



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL  
AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE  
IMBABURA”**

Requisito previo para optar por el Título de Licenciada en Laboratorio Clínico

**Autora:** Bastidas Obando, Sisa Ariana

**Tutor:** Bq. F. Mg. Guangasig Toapanta, Víctor Hernán

**Ambato – Ecuador**

**Febrero 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”** de la Srta. Sisa Ariana Bastidas Obando, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometida a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, febrero 2024

## **EL TUTOR**

.....  
Bq. F. Mg. Víctor Hernán Guangasig Toapanta

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

Los criterios emitidos en el Trabajo de Investigación sobre:

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”** como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor (a) de este trabajo de grado.

Ambato, febrero 2024

### **LA AUTORA**

.....  
Bastidas Obando, Sisa Ariana

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi tesis con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor(a).

Ambato, febrero 2024

## **LA AUTORA**

.....  
Bastidas Obando, Sisa Ariana

## **APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación sobre el tema **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”** de Sisa Ariana Bastidas Obando, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico.

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman

.....  
PRESIDENTE/A

.....  
1er VOCAL

.....  
2do VOCAL

## **DEDICATORIA**

Llena de regocijo, de amor y esperanza dedico este trabajo a mis padres José Bastidas y Jeni Obando, quienes son los principales promotores para haber llegado a culminar esta etapa muy importante de mi vida. De igual manera al pilar fundamental de mi vida mi querida hermana Lilian Anais Bastidas, un fiel ejemplo a seguir con tantos sueños y triunfos realizados, por último y más importante a mi compañero día a día, de desveladas y travesuras gatunas, mi pequeño foquito.

A mi familia, amigos cercanos y sobre todo a mi pareja actual Carlos, quien me ha apoyado incondicionalmente en mis decisiones y quien es importante en mi vida.

Bastidas Obando, Sisa Ariana

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis docentes universitarios desde mi inicio académico que me han compartido la sabiduría y el significado de un verdadero profesional, brindándome sus conocimientos y experiencias compartidas durante estos años en esta gratificante carrera.

Bastidas Obando, Sisa Ariana

## ÍNDICE GENERAL

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	iii
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	iv
<b>APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>SUMMARY</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</b> .....	3
<b>1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	10
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>1.3.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	14
<b>1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	14
<b>CAPÍTULO II</b> .....	15
<b>METODOLOGÍA</b> .....	15
<b>2.1. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS</b> .....	15
<b>2.1.1. HUMANOS</b> .....	15
<b>2.1.2. INSTITUCIONALES</b> .....	15
<b>2.1.3. MATERIALES</b> .....	15
<b>2.1.4. REACTIVOS</b> .....	15
<b>2.1.5. EQUIPOS</b> .....	16



<b>2.2. MÉTODOS</b> .....	16
2.2.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.2.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.2.3. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.2.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
<b>2.3. SELECCIÓN DEL ÁREA O AMBITO DEL ESTUDIO</b> .....	17
2.3.1. CAMPO .....	17
2.3.2. ÁREA .....	17
2.3.3. ASPECTO .....	17
2.3.4. OBJETO DE ESTUDIO .....	17
2.3.5. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	17
2.3.6. DELIMITACIÓN TEMPORAL .....	18
<b>2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	19
2.4.1. UNIVERSO .....	19
2.4.2. MUESTRA .....	19
2.4.3. LUGAR O PUNTOS DE MONITOREO .....	19
2.4.4. TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	20
<b>2.5. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN</b> .....	21
<b>2.6. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS</b> .....	21
2.6.1. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	21
2.6.2. PROCEDIMIENTO PARA EL RECUENTO DE <i>E. coli</i> / coliformes .....	22
2.6.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO .....	24
<b>CAPÍTULO III</b> .....	27
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	27
<b>3.1. VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS</b> .....	27
3.1.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL MES DE OCTUBRE .....	27
3.1.2. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL MES DE NOVIEMBRE .....	28

3.1.3.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL MES DE DICIEMBRE .....	29
3.1.4.	PROMEDIOS GENERALES DE VARIOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AÑO 2016 AL 2023.....	30
3.1.5.	POTENCIAL HIDRÓGENO (pH).....	31
3.1.6.	TEMPERATURA .....	32
3.1.7.	CONDUCTIVIDAD .....	34
3.1.8.	OXÍGENO DISUELTO .....	35
3.2.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	37
3.2.1.	Contaje de <i>Escherichia coli</i> .....	37
3.2.2.	COLIFORMES .....	40
	<b>CAPITULO IV</b> .....	46
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	46
4.1.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	46
4.2.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	46
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
	<b>ANEXOS</b> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la Laguna de Yahuarcocha.....	13
Tabla 2. Parámetros morfométricos de la Laguna de Yahuarcocha.....	18
Tabla 3. Puntos de Toma de Muestra de la Laguna de Yahuarcocha .....	20
Tabla 4. Uso de las Placas 3M Petrifilm .....	22
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos, según DS N° 031-2010-SA – Perú.....	24
Tabla 6. Parámetros Disponibles para el YSI ProDSS .....	25
Tabla 7. Resultados de las características físico–químicas del mes de octubre del agua de la Laguna de Yahuarcocha 2023 .....	27
Tabla 8. Resultados de las características físico–químicas del mes de noviembre del agua de la laguna de Yahuarcocha 2023.....	28
Tabla 9. Resultados de las características físico–químicas del mes de diciembre del agua de la laguna de Yahuarcocha 2023 .....	29
Tabla 10. Variación de los parámetros fisicoquímicos desde el 2016 al 2023.....	30
Tabla 11. Valores estadísticos del pH del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	31
Tabla 12. Valores estadísticos de la temperatura del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	32
Tabla 13. Valores estadísticos de la conductividad del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	34
Tabla 14. Valores estadísticos del oxígeno disuelto del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	35
Tabla 15. Contaje de <i>E. coli</i> en el punto 1 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	37
Tabla 16. Contaje de <i>E. coli</i> en el punto 2 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	38
Tabla 17. Contaje de <i>E. coli</i> en el punto 3 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	38
Tabla 18. Contaje de <i>E. coli</i> en el punto 4 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	39
Tabla 19. Contaje de coliformes totales en el punto 1 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023.....	40
Tabla 20. Contaje de coliformes totales en el punto 2 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	41
Tabla 21. Contaje de coliformes totales en el punto 3 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	42
Tabla 22. Contaje de coliformes totales en el punto 4 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023 .....	42

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca de la laguna de Yahuarcocha. .	13
Gráfico 2. Ubicación Laguna de Yahuarcocha.....	18
Gráfico 3. Ubicación de los puntos de muestra .....	20
Gráfico 4. Valores del pH del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	31
Gráfico 5. Valores de la temperatura del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023 .....	33
Gráfico 6. Valores de la conductividad del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023.....	34
Gráfico 7. Valores del oxígeno disuelto del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos del muestreo del agua de la Laguna de Yahuarcocha .....	52
Anexo 2. Toma de muestra del agua de la Laguna de Yahuarcocha.....	54
Anexo 3. Análisis fisicoquímico del agua de la Laguna de Yahuarcocha .....	56
Anexo 4. Análisis microbiológico de las muestras del agua de la Laguna de Yahuarcocha ..	57
Anexo 5. Carta de compromiso entre el Analista de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra y la Facultad de Ciencias de la Salud. ....	60
Anexo 6. Permiso del uso y equipos del laboratorio clínico.....	61

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL  
AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE  
IMBABURA”**

**Autora:** Bastidas Obando, Sisa Ariana

**Tutor:** Bq. F. Mg. Guangasig Toapanta, Víctor Hernán

**Fecha:** febrero de 2024

**RESUMEN**

La Laguna Yahuarcocha es uno de los recursos naturales de crucial y notable relevancia dentro de la zona norte del Ecuador. El objetivo principal de este estudio es caracterizar físicoquímica y bacteriológicamente el agua de la Laguna de Yahuarcocha, Cantón San Miguel de Ibarra, Provincia de Imbabura; estudio que se realiza bajo una perspectiva de salud pública para evaluar su calidad y establecer los niveles de contaminación existentes en el agua. Esta investigación posee una metodología de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, de tipo transversal, de campo, de laboratorio y con un diseño no experimental. Los objetivos específicos abordaron la determinación de las características físicoquímicas y la identificación bacteriana, pruebas que se realizaron bajo las normativas de calidad vigente, los resultados establecieron claramente un nivel preocupante en la contaminación del agua de la laguna, señalando la urgencia de intervenciones directas y la recomendación de mejoras en el tratamiento de aguas residuales, como también el control de fuentes de contaminación, el monitoreo continuo, educación ambiental y colaboración interinstitucional. Este estudio contribuye como un factor para la promoción de la salud de todos los seres que habitan y concurren dentro de este sector, bajo una propuesta de garantizar un equilibrio sostenible entre la conservación ambiental y las actividades humanas en la laguna.

