍNDICES EUTROFIZACIÓN EN LAGUNAS COSTERAS DEL ESTADO DE SONORA, MÉXICO*.
- Salazar, D. (2015). *Estudio de impacto ambiental ordenamiento de las actividades deportivas, recreativas y de alimentación que se realizan en la laguna Yahuarcocha del cantón Ibarra*. Gobierno Autonomo de Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra. [https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/anillovial/EIA\\_Yahuarcocha\\_Ibarra.pdf](https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/anillovial/EIA_Yahuarcocha_Ibarra.pdf)
- Sandal, M. (2019). *EFEECTO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA EMSABA EP SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO BABAHOYO. AÑO 2018*.
- Tejedor, J., Córdor, V., Almeida-Naranjo, C. E., Guerrero, V. H., & Villamar, C. A. (2020). Performance of wood chips/peanut shells biofilters used to remove organic matter from

domestic wastewater. *Science of the Total Environment*, 738, 139589.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139589>

Tejedor, J., Guerrero, V. H., Vizuite, K., & Debut, A. (2022). Environmentally friendly synthesis of silicon dioxide nanoparticles and their application for the removal of emerging contaminants in aqueous media. *Journal of Physics: Conference Series*.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2238/1/012005>

Tobar Hidalgo, I. D. (2021). *Valoración ambiental de los efectos de la eutrofización en la microcuenca de Yahuarcocha a través del método de costos evitados*.  
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4478>

Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Escobar, J. C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua -ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86-95.

TULSMA. (ANEXO 1, LIBRO VI). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Presidencia de la República.  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Valle, V. (2016). *EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DE LA CIUDAD DE QUITO*.

Vázquez, G., Díaz, E., Altagracia, P., Ignacio, G.-H., Doadrio, I., De, A., & Parte, S. (2022). *Los Ríos y los Lagos*.

Verma, S., Chaudharil, P. R., Singh, R. K., & Wate, S. R. (2011). *Studies on the ecology and trophic status of an urban* (Rasayan J, Vol. 4, pp. 652-659).

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha para la recolección de Datos.

FICHA DE MUESTREO						
<b>Fecha:</b>	<b>Hora</b>					
Afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha						
<b>Puntos de Muestreo</b>	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	Acequia "San Antonio"	PTAR	Quebrada "Manzano Huico"	Quebrada " Polo Golo"	Quebrada "El Quince"
Físicos						
Parámetro	Unidad					
pH						
Conductividad	μS/cm					
Humedad	%HR					
Turbidez	NTU					
Temperatura	°C					
Solidos Totales	mg/l					
Químicos						
Parámetro	Unidad					
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/l					
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l					
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l					
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	mg/l					
DQO	mg/l					
DBO <sub>5</sub>	mg/l					
Oxígeno Disuelto	% saturación					
Grasas y Aceites	mg/l					
Microbiológico						
Parámetro	Unidad					
Coliformes Totales	NMP/100mL					

## Anexo 2. Registro fotográfico



Toma de muestra para análisis fisicoquímicos y microbiológico.

## Parámetros medidos en campo



Manejo de molinete para la determinación de la velocidad del afluente



Toma de resultado de humedad relativa con el anemómetro



Medición de oxígeno disuelto

### Análisis realizados en laboratorio



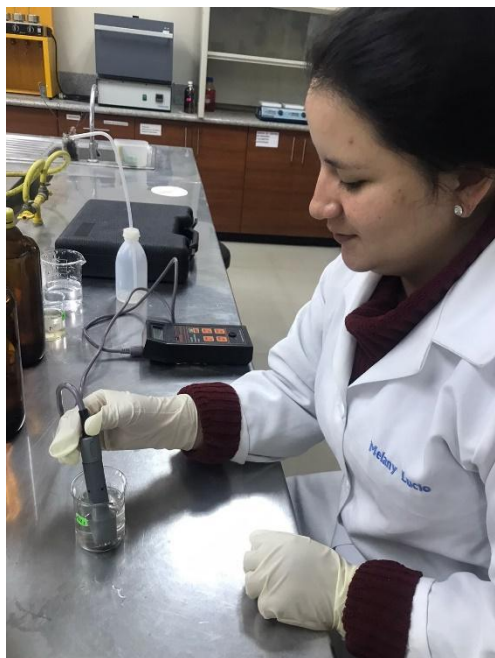
Determinación de nitritos, nitratos, amonio y fosfatos con el equipo colorímetro LAMMOTTE