**PALABRAS CLAVE:** Características físicoquímicas, Características bacteriológicas, Calidad del agua, Laguna.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL  
AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE  
IMBABURA”**

**Autora:** Bastidas Obando, Sisa Ariana

**Tutor:** Bq. F. Mg. Guangasig Toapanta, Víctor Hernán

**Fecha:** febrero de 2024

**SUMMARY**

The Yahuarcocha Lagoon is a crucial natural resource in the province of Imbabura, Ecuador. The main objective of this research is to characterize physicochemically and bacteriologically the water of the Yahuarcocha Lagoon, San Miguel de Ibarra Canton, province of Imbabura, a study that is carried out from a public health perspective to evaluate its quality and establish the real contamination levels in Water. This research has a descriptive level methodology, with a quantitative, transversal, field, laboratory approach and a non-experimental design. The specific objectives address the determination of the physicochemical characteristics and bacterial identification, which, thanks to the data from the tests carried out, clearly developed a worrying level of contamination of the lagoon water, pointing out the urgency of direct interventions and the recommendation of improvements, in wastewater treatment, control of pollution sources, continuous monitoring, environmental education and inter-institutional collaboration. This study contributes as a factor to the promotion of the health of the Yahuarcocha Lagoon and all the beings that inhabit and coexist within this sector, under a proposal to guarantee a sustainable balance between environmental conservation and human activities in the sector.

**KEYWORDS:** Physicochemical characteristics, Bacteriological characteristics, Water quality

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la contaminación de diversos lagos y lagunas rodeadas de las urbes ha generado graves consecuencias para la salud humana y estos ecosistemas, ya que debido a la desinformación y la falta de una conciencia social en cuanto al control periódico de la calidad del agua que es un recurso vital e irremplazable actualmente se encuentra comprometida.

El cambio físico, químico y biológico de los parámetros óptimos del agua tiene un efecto nocivo para el ser vivo que consume de ella, esta problemática tiene un alcance global con graves consecuencias ambientales, sociales y económicas. Estos cuerpos de agua, que son ecosistemas vitales para la biodiversidad y el sustento humano están siendo afectados por una variedad de contaminantes que van desde desechos industriales y agrícolas hasta residuos urbanos y productos químicos nocivos.

En San Miguel de Ibarra conocida coloquialmente como “la ciudad blanca”, que es una urbe ubicada al norte del Ecuador y renombrada como la capital de la “provincia de los lagos” Imbabura, se encuentra la microcuenca denominada Laguna de Yahuarcocha, que cuenta con una flora y fauna endémica reconocida tanto a nivel nacional e internacional, como por ejemplo la *Schoenoplectus californicus* conocida popularmente como “totorá”, que es una planta utilizada para realizar artesanías tradicionales como esteras y sombreros de paja, además de ser un albergue para ciertas especies, sin contar también, la gran belleza geográfica que posee esta laguna convirtiéndola en un punto central del turismo para el cantón Ibarra, con sus múltiples actividades acuáticas y gastronómicas, promoviéndola a ser un territorio altamente turístico, de gran afluencia humana y un recurso bastante importante para la economía de sus habitantes y del cantón.

Aunque la mayoría de las personas nombran orgullosos el nombre de Yahuarcocha cómo el imponente lago de sangre por su traducción del kichwa y la gran riqueza histórica que lleva por detrás, actualmente al referirse a ella causa nostalgia y preocupación en la mayoría de sus pobladores, ya que la reciente conciencia ambiental y social ha sacado a la luz el alarmante dato sobre el agua de la laguna, que actualmente



se presenta como un recurso limitado y que se encuentra contaminado desde sus nacientes, inferencia que se relaciona a las descargas continuas de aguas residuales en las quebradas de la misma, a la agricultura mal llevada, introducción de especies ajenas, distribución informal de construcciones y contaminantes varios, que la convierten en un factor de amenaza para la salud y la vida de quienes la habitan y visitan. Es así que, con el fin fundamental de conocer información verdadera y rescatar datos reales que sirvan como punto de partida ante la preocupación de la salud pública del sector, el objetivo de esta investigación es evaluar y comparar la información en cuanto a los parámetros fisicoquímicos de la toma de muestras de cuatro puntos específicos de la Laguna de Yahuarcocha, ya que existe una variabilidad en el tiempo y ayuda a estimar la salud del ecosistema en la laguna estudiada.

Los parámetros claves para evaluar la calidad del agua son el pH para medir la acidez, la temperatura que puede afectar la solubilidad, la conductividad que indica la presencia de sales, la turbidez para la claridad o transparencia de esta, los sólidos totales disueltos y cloro residual que indica la eficacia de la desinfección.

Los parámetros medidos se deben comparar con los valores estándar bajo la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua del Libro VI Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y bajo las normas establecidas por entes gubernamentales como la Dirección de Ambiente del Gobierno Provincial de Imbabura, Ilustre Municipalidad de San Miguel de Ibarra y de instituciones académicas.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Córdoba M. Alejandra y col., en su artículo titulado “Agua y Salud humana” señala que alrededor del 97% de agua del planeta se encuentra en los océanos, mientras que del 3% restante se encuentra en casquetes polares, ríos, lagos, lagunas y subsuelos, donde solo existen dos fuentes utilizadas por el hombre que es las superficiales y subterráneas, donde el proceso de contaminación humana reduce el uso del mismo, ya que el agua es portadora de microorganismos y parásitos, causantes de enfermedades hasta la muerte, donde la contaminación es originada por sustancias químicas y contaminantes microbiológicos, como consecuencia el mundo ha sido documentado por diversos brotes de origen hídrico (1).

Nicéforo B. Paulino y col., en su investigación “Impactos de la contaminación de microcuencas en Huánuco sobre la calidad de vida de los pobladores” publicada el 2022 en Perú, menciona que los habitantes de las cuencas y microcuencas analizadas de Huánuco arrojan sus desechos sólidos a la orilla o cercano a este, causando la contaminación de la flora, fauna y sobre todo del recurso hídrico. En las microcuencas se encuentran áreas productivas regadas por el recurso hídrico contaminado afectando al producto agrícola mismos que son llevados para el consumo humano, sin el control sanitario adecuado que no garantizan la calidad alimentaria, ni salud pública de los habitantes en la ciudad de Huánuco. De acuerdo con los resultados del estudio se recomienda una necesaria educación ambiental sostenida para no volver a la devastación y contaminación de los recursos hídricos (2).

López O. Marisela y col., en la publicación "Evaluación estacional de las características fisicoquímicas del agua en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México", analizó las características fisicoquímicas del agua en la Laguna de Tampamachoco en diferentes estaciones climáticas, ya que se observaron notables diferencias en el comportamiento de estas características en relación con las estaciones climáticas. Tomando en cuenta que las variables de temperatura, pH, porcentaje de

saturación de oxígeno, salinidad, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y transparencia fueron medidas directamente en el sitio (in situ) y tuvo un resultado con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las estaciones climáticas para todas las variables excepto la transparencia, mientras que no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes lugares de muestreo. Los valores máximos promedio de pH, porcentaje de saturación de oxígeno y SDT se registraron en invierno de 2009, salinidad y CE en primavera, y temperatura en verano. Los valores mínimos promedio se registraron en verano para el porcentaje de saturación de oxígeno y CE, en otoño para pH, salinidad y SDT, y en invierno de 2010 para la temperatura. En cuanto a los diferentes sitios de muestreo, las variables mostraron un comportamiento uniforme. Esto quiere decir que los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas en la Laguna de Tampamachoco de Veracruz indican que su variación está relacionada con los cambios climáticos (3).

Cusiche P. Leoncio y col., en su trabajo “Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú” publicado el 2 de octubre del 2020 menciona que el 72% de los lagos están contaminados por los vertientes urbanos e industriales provocando así más de la mitad de las enfermedades infecciosas conocidas (4).

La contaminación es uno de los mayores problemas ambientales siendo así que en el lago Junín se realizaron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de muestras del agua tanto de los canales de descarga y del espejo del agua del lago, realizando pruebas in situ de las medidas de la conductividad eléctrica, pH, turbidez y la temperatura del agua; el análisis bacteriológico utilizando el método de ensayo “Colilert/IDEXX Quanti-Tray/2000, número más probable (NMP) para coliformes y *E. coli*” y para los indicadores bioquímicos, se realizó la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), oxígeno disuelto (O2) por el método electrodo de membranas y la demanda química de oxígeno (DQO) por reflujó cerrado fotométrico. Teniendo, así como resultados de temperatura una media de 12.2 °C, de conductividad una media de e 455  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un pH de rango 7.7 a 8.37, de dureza  $\text{CaCO}_3$  de 124 a 134 mg/L, los cloruros tienen una media de 13.01 mg/L, la concentración de sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) tiene una media 38 mg/L, del oxígeno disuelto (OD) una media por debajo de 5

mg/L de los límites permisibles para lagos y lagunas. De acuerdo con el análisis y resultado el lago Junín se encuentran evidencias de contaminación, ya que sus componentes fisicoquímicos superan los estándares de calidad ambiental para agua de lago y lagunas, los resultados bacteriológicos la concentración de coliformes termotolerantes en período de lluvia son menores con respecto al período de estiaje del cuerpo de agua del lago, lo que permite afirmar que no existe tratamiento de las aguas residuales de las ciudades circundantes. El agua del lago en las áreas de vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Óndores indicó un Índice de Calidad del agua ICA de 50, ciudad de Junín con ICA de 47,62 y ciudad de Carhuamayo con ICA de 48,6, considerándose en un nivel de mala calidad (4).

Barrera H. Julio y col., en su trabajo “Contaminación en el Lago de Tota, Colombia: toxicidad aguda en *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) e *Hydra attenuata* (Hydroidea: Hydridae)” publicada en el año 2019. Se realizó la toma in situ de variables físicas y químicas del agua como temperatura (°C) y pH con pH-metro Handylab pH11/SET, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con conductímetro YSI 30, saturación de oxígeno (%) con oxímetro YSI 55 y dureza ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ , alcalinidad ( $\text{mg}/\text{l HCO}_3^-$ ), amonio ( $\text{mg}/\text{l NH}_4^+$ ), fosfatos ( $\text{mg}/\text{l PO}_4\text{-P}$ ) y nitratos ( $\text{mg}/\text{l NO}_3\text{-N}$ ) donde se determinó los altos niveles de conductividad y dureza, pero con bajos valores de saturación de oxígeno. De igual manera se realizaron pruebas de toxicidad donde se registró más de cinco nuevos plaguicidas no cuantificados antes en la cuenca de la laguna, esto debido que la cuenca del Lago Tota ha sido modificada por diversas actividades humanas con el uso elevado de agroquímicos y gallinaza cruda, así causando el deterioro ecológico de la alta montaña más grande de Colombia y sobre todo la afectación a la salud humana para las futuras generaciones con la presencia de estos disruptores hormonales como los plaguicidas, dieldrin, clorotalonilo, que pueden causar la alteración del equilibrio hormonal (5).

En Ecuador, se han realizado varios estudios con relación a determinar la calidad de agua con el fin de conocer su riesgo ante un posible problema de salud pública, investigaciones que se verifican gracias a el análisis fisicoquímico y microbiológico. Uno de ellos, denominado “Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas de la laguna del Quilotoa de la zona central del Ecuador” publicada el 07 de enero del

2020 por Llagua Arévalo Tannia, en donde se encuentra que la laguna estudiada presenta una alcalinidad de 929 mg/L, la conductividad de 16.10 mg/L, el pH de 7.41, de sólidos totales de 7.86 mg/L, una turbidez de 1.80 NTU, sulfatos de 2532 NTU, nitrosos de 0.007 mg/L, nitratos de e 0.802 mg/L, fósforo de 0.17 mg/L y cloruros de 40.51 mg/L y un promedio de *E.coli* de 1.3 UFC/mL y de coliformes totales de 19/100 mL; lo que según la Norma de Calidad de Agua DS N° 031-2010-SA, se encuentran fuera del valor aceptable para el consumo humano convirtiéndola en un riesgo potencial para la salud pública (6).

De la misma manera, López Vargas Mayra A. en su trabajo sobre “Caracterización Físico-Química y Bacteriológica De Aguas De La Laguna De Colta, Zona Central Del Ecuador” publicada el 1 de febrero del 2019, realizado en el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato Campus Querochaca, permitió conocer que el agua de la laguna se encuentra en la clasificación de agua poco contaminada bajo los parámetros establecidos por el Índice de Calidad de Agua ICA en la que posee un nivel de 50, esto quiere decir que se requiere de un tratamiento para su uso, esta conclusión que se obtuvo después de haber realizado los análisis fisicoquímicos en donde sus resultados fueron en relación a temperatura promedio de 18.3°C, a pH con un promedio de 8, la conductividad presentó un promedio de 1.028  $\mu$ S/cm, los sólidos totales promedio son de 501.8 mg/L, los cloruros presentan un promedio de 20.97 mg/L, los nitritos promedio son de 0.03 mg/L, los nitratos presenta un promedio 5.33 mg/Ly la turbidez promedio fue de  $12.92 \pm 0.55$  NTU (7).

Según Mejia V. Dennys y col., en el estudio realizado “Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán” de la Universidad Nacional de Chimborazo publicado en 1 de junio del 2023, con valores establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 97-A donde se establece los criterios de calidad del agua para fines recreativos y riego agrícola, se registró que la laguna de Colta se encuentra en una categoría regular de acuerdo en los índices de calidad de agua ICA con el resultado de 64, mientras que la laguna de Magtayan se encuentra en la categoría como buena con un valor de 73, ya que en la laguna de Colta existe la presencia de contaminantes como basura, vertido de aguas residuales, animales muertos, entre otros; debido que existe un fácil acceso directo a la laguna, lo cual quiere decir una mayor

contaminación. Mientras que la laguna de Magtayán se encuentra en una zona protegida (8).

Los estudios realizados por Tiscama Flores Denix A., en su trabajo titulado “Caracterización Físicoquímica Y Bacteriológica De Las Aguas De La Laguna De Ozogoché De La Zona Central Del Ecuador”, publicado el 1 de febrero del 2020, donde se midió 11 parámetros físicoquímicos que tuvieron como resultados de el pH con una concentración de 7.84, una temperatura de 14°C, los nitratos de 0.41 mg/L, de nitritos 0.004 mg/L, una turbidez de 0.96 UTN, nula concentración de sulfatos 0 ppm, amoníaco de 0.002 mg/L, sólidos disueltos totales de 30 ppm, una conductividad de 57  $\mu\text{mho/cm}$ , una alcalinidad de 47 mg/L. En el análisis bacteriológico se determinó un conteo de Coliformes totales de 296.71 UFC/100 mL, superior al valor establecido por la DIGESA, obteniendo como resultado final que la laguna se encuentra en un rango de 82 con el Índice de Calidad de Agua ICA, dando como resultado que al momento es una laguna no contaminada (9,10).

Apoyando a esta afirmación, con relación a la Laguna de Yahuarcocha solamente existe cierta información correspondientes a años anteriores que permiten dar un indicio al estado en el que se encuentra la calidad del agua de la laguna.

Es así el caso de la investigación realizada por Quimbiamba M. Nelly P. y Sánchez B. Alexandra E. denominada “Análisis Espacio Temporal De La Calidad De Agua Del Lago Yahuarcocha Utilizando Métodos Convencionales Y Sensores Remotos” donde se utilizó información solicitada al laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado “EMAPA-I” que comprende desde el año 2017 al 2020 para compararlos con valores del 2021 sobre parámetros físicoquímicos y microbiológicos, el promedio de pH de 8.86, una temperatura de 23.2 °C, una conductividad eléctrica de 538 a 589  $\mu\text{S/cm}$ , los sólidos totales tienen un valor promedio de 456.7 mg/L, la demanda bioquímica de oxígeno de 127 mg/L, un promedio de oxígeno disuelto de 15.9% y en el área microbiológico, se hizo un conteo de Coliformes Totales de entre agosto con un valor mínimo de 243.3 UFC/100 mL, con el mes de octubre con un valor de 270 UFC/100 mL. Con respecto al mes de noviembre se registró un valor de 2743 UFC/100 mL y finalmente para diciembre con un valor máximo de 4143 UFC/100 mL

teniendo en cuenta la Normativa de TULSMA, Libro VI, ANEXO 1, para la calidad de agua para fines recreativos de contacto secundario, dentro del límite máximo permisible se muestra un valor de 4000 NMP/100 mL (11). Que puede verse afecta si no se realiza ninguna intervención oportuna dato que hoy en día no se ha logrado confirmar por la falta de información o estudios recientes.

Leiton P. Jose, en su artículo “Percepción ambiental de los habitantes de la microcuenca del lago Yahuarcocha: estrategias para la conservación y uso sustentable” publicado el 15 de enero del 2019, menciona que se encontró grandes problemáticas sobre la laguna donde la contaminación de las aguas representa el 61,2%, el mal manejo de los residuos sólidos un 51% y la destrucción de la vegetación del 19,9% ligadas a la contaminación de las aguas y al mal uso de los desechos. Por el cambio ambiental se ha reducido el espejo de agua y las actividades agrícolas alrededor del agua, teniendo en cuenta la principal causa por las actividades turísticas y el mal uso de los desechos, que tiene como consecuencia la generación de enfermedades en los habitantes, la flora y fauna de la laguna de Yahuarcocha (12).

La autora Espinosa M. Concepción, con su trabajo publicado como “Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos” publicado el 12 de julio del 2013, nos permite conocer que los macroinvertebrados acuáticos de la laguna nos dan un referente hacia la calidad del agua, ya que estos seres acuáticos viven y se alimentan del agua. Se utilizó variables fisicoquímicas pH, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno DBO y coliformes totales, donde se obtuvo valores donde la demanda química de oxígeno se encuentra bajo el límite máximo permisible 250 mg/L que da a conocer que la calidad de agua es mala, el oxígeno disuelto el cual es uno de los indicadores más importantes para la calidad del agua, donde el rango permisible es de 7 a 8 mg/L que se confirma que la calidad del agua es mala, el pH se encontró en los rangos permisibles entre 6 a 9, de igual manera el análisis de coliformes totales sobrepasan el valor máximo permisible 0 UFC/ 100 mL. Durante el muestreo de macroinvertebrados se encontró que en el Sitio A ubicado en las orillas de la laguna, se encontró una mayor diversidad de especies pertenecientes al tipo Díptera, Hemíptera y Odonata. Por otro lado, en el sitio B, situado en el canal del río Tahuando

predominaron especies tipo Coleóptera, Hemíptera y Díptera. Gracias a los resultados obtenidos, se concluye las principales causas de contaminantes de la Laguna de Yahuarcocha que son atribuibles a actividades turísticas y actividades humanas, tales como la liberación de desechos orgánicos, la acumulación de residuos sólidos, el vertido de aguas residuales, la utilización de fertilizantes en la agricultura y la presencia de ganado pastoreando en la zona. Así mismo, mediante el uso del Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) se determinó que las áreas cercanas a las orillas de la laguna de Yahuarcocha exhibieron una contaminación significativa, indicando una calidad de agua clasificada como "Muy Crítica" (13).

En el trabajo de titulación sobre “Determinación De Las Concentraciones De Plomo Y Cromo Asociados A Poblaciones De Typha Latifolia En La Laguna De Yahuarcocha, Provincia De Imbabura” publicado el 25 de marzo del 2020 por Benavides V. Fernanda L. y Méndez P. Johana P. se realizó la concentración de plomo y cromo en suelo, sedimentos y en agua, teniendo como resultado un valor máximo de plomo en agua de 0,0019 ppm cerca de la pista pequeña de Yahuarcocha y un valor mínimo 0,0005 ppm en el punto de muestra junto al Kayac. Se comparo estos valores con los Índices Eco Toxicológicos y la Normativa Ecuatoriana Ambiental vigente, Estándares de Calidad Ambiental ECA y Agencia de Protección Ambiental Estado Unidense EPA, donde se pudo que los metales evaluados presentaron un orden decreciente de contenido metálico plomo y cromo en época lluviosa, aunque para concentraciones más bajas las cuales no sobrepasan los límites máximos permisibles. En cuanto a plomo y cromo en época seca, se obtuvieron concentraciones significativamente elevadas. Esta contaminación por metales pesados se atribuye a la acumulación progresiva de los mismos a través del tiempo, ya que todos los vehículos que circulaban en el país y por ende alrededor de la Laguna Yahuarcocha utilizaban gasolina con plomo. La comparación de los resultados del cromo y plomo en agua con ECA, EPA y Acuerdo Ministerial no superan los valores establecidos en ninguna época, por lo que se considera como zona de leve contaminación por dichos parámetros (14).

En la investigación “Actualización Del Plan De Manejo Integral De La Microcuenca Hidrográfica De Yahuarcocha, Provincia De Imbabura” de la Dirección de Ambiente



del Gobierno Provincial de Imbabura - Ilustre Municipalidad de San Miguel de Ibarra, Actualización del 2022, menciona que la laguna de Yahuarcocha se encuentra en un estado hipertrófico con una valoración de 76 sobre 100 en el índice de estado trófico (TSI) de Carlson. Este índice utiliza principalmente tres variables; los pigmentos de clorofila, la profundidad de Secchi y el fósforo total, el cual se ha usado desde la metodología presentada en el Plan de Manejo Integral (PMI) del 2018. Lo cual ha permitido reconocer un cambio constante fisicoquímico, que gracias a ello se ha establecido que las principales causas de contaminación y la introducción de sedimentos están directamente vinculadas a los afluentes que desembocan en la laguna.

De igual manera, se puede evidenciar que tras realizar los cálculos y la proyección de los datos del índice de Eutrofización de Carlson que la laguna de Yahuarcocha se ha encontrado en niveles Mesotrófico, Eutróficos e Hipereutrófico, que conforme avanzan los años sigue apaleando una tendencia constante de aumento en este valor lo que genera una evidente degradación ambiental de la Microcuenca de Yahuarcocha (15).

## **1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

El recurso hídrico con relación al efecto que ha causado el ser humano por el aumento poblacional, la invasión de ambientes más el control inadecuado de sus cuerpos de agua, ha causado alteraciones en la vida de estos ecosistemas ocasionado un problema de salud pública tanto para sus pobladores como para todo tipo de vida a su alrededor.

Ecuador es uno de los principales países con paramos altoandinos, que proveen el recurso finito del agua, ya que los páramos son cruciales para la distribución del agua que actúan como esponjas naturales que liberan y almacenan agua gradualmente (16). A pesar de ello, últimamente en este medio siglo muchos de los lagos poco profundos han sufrido de eutrofización y proliferación incontrolada, debido a la acumulación de nutrientes, principalmente de nitrógeno y fosforo (17).

Antiguamente los lagos de poca profundidad presentaban aguas nítidas y claras, con la flora acuática inmersa en el fondo de esta, pero en la actualidad la eutrofización de

los lagos ha presentado un aumento de turbidez, como es el caso de la laguna de Yahuarcocha, debido a la acumulación de nutrientes y su deficiencia para diluirlos por su volumen de agua (17). De igual manera, se denomina un lago lacustre que se define como un ecosistema de agua sin salida al mar, de modo que tiene una interacción constante con el entorno (18).

La Laguna de Yahuarcocha es el primordial ícono turístico de la Provincia de Imbabura, además de que fue un escenario histórico en el año de 1478 con la guerra entre los Caranquis y los Incas obteniendo así su tan notable nombre para la historia (17) Estudios refieren que la laguna se formó aproximadamente hace 12 500 años en la era posglaciar, donde se cree que probablemente su formación se debe a la existencia de un gran cráter (19).

Hoy en día, la microcuenca de Yahuarcocha es un recurso finito, con aproximadamente cuatro mil habitantes a su alrededor, distribuidos por barrios en sus contornos como Priorato, Yahuarcocha y Aloburo (20). Las actividades humanas comienzan hace más de 2 500 años, con la presencia de los Caranquis con la explotación del terreno para la agricultura principalmente del frejol y maíz (19).

Actualmente, la Laguna de Yahuarcocha cuenta con una pista automotriz en su alrededor, construida en el año 1972 con el fin satisfactorio de promover las actividades turísticas a partir de esa época, actividades que se mantienen fuertemente hasta el día de hoy (19). Además, por la continua pesca, la inmensa afluencia turística y el desarrollo urbano constante, han sido actividades que han incrementado la contaminación de las aguas residuales, acompañado de los restos agroquímicos, aceites usados, residuos no biodegradables, han causado el deterioro y la eliminación consecuente de la fauna y flora (16).

El agua de la microcuenca y su afectación relacionada a la actividad humana no ha sido tratada adecuadamente, no obstante, la falta de coordinación de las entidades correspondientes en la ejecución de actividades eficaces ha colaborado a que su problemática se continúe agravando.

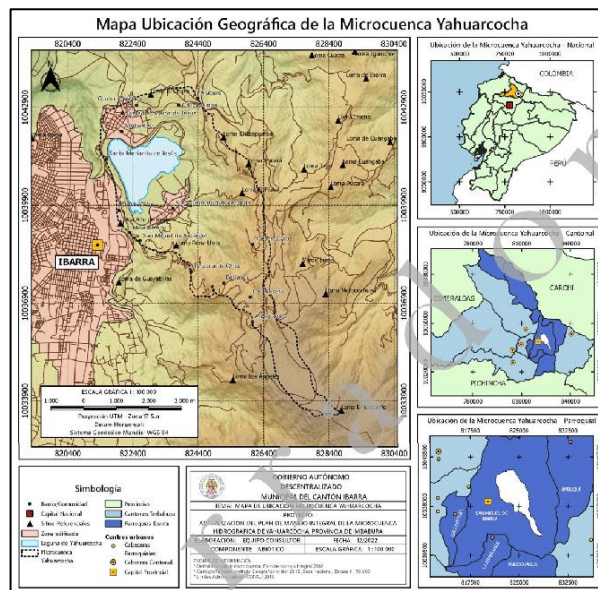
Los primeros estudios realizados en la laguna de Yahuarcocha fueron estudios de tipo limnológicos que se realizaron en el año 1977 (19), para conocer así las peculiaridades principales que se mantenían en este cuerpo de agua con relación a flora, fauna y características propias del agua.

El cambio climático ha sido sinónimo de los notables problemas en la Laguna de Yahuarcocha, como fenómenos de lluvias y sequías, que combinados con la vulnerabilidad social de dichas comunidades han indicado un mayor riesgo; los pobladores de dichos sitios no se encuentran informados de este fenómeno y el impacto que conlleva el mismo, simplemente se han adaptado a la variabilidad del clima (20).

Habitualmente la región Sierra del Ecuador sufre dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre, y una estación seca de junio a septiembre muy notable (19). Esta área ha mantenido su nivel de agua con ayuda de las lluvias, los principales afluentes son las quebradas de Polo-Glo y Manzana Huaycu-Santo Domingo, que se abastecen en las épocas secas por el canal del río Tahuando (19).

La versión actual del área geográfica de la microcuenca Yahuarcocha utilizada por el Ilustre Municipio de San Miguel de Ibarra – Equipo Consultor 2022, se generó en el año 2013 por el Instituto Geográfico Militar, que igualmente es responsable de la red vial y del sistema hídrico de quebradas y ríos. La entrada principal a la laguna es directamente por la panamericana E-35, que al mismo tiempo permite una vía corta al centro de la ciudad. El asentamiento principal con la orilla de la laguna se encuentra asfaltada y adoquinada, ya que, aquí se realizan las actividades turísticas habituales, actividades deportivas y gastronómicas (15).

Gráfico 1. Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca de la laguna de Yahuarcocha.



Fuente: Equipo consultor del GAD-I, 2022

La problemática actual de la microcuenca es su estado hipertrófico de 76%, el cual provoca un cambio variable de las propiedades fisicoquímicas, se ha establecido que la principal fuente de contaminación se encuentra en los afluentes de la laguna, tanto como en las orillas con restos de basura, productos de pesticidas, aceites, entre otros residuos (15). Se ha catalogado Yahuarcocha como una laguna eutrófica, por obtener valores de 956 mg/L de alcalinidad y un valor superior a 620 mS de conductividad (21).

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la Laguna de Yahuarcocha

Parámetro	Valor
Perímetro	8,77 km
Área	2,71 km <sup>2</sup>
Volumen	11.492.266,00 m <sup>3</sup>
Longitud máxima	2,35 km
Ancho máximo	2,06 km
Profundidad máxima	7,45 m
Profundidad promedio	3,86 m

Fuente: Equipo consultor del GAD-I, 2022

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar fisicoquímica y bacteriológicamente el agua de la Laguna de Yahuarcocha, Cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Determinar las características fisicoquímicas del agua de la Laguna de Yahuarcocha.
- 2) Cuantificar las bacterias presentes en la Laguna de Yahuarcocha mediante la utilización de placas 3M Petrifilm para *E. coli* y coliformes totales.
- 3) Establecer el nivel de calidad que tiene el agua de la Laguna de Yahuarcocha.

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS**

#### **2.1.1. HUMANOS**

- Autor del trabajo de investigación: Bastidas Obando, Sisa Ariana
- Tutor del trabajo de investigación: Bq. F. Mg. Guangasig Toapanta, Víctor Hernán

#### **2.1.2. INSTITUCIONALES**

- Biblioteca de la Universidad Técnica de Ambato- Campus Ingahurco
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra – Dirección de Gestión Ambiental
- Laboratorio Clínico HealthLab - Ibarra

#### **2.1.3. MATERIALES**

- Frascos estériles y desechables.
- Bolsas refrigerantes o bolsas con hielo cerradas.
- Cooler
- Equipo de Protección Personal.
- Etiquetas y Formularios de Muestreo.
- Pipeta y Puntas de pipetas.
- Lámpara de luz.

#### **2.1.4. REACTIVOS**

- Placas 3M Petrifilm para *E. coli* / Coliformes

- Solución salina 0.9%

### **2.1.5. EQUIPOS**

- Medidor multiparamétrico YSI PRODSS.
- Incubadora FANEM - Modelo 002 CB

## **2.2. MÉTODOS**

### **2.2.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación posee un enfoque cuantitativo, ya que el objetivo principal es determinar las características fisicoquímicas del agua de la Laguna de Yahuarcocha, como resultado al medir cada una de estas características se obtienen parámetros numéricos a estudiar, así también, se posee un análisis bacteriológico para contabilizar las unidades formadoras de colonias de bacterias que existen en un mililitro de agua de la Laguna de Yahuarcocha.

### **2.2.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio es de nivel descriptivo ya que describe las características fisicoquímicas del objeto de estudio, en este caso el agua de la Laguna de Yahuarcocha.

### **2.2.3. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación representa una investigación de campo, debido a que los datos recopilados van a ser tomados en el lugar donde se suscitan los acontecimientos, en este caso la toma de muestras del agua en la Laguna de Yahuarcocha, y así reflejar las características reales de la misma. También es de tipo experimental puesto que el análisis microbiológico de las muestras se realizó dentro del Laboratorio Clínico HealthLab en la ciudad de Ibarra, tomando en cuenta las normas de recolección y transporte.

#### **2.2.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación posee un diseño no experimental, ya que únicamente se observan los fenómenos y acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, sin existir ningún tipo de cambio o manipulación de las muestras recopiladas.

### **2.3. SELECCIÓN DEL ÁREA O AMBITO DEL ESTUDIO**

#### **2.3.1. CAMPO**

Microbiología

#### **2.3.2. ÁREA**

Bacteriología

#### **2.3.3. ASPECTO**

Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos

#### **2.3.4. OBJETO DE ESTUDIO**

Agua de laguna de Yahuarcocha

#### **2.3.5. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La investigación posee como área de estudio a la Laguna de Yahuarcocha, ubicada a tres kilómetros de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, al norte del país.

- **Provincia:** Imbabura
- **Cantón:** Ibarra
- **Parroquia:** La dolorosa de Priorato
- **Altitud:** 2.210 m.s.n.m.



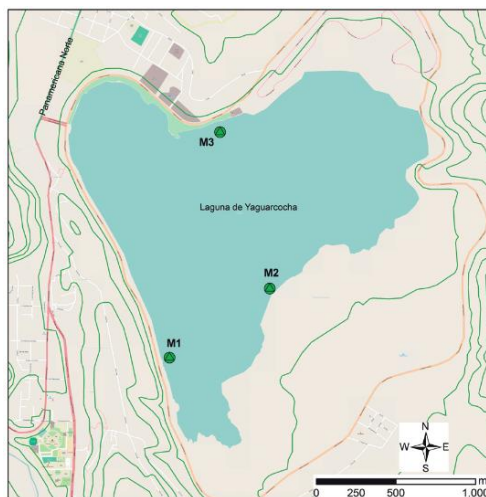
- **Coordenadas geográficas:**

0°22'23"N

78°06'02"O

78.25°W,0.12°N

Gráfico 2. Ubicación Laguna de Yahuarcocha



**Fuente:** Terneus Jácome (21)

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la Laguna de Yahuarcocha

Parámetros morfométricos	Valor
Perímetro	8,77 km
Área	2,71 km <sup>2</sup>
Volumen	11.492.266,00 m <sup>3</sup>
Longitud máxima	2,35 km
Ancho máximo	2,06 km
Profundidad máxima	7,45 m
Profundidad promedio	3,86 m

**Fuente:** Equipo consultor del GAD-I, 2022

### 2.3.6. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El tiempo establecido se comprende desde el periodo octubre 2023 a febrero 2024, en donde la recolección de las muestras se realizó en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2023.

## **2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **2.4.1. UNIVERSO**

El universo de estudio dentro de la presente investigación corresponde a el agua de la Laguna de Yahuarcocha, mismo que corresponde a un total de 11.492.266,00 m<sup>3</sup> de agua.

### **2.4.2. MUESTRA**

Para cumplir con el propósito de la investigación se realizó un muestreo en 4 puntos, mismos que fueron estudiados mensualmente durante los meses de octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

### **2.4.3. LUGAR O PUNTOS DE MONITOREO**

Para la selección de los puntos de monitoreo se observó la actividad turística habitual, la flora interior, la flora exterior y la fauna de la Laguna de Yahuarcocha, puntos sugeridos en el “Plan De Manejo Integral De La Microcuenca Hidrográfica De Yahuarcocha, Provincia De Imbabura” de la Dirección de Ambiente del Gobierno Provincial de Imbabura – Ilustre Municipio de Ibarra.

Dando como puntos principales para el monitoreo cuatro lugares en específico que se relacionaban con la anterior descripción:

Tabla 3. Puntos de Toma de Muestra de la Laguna de Yahuarcocha

PUNTOS	COORDENADAS GEOGRAFICAS	SITUACIÓN	ENTORNO
1	MUELLE-BAR DE YAHUARCOCHA Latitud: 0.37631 Longitud: -78.104675	Norte	Orilla de la laguna desde el muelle, cerca de la entrada de la laguna.
2	CUERPO DE BOMBEROS Latitud: 0.376922 Longitud: -78.100827	Norte-Este	Muelle del cuerpo de bomberos.
3	CURVA DE LA PALOMA Latitud: 0.374232 Longitud: -78.091952	Este	Presencia de macrofitas y basura residual.
4	DESEMBO. TAHUANDO & POLO G. Latitud: 0.36192 Longitud: -78.105039	Sur	Presencia de macrofitas, escombros y basura varia.

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

Gráfico 3. Ubicación de los puntos de muestra



**Fuente:** Investigadora

#### 2.4.4. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para el tamaño de la muestra se consideró cuatro muestras tomadas en un horario matutino entre las 8 y 11 de la mañana, considerando el tiempo de transporte de cada punto a otro de un aproximado de 10 minutos, y tomando en cuenta el volumen de agua necesario para el análisis bacteriológico en un frasco estéril de 100 mL.

Los parámetros físicoquímicos se realizaron insitu con un medidor multiparamétrico como la temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, que permiten registrar la calidad del agua y las características de los caudales en un tiempo determinado.

## **2.5. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

### **Criterios de inclusión**

Las muestras deben cumplir los estándares de la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013.

Recolección adecuada: Sumergir el frasco y llenarlo completamente, tomar la muestra de manera circular, rotulación adecuada, el medio de transporte debe evitar la agitación de la muestra y evitar modificaciones de la muestra.

### **Criterios de Exclusión**

Muestras que no cumplan los estándares de la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013.

- Muestras que hayan sido contaminadas debido a la absorción de elementos a ser analizados, como metales pesados o radioisótopos.
- Muestras recolectadas en recipientes que no han sido tratados adecuadamente.
- Muestras que no estén etiquetadas correctamente, lo que dificulta la identificación y la trazabilidad de la muestra.
- Muestras que no se hayan llenado completamente durante la recolección, lo que puede afectar la representatividad y precisión de los resultados.
- Muestras que hayan sufrido daños en el envase durante el transporte, lo que podría permitir la contaminación de la muestra.

## **2.6. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS**

### **2.6.1. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

- 1) Las muestras fueron recolectadas en cuatro puntos estratégicos de la Laguna de Yahuarcocha, en horario de 8:00 – 11:00 a.m.

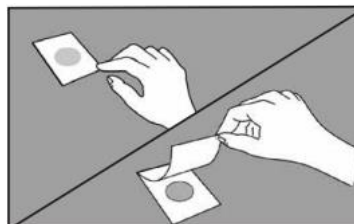
- 2) Para la recolección previo análisis de las muestras de agua de la Laguna de Yahuarcocha se aplicó la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98.
- 3) Para el análisis microbiológico se tomó en frascos estériles un volumen de aproximadamente 100 mL, el envase de la toma de muestra no debe llenarse completamente, así dejando un espacio de aire después de colocar la tapa, debido que permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación (22).
- 4) El envase de las muestras debe ser identificadas de manera clara para evitar errores de identificación con un marcador permanente de preferencia, se puede identificar la fecha, hora de la toma y el lugar de la muestra (22).
- 5) Los recipientes que contienen las muestras fueron protegidos y sellados de manera que no se derrame en el transporte.
- 6) Las muestras se transportaron hacia el laboratorio en refrigeración 2-8 °C en un cooler. Tiempo de transporte de aproximadamente 15 minutos (22).

#### 2.6.2. PROCEDIMIENTO PARA EL RECuento DE *E. coli* / coliformes

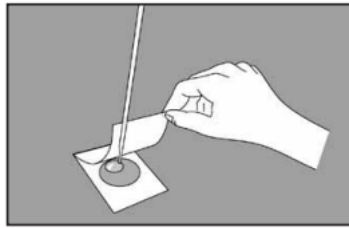
Para realizar la siembra en las placas petrifilm se hicieron por duplicado y mediante 3 diluciones seriadas en base 10, para posteriormente sembrar en las placas tanto la solución madre, la primera dilución y la segunda dilución y acorde al siguiente esquema.

Tabla 4. Uso de las Placas 3M Petrifilm

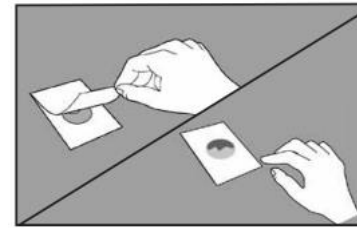
<p><b>1:</b> Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior.</p>	<p><b>2:</b> En forma perpendicular a la Placa Petrifilm, coloque 1 mL de la dilución de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior, con la Pipeta Electrónica 3M™ (o cualquier otro dispositivo similar).</p>	<p><b>3:</b> Baje con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire. No la deje caer.</p>
---	--	--



*Inoculación*



*Colocación de la muestra*

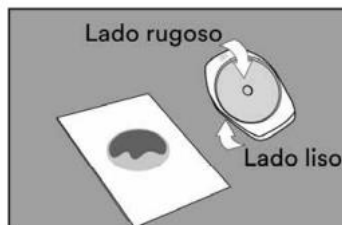


*Cerrar película*

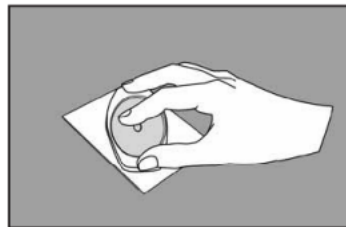
**4:** Con el lado liso hacia abajo, coloque el dispensador en la película superior sobre el inóculo.

**5:** Presione suavemente el dispensador para distribuir el inóculo sobre el área circular. No gire ni deslice el dispensador.

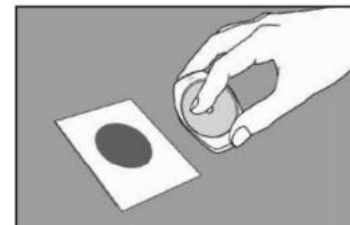
**6:** Levante el dispensador. Espere, por lo menos un minuto, a que solidifique el gel.



*Dispensar la muestra*



*Uso de dispensador*

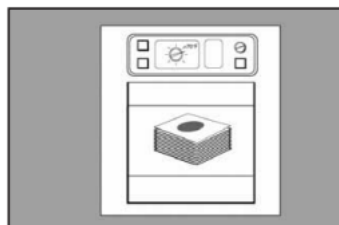


*Placa lista*

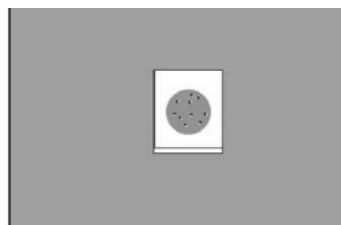
**7:** Incube las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente de agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

**8:** Las Placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz. Consulte la Guía de Interpretación para leer los resultados.

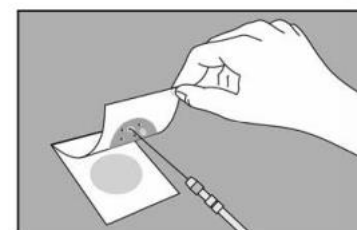
**9:** Las colonias pueden ser aisladas para su posterior identificación. Levante la película superior y tome la colonia del gel.



*Incubación*



*Placa lista para contaje*



*Colonias pueden aislarse si es necesario.*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

Los datos se comparan con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA – Perú: ANEXO 1, según la presente tabla:

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos, según DS N° 031-2010-SA – Perú

<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35 °C	0 *
2. <i>E. coli</i>	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 *
3. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 *
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmitos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadoras de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <1,8/100 mL

**Fuente:** DIGESA (23)

Para los cálculos de UFC/100mL se multiplicaron el valor promedio leído en las dos repeticiones por 100mL con la finalidad de poder relacionar el valor con los parámetros establecidos por la norma en mención.

### 2.6.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

El Medidor Pro DSS tasa distintos parámetros específicamente del agua como el pH, oxígeno disuelto, conductividad específica, salinidad, sólidos en suspensión total (TSS), sólidos disueltos totales (TDS), amonio, cloruro, nitrato, temperatura, turbidez y profundidad (24).

Tabla 6. Parámetros Disponibles para el YSI ProDSS

Sensor/Parámetro	Rango	Precisión	Unidades
<b>Temperatura</b>	-5 a 70 °C (rango de compensación de temperatura para medidas OD mg/L: -5 a 50 °C )	0.1 °C	°C, °F, K
<b>pH</b>	0 a 14 unidades pH	±0.2 unidades pH	pH, pH mV
<b>ORP</b>	-1999 to 1999 mV	0.1 mV	mV
	0 to 500%, 0 to 50 mg/L	0 a 200%: ±1% lectura o 1% saturación, lo que sea mayor 200 a 500%: ±8% lectura	% saturación, % saturación local, mg/L, ppm
<b>Oxígeno disuelto</b>		0 to 20 mg/L: ±0.1mg/L o 1% lectura, lo que sea mayor 20 a 50 mg/L: ±8% lectura	
<b>Barómetro</b>	375 a 825 mmHg	±1.5 mmHg de 0 a 50 °C	mmHg, inHg, bar, psi, kPa, atm
	0 a 200 mS/cm	0 – 100 mS/cm: ±0.5% lectura o .001 mS/cm, lo que sea mayor	µS/cm, mS/cm
<b>Conductividad**</b>		100 – 200 mS/cm: ±1.0% lectura	
	0 a 200 mS/cm	0 – 100 mS/cm: ±0.5% lectura o .001 mS/cm, lo que sea mayor	µS/cm or mS/cm
<b>Conductividad específica*</b>		100 – 200 mS/cm: ±1.0% lectura El usuario puede seleccionar la temperatura ref. (15 a 25 °C; por defecto 25°C) y el coeficiente compensación (0 a 4%/°C; por defecto 1.91%)	
<b>Salinidad*</b>	0 a 70 ppt	±1.0% lectura o ±0.1 ppt, lo que sea mayor	ppt or PSU
	0 a 100 g/L	Se calcula de la conductividad específica y un factor de multiplicación TDS seleccionable (0.30 a 1.00; por defecto 0.65)	mg/L, g/L, kg/L
<b>Sólidos disueltos totales (TDS)*</b>			
<b>Densidad agua de mar*</b>	0.0 a 50.0 sigma, sigma T	–	Sigma, Sigma T
<b>Turbidez</b>	0 a 4000 FNU	0 a 999 FNU: 0.3 FNU o ±2% letura, lo que sea mayor	0.1 FNU FNU, NTU
<b>Sólidos en suspensión totales (TSS)*</b>	0 to 30000 mg/L	Por correlación del usuario de medidas de turbidez en campo y medidas de laboratorio	mg/L



<b>Amonio***/*</b>	0 a 200 mg/L NH <sub>4</sub> -N	de TSS de muestras recogidas ±10% lectura o 2 NH <sub>4</sub> -N mg/L, NH <sub>4</sub> - mg/L, lo que sea N mV mayor
<b>Cloruro***</b>	0 a 18000 mg/L Cl	±15% lectura o 5 Cl mg/L, Cl mV mg/L, lo que sea mayor
<b>Nitrate***</b>	0 to 200 mg/L NO <sub>3</sub>	N ±10% of reading or NO <sub>3</sub> -N mg/L, NO <sub>3</sub> - 2 mg/L, whichever is N mV greater

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

## CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Para la determinación de la calidad de agua de la Laguna de Yahuarcocha, se realizaron los análisis fisicoquímicos in situ y bacteriológicos en cuatro puntos estratégicos, en una jornada matutina de 8:00 a.m. a 11:00 a.m. Los resultados fisicoquímicos obtenidos fueron comparados con los datos del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca Hidrográfica de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura del año 2016 - 2022, para tener una perspectiva de los antecedentes del estado de calidad de agua del lago con los datos del año 2023 que corresponde al año de muestreo de la presente investigación, bajo la normativa del Libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Los resultados bacteriológicos fueron comparados con la Normativa Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA de Lima-Perú.

#### 3.1.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL MES DE OCTUBRE

Tabla 7. Resultados de las características físico-químicas del mes de octubre del agua de la Laguna de Yahuarcocha 2023

Unidad	PARÁMETROS ANALIZADOS			
	pH	T	Conductividad	Oxígeno Disuelto (OD)
	-	°C	uS/cm	mg/L
<b>P1O</b>	8.76	23.7	504	9.57
<b>P2O</b>	8.75	23.6	512	9.49
<b>P3O</b>	8.88	23.3	505	9.54
<b>P4O</b>	8.81	23.6	523	9.50

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 7 se menciona que en el mes de octubre del año 2023 en el punto 1 se obtuvo un puntaje de 8.76 con relación al pH, en el punto 2 de 8.75, en el punto 3

un nivel de 8.88, y en el punto 4 de 8,81, valores que concuerdan con un pH básico/alcalino; con relación a la temperatura se encontró que en el punto 1 la temperatura era de 23.7 °C, en el punto 2 de 23.6 °C, en el punto 3 de 23.3 °C y en el punto 4 de 23.6 °C, lo que significa que durante el mes de octubre la temperatura se encuentra bajo un rango normal; en cuanto a la conductividad en el punto 1 es de 504 uS/cm, en el punto 2 de 512 uS/cm, en el punto 3 de 505 uS/cm y en el punto 4 de 523 uS/cm, rescatando que el nivel de conductividad de la laguna se encuentra en una buena condición; y que en cuanto al nivel de oxígeno disuelto, en el punto 1 se obtuvo el 9.57 mg/L, en el punto 2 de 9.49 mg/L, en el punto 3 de 9.54 mg/L y en el punto 4 de 9.50 mg/L, demostrando que el nivel de oxígeno disuelto se halla dentro del límite permitido.

### 3.1.2. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL MES DE NOVIEMBRE

Tabla 8. Resultados de las características físico-químicas del mes de noviembre del agua de la laguna de Yahuarcocha 2023

Unidad	PARÁMETROS ANALIZADOS			
	pH	T	Conductividad	Oxígeno Disuelto (OD)
	-	°C	uS/cm	mg/L
P1N	8.71	23.5	542	9.48
P2N	8.73	23.4	517	9.51
P3N	8.91	23.7	532	9.47
P4N	8.86	23.2	545	9.45

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 8 se menciona que en el mes de noviembre del año 2023 en el punto 1 se obtuvo un puntaje de 8.71 con relación al pH, en el punto 2 de 8.73, en el punto 3 un nivel de 8.91, y en el punto 4 de 8,86, valores que concuerdan con un pH básico/alcalino; con relación a la temperatura se encontró que en el punto 1 la temperatura era de 23.5 °C, en el punto 2 de 23.4 °C, en el punto 3 de 23.7 °C y en el punto 4 de 23.2 °C, lo que significa que durante el mes de noviembre la temperatura se encuentra en un rango normal; en cuanto a la conductividad en el punto 1 es de 542 uS/cm, en el punto 2 de 517 uS/cm, en el punto 3 de 532 uS/cm

y en el punto 4 de 545 uS/cm, rescatando que el nivel de conductividad de la laguna se encuentra en una buena condición; y que en cuanto al nivel de oxígeno disuelto, en el punto 1 se obtuvo el 9.48 mg/L, en el punto 2 de 9.51 mg/L, en el punto 3 de 9.47 mg/L y en el punto 4 de 9.45 mg/L, demostrando que el nivel de oxígeno disuelto se halla dentro del límite permitido.

### 3.1.3. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL MES DE DICIEMBRE

Tabla 9. Resultados de las características físico-químicas del mes de diciembre del agua de la laguna de Yahuarcocha 2023

Unidad	PARÁMETROS ANALIZADOS			
	pH	T	Conductividad	Oxígeno Disuelto (OD)
	-	°C	uS/cm	mg/L
<b>P1D</b>	8.90	22.9	502	9.53
<b>P2D</b>	8.88	23.1	511	9.55
<b>P3D</b>	8.87	23.5	503	9.54
<b>P4D</b>	8.85	23.3	515	9.56

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 9 se menciona que en el mes de octubre del año 2023 en el punto 1 se obtuvo un puntaje de 8.90 con relación al pH, en el punto 2 de 8.88, en el punto 3 un nivel de 8.87, y en el punto 4 de 8,85, valores que concuerdan con un pH básico/alcalino; con relación a la temperatura se encontró que en el punto 1 la temperatura era de 22.9 °C, en el punto 2 de 23.1 °C, en el punto 3 de 23.5 °C y en el punto 4 de 23.3 °C, lo que significa que durante el mes de diciembre la temperatura se encuentra bajo un rango normal; en cuanto a la conductividad en el punto 1 es de 502 uS/cm, en el punto 2 de 511 uS/cm, en el punto 3 de 503 uS/cm y en el punto 4 de 515 uS/cm, rescatando que el nivel de conductividad de la laguna se encuentra en una buena condición; y que en cuanto al nivel de oxígeno disuelto, en el punto 1 se obtuvo el 9.53 mg/L, en el punto 2 de 9.55 mg/L, en el punto 3 de 9.54 mg/L y en el punto 4 de 9.56 mg/L, demostrando que el nivel de oxígeno disuelto se halla dentro del límite permitido.

### 3.1.4. PROMEDIOS GENERALES DE VARIOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AÑO 2016 AL 2023.

Tabla 10. Variación de los parámetros físicoquímicos desde el 2016 al 2023.

PARÁMETRO	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>pH (pH)</b>	9,05	9,09	8,79	8,82	8,66	8,38	8,41	8.80
<b>T (°C)</b>	23,48	21,90	21,8	22	21,2	22.37	22,25	23.40
<b>OD mg/L</b>	7,8	8,27	7,53	7,93	5,78	5,79	8,39	9.50
<b>Conductividad uS/cm</b>	572,81	574,3	608,14	569	623,33	505,5	475,5	517.5

**Fuente:** Equipo consultor del GAD-I, 2022

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

La tabla 10 presenta los promedios generales de varios parámetros físicoquímicos desde el 2016 al 2023, tomando importancia la variabilidad del tiempo que nos ayuda a estimar la calidad del agua con el paso del tiempo comparados con valores estándar establecidos como el Acuerdo Ministerial 097- A Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (15).

De igual manera se encuentran incluidos los promedios de cada parámetro realizado en la presente investigación del 2023, con el fin de tener una perspectiva con el resto de los resultados de años anteriores. En este sentido se puede observar que la mayoría de los parámetros se encuentran similares al de los años anteriores. Sin embargo el pH se ve que va decreciendo de un pH 9.05 en el 2016 a un 8.8 en el 2023, es decir el agua se va acidificando. El oxígeno disuelto se incrementa de un valor de 7.8 mg/L en el 2016 a un valor de 9.5 mg/L en el 2023, y este parámetro se incrementa a lo largo de los años.

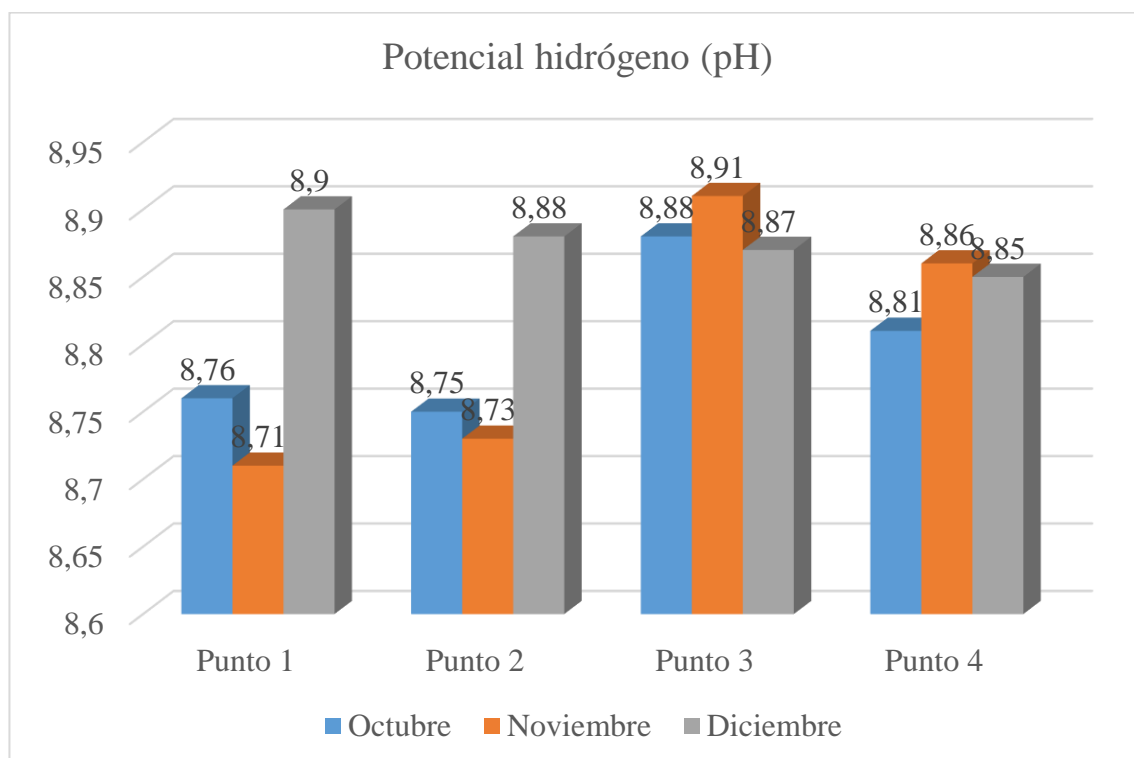
### 3.1.5. POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

Tabla 11. Valores estadísticos del pH del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023

Puntos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	Desviación estándar $\sigma$	Valor de Referencia
P1	8.76	8.71	8.90	8.79	0.09	
P2	8.75	8.73	8.88	8.78	0.08	
P3	8.88	8.91	8.87	8.88	0.02	pH Bajo (< 6.5)
P4	8.81	8.86	8.85	8.84	0.02	pH Normal (6.5 a 8.5)
Media	8.8	8.80	8.87	8.82	0.04	pH Alto (>8.5)
Desviación estándar $\sigma$	0.05	0.09	0.02	0.05	0.03	

Elaborado por: Ariana Bastidas

Gráfico 4. Valores del pH del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023



Elaborado por: Ariana Bastidas

Según los datos del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca Hidrográfica de Yahuarcocha desde el 2016 al 2022 en la Tabla 10, el pH de la laguna ha superado el

valor aceptado con un valor máximo de 9,09 en el año 2019 y tiene un valor mínimo de 8,38 en el año 2021, donde se ha estimado que se encuentra en un proceso de eutrofización y con una presencia de fitoplancton. (15,25)

Los valores de pH medidos de las muestras validadas para el año 2023 de la Tabla 11 fueron un promedio de 8,82, con una desviación de 0.0707. En comparación con la normativa nacional sobrepasa los valores de 6,5 a 8,5, por tal motivo se encuentra un pH alcalino y se confirma que la laguna se encuentra en un estado avanzado de eutrofización, con un valor máximo de pH de 8.91 y un mínimo de 8.71 (26).

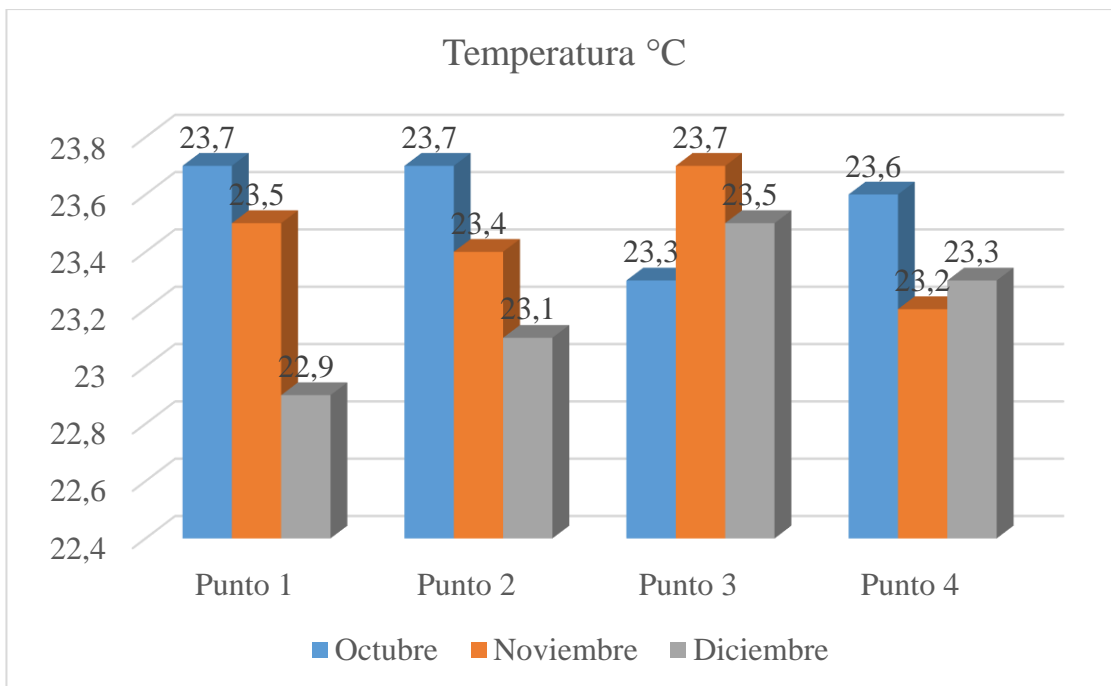
### 3.1.6. TEMPERATURA

Tabla 12. Valores estadísticos de la temperatura del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023

Puntos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	Desviación estándar $\sigma$	Valor de Referencia
<b>P1</b>	23.7	23.5	22.9	23.3	0.4163	
<b>P2</b>	23.6	23.4	23.1	23.3	0.2516	Temperatura Baja (< 22)
<b>P3</b>	23.3	23.7	23.5	23.5	0.1999	Temperatura Normal (22 - 25)
<b>P4</b>	23.6	23.2	23.3	23.3	0.2081	Temperatura Normal (22 - 25)
<b>Media</b>	23.55	23.45	23.2	23.4	0.18	Temperatura Normal (22 - 25)
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>	0.1732	0.2081	0.2581	0.21	0.04	Temperatura Alto (> 25)

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

Gráfico 5. Valores de la temperatura del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023



**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 12 encontramos un promedio de las muestras validadas del 2023 de 23.4 °C, con una desviación estándar de 0.24 con un valor máximo de 23.7 °C y un mínimo de 22.9 °C. Se observa que en los datos obtenidos la temperatura no sobrepasa los 24°C, lo que significa que es apropiado para la preservación de la vida silvestre y acuática en este tipo de aguas, ya que se encuentra en los valores normales de la temperatura que son de 22 a 25 °C. (26)

Para los anteriores años desde el 2016 al 2022 de la Tabla 10, la temperatura varía entre 21,02 °C y 23,48 °C, encontrándose dentro del valor referencial. Se menciona que la ubicación de la laguna y la energía solar presenta en esta ubicación, favorece a la fotosíntesis de los organismos acuáticos de la laguna (15,27).



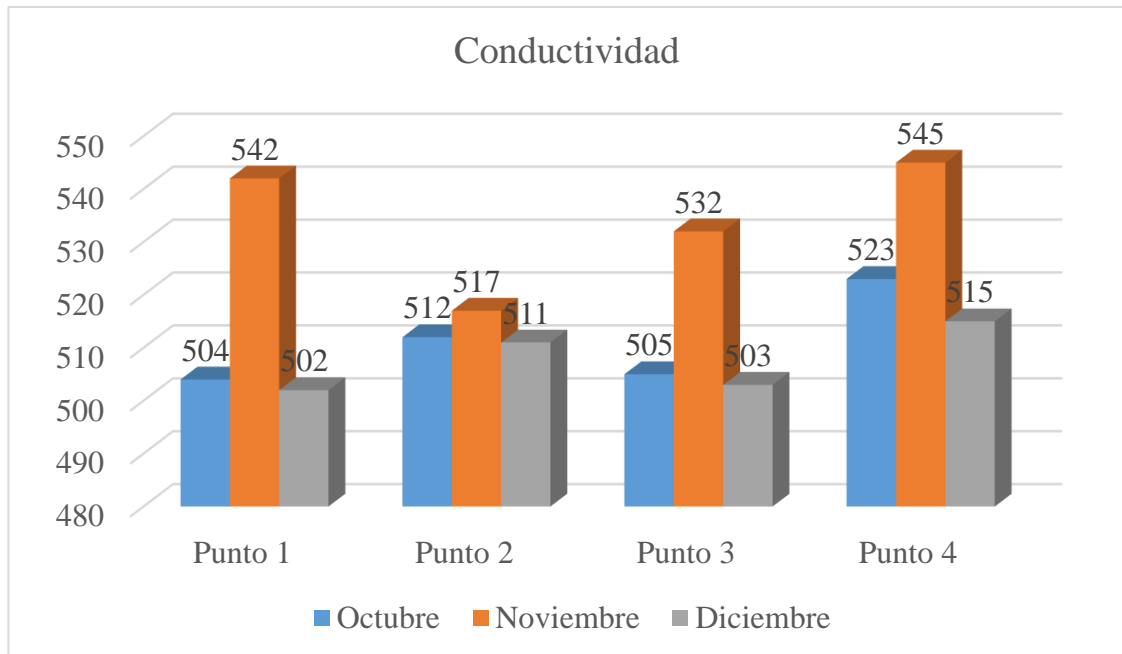
### 3.1.7. CONDUCTIVIDAD

Tabla 13. Valores estadísticos de la conductividad del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023

Puntos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	Desviación estándar $\sigma$	Valor de Referencia
<b>P1</b>	504	542	502	516	22.53	
<b>P2</b>	512	517	511	513.3	3.2145	
<b>P3</