Análisis de DQO



Análisis de DBO<sub>5</sub>



Análisis de conductividad eléctrica

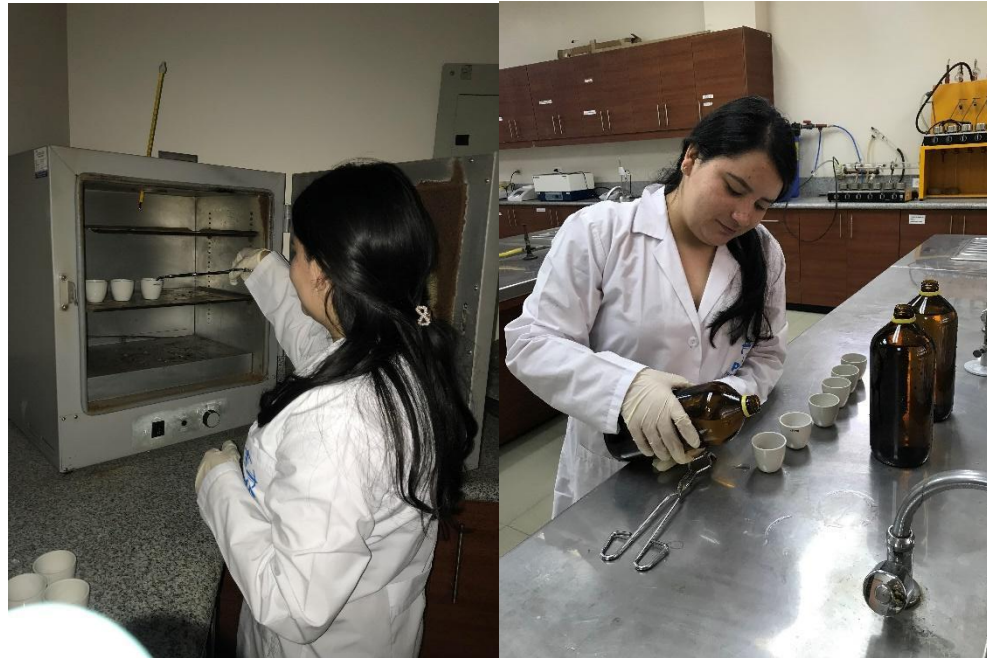


Análisis de Turbiedad

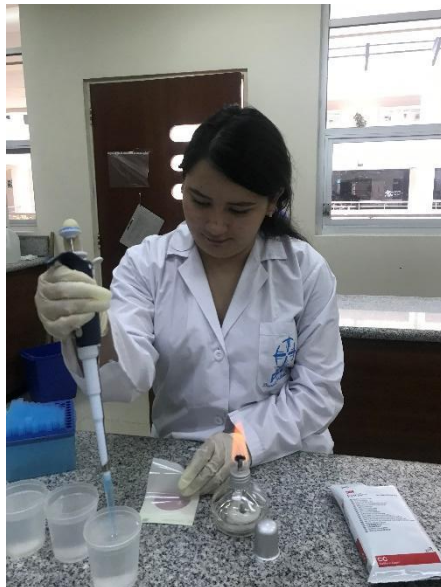


Determinación de grasas y aceites





Análisis de sólidos totales



Determinación de coliformes totales

## Anexo 3. Datos de la Investigación

Datos fisicoquímicos y biológicos de la primera salida de campo realizada el 09 de mayo de 2022

DATOS DE LOS AFLUENTES QUE INGRESA A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA																						
Hora	Fecha	Coordenadas		Oxígeno		Caudal Q (l/s)				Temperatura °C	pH	Conductividad µS/cm	Sólidos Totales mg/l	Gras y aceites mg/l	DBO5 mg/l	DQO mg/l	Turbiedad /NTU	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Amonio mg/l	colif.totales NTU
		Coordenadas x	Coordenadas y	mg/L	%	Ancho W (m)	Profundidad P (m)	Velocidad m/s	Total													
09:00	9 de mayo del 2022																					
Afluentes que ingresan a la Laguna de Yahuarcocha	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	821937	10041916	0.21	34	1.5	0.33	0.006	0.003	21	7.24	237	447.5	55	61	105.9	17.1	0.09	0.44	1.88	1.51	670
	Acequia "San Antonio"	823798	10041031	4.76	57	1.3	0.19	0.5	0.124	14	7.44	202	240	30	44	66.9	20	0.06	0.31	0.98	0.89	240
	PTAR	823117	10040622	3.72	61	0.2	0.2	0.3	0.012	21.9	7.43	165	425	50	88	112.2	2.36	0.06	0.38	3.96	3.29	425
	Quebrada "Manzano Huayco"	822766	10040081	5.05	52	3.46	0.6	0.6	1.246	14.2	7.24	146.5	170	44	61	73.5	6.82	0.04	0.58	0.55	0.75	170
	Quebrada "Polo Golo"	822752	10039818	4.99	64	1.15	0.22	0.5	0.127	12.9	7.11	165	207.5	35	45	54.9	12.2	0.15	0.13	1.74	0.62	207

Cálculo de la carga contaminante primera salida de campo realizada el 09 de mayo de 2022

Muestra	Caudal Q	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)	PARAMETROS EUTROFISADOS		Factor de Conversión	Carga contaminante mg/s		
					Nitrogeno Total (mg/l)	Fosfatos (mg/l)		NITROGENO TOTAL	Fosfatos (mg/l)	
1	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	0.00297	0.09	0.44	0.21	0.1824	0.88	0.0864	4.6805E-05	2.2582E-04
2	Acequia "San Antonio"	0.1235	0.06	0.31	0.03	0.0693	0.61	0.0864	7.3946E-04	6.5089E-03
3	PTAR	0.012	0.06	0.38	0.29	0.1702	3.96	0.0864	1.7646E-04	4.1057E-03
4	Quebrada "Manzano Huayco"	1.2456	0.04	0.58	0.15	0.127	0.29	0.0864	1.3668E-02	3.1210E-02
5	Quebrada "Polo Golo"	0.1265	0.15	0.3	0.02	0.156	0.74	0.0864	1.7050E-03	8.0879E-03
6	Quebrada "El Quince"	LA QUEBRADA EN LA FECHA DEL 09 DE MAYO DE 2022 ESTUVO SECA								

Datos fisicoquímicos y biológicos de la segunda salida de campo realizada el 09 de julio de 2022

DATOS DE LOS AFUENTES QUE INGRESAN A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA																										
Hora	Fecha	Coordenadas		Oxígeno Disuelto			Caudal Q (l/s)					Humedad Relativa RH%	Temperatura °C	pH	Conductividad	Sólidos Totales mg/l	Grasas y aceites	DBO	DQO	Turbiedad NTU	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Amonio	coliformes totales	
		Coordenadas (x)	Coordenadas (y)	mg/L	O2 (%)	SAT. RATIO %	Ancho W (m)	Profundidad P (m)	Velocidad m/s	Total																
14:00:00 p.m.	9 de julio de 2022	Sin nombre (está cerca de la Aduana)		82.1937	100.41916	5.1	8.5	55.3	1.2	0.12	0.004	0.000576	56.7	20	7.86	294	462.5	28	77	102.4	18.8	0.09	0.31	2.18	1.58	680
		Acequia "San Antonio"		82.3789	100.41031	4.6	10.1	45.6	1.15	0.16	0.5	0.092	55	15	7.45	189	202.5	43	64	60.6	14	0.1	0.18	1.2	0.28	202
		PTAR		82.3117	100.40162	5.8	9.6	63.4	0.2	0.2	0.4	0.016	47.7	22	7.27	254	365	43	77	110.7	5.96	0.08	0.28	3.35	2.43	465
		Quebrada "Manzano Huayco"		82.2765	100.40081	5.3	9.8	57.3	3.2	0.14	0.8	0.3584	48.2	13.5	7.74	191	147.5	40	72	79.8	5.19	0.03	0.24	0.9	0.65	147
		Quebrada "Polo Golo"		82.2757	100.39918	4.1	7.4	45.4	0.93	0.11	0.4	0.04092	50.6	13.5	7.61	206	192.5	37	34	46.4	113	0.04	0.14	1.83	0.61	192
		Quebrada "El Quince"		82.2673	100.39303	6.2	11.6	60.3	1.3	0.05	0.9	0.0585	61.5	14.61	7.65	167	180	38	64	84	10.37	0.06	0.12	0.8	1.24	180

Cálculo de la carga contaminante segunda salida de campo realizada el 09 de mayo de 2022

Muestra	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	Caudal Q	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)	PARAMETROS EUTROFISADOS		Carga contaminante mg/s		
						Nitrogeno Total mg/l	Fosfatos (mg/l)	Factor de Conversión	Nitrogeno Total mg/l	Fosfatos mg/l
1	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	0.000576	0.09	0.31	0.28	0.68	1.18	0.0864	3.38412E-05	0.0000587
2	Acequia "San Antonio"	0.092	0.1	0.18	0.06	0.34	12.7	0.0864	0.002702592	0.1009498
3	PTAR	0.016	0.08	0.28	2.43	2.79	2.35	0.0864	0.003856896	0.0032486
4	Quebrada "Manzano Huayco"	0.3584	0.03	0.24	0.32	0.59	0.45	0.0864	0.018269798	0.0139346
5	Quebrada "Polo Golo"	0.04092	0.04	0.14	0.11	0.29	0.82	0.0864	0.001025292	0.0028991
6	Quebrada "El Quince"	0.0585	0.06	0.12	0.04	0.22	0.8	0.0864	0.001111968	0.0040435

Datos fisicoquímicos y biológicos de la tercera salida de campo realizada el 05 de septiembre de 2022

DATOS DE LOS AFLUENTES QUE INGRESAN A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA																										
Hora	Fecha	Coordenadas		Oxígeno Disuelto			Caudal Q (l/s)				Humedad Relativa R-%	Temperatura °C	pH	Conductividad	Sólidos Totales			DBO	DQD	Turbiedad NTU		Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Amonio	colif. totales
		Coordenadas (x)	Coordenadas (y)	mg/L	O2(%)	SAT. RATIO%	Arbro W(m)	Profundidad P (m)	Velocidad m/s	Total					mg/l	Gas y aceites	DEB			U	N					
Afluentes que ingresan a la Laguna de Yahuarcocha	Sin nombre (está cerca de la Aduana)	829937	10040196	2.76	7.5	32.3	1.2	0.12	0.001	0.000144	40	22	7.46	340	492.5	40	88	91.6	53.5	0.13	0.44	3.5	1.3	692		
	Acequia "San Antonio"	823736	10040103	1.7	4	28.6	1.15	0.16	0.007	0.001288	56.7	14.5	7.46	282	235	41	55	67.2	3.52	0.02	0.08	0.82	0.85	235		
	PTAR	823117	10040222	2.45	5.2	25.3	0.2	0.2	0.6	0.024	51.7	21	7.023	423	417.5	45	71	101	10.89	0.03	0.35	3.6	3.2	480		
	Quebrada "Manzano Huayco"	822766	10040081	2.48	6.2	32	3.2	0.14	0.6	0.2688	54.6	13.8	5.99	195	157.5	38	51	71	2.05	0.02	0.11	0.65	0.8	159		
	Quebrada "Polo Golo"	822752	10039988	3	7.4	39.2	0.98	0.11	0.3	0.03069	55.7	12.5	6.31	212	185	46	55	75.5	2.76	0.03	0.1	1.4	0.52	185		
	Quebrada "El Quince"	826523	10039908	3.05	7.3	38.6	1.3	0.05	0.9	0.0585	57.5	15	6.95	210	177.5	34	61	89.4	4.22	0.04	0.9	1.31	1.22	177		

Cálculo de la carga contaminante tercera salida de campo realizada el 09 de mayo de 2022

Muestra	Caudal Q	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio	PARAMETROS EUTROFISADOS		Factor de Conversión	Carga contaminante mg/s	
					Nitrogeno Total	Fosfatos (mg/l)		Nitrogeno Total	Fosfatos (mg/l)
1 Sin nombre (está cerca de la Aduana)	0.000144	0.13	0.44	5.3	5.87	8.5	0.0864	7.30322E-05	0.000106
2 Acequia "San Antonio"	0.001288	0.02	0.08	0.01	0.11	0.82	0.0864	1.22412E-05	0.000091
3 PTAR	0.024	0.08	0.36	9.2	9.64	6.6	0.0864	0.019989504	0.013686
4 Quebrada "Manzano Huayco"	0.2688	0.02	0.11	0.04	0.17	0.77	0.0864	0.003948134	0.017883
5 Quebrada "Polo Golo"	0.03069	0.03	0.1	4.2	4.33	3.4	0.0864	0.011481497	0.009015
6 Quebrada "El Quince"	0.0585	0.04	0.9	0.02	0.96	4.31	0.0864	0.004852224	0.021784

Cálculos de la media ICA de los afluentes que ingresan a la laguna de Yahuarcocha

Repeticiones	Afluente cercano a la Aduana	Acequia "San Antonio"	PTAR "Yahuarcocha"	Que brada "Manzano Huayco"	Que brada "Polo Golo"	Que brada Tahuando "El Quince"
repetición 1	46.43	54.62	55.69	61.01	57.23	
repetición 2	51.86	56.51	55.68	62.97	54.73	58.84
repetición 3	48.27	51.95	44.09	49.73	57.11	47.36
<b>MEDIA</b>	<b>48.85333333</b>	<b>54.36</b>	<b>51.82</b>	<b>57.90333333</b>	<b>56.3566667</b>	<b>53.1</b>
<b>Calidad del agua</b>	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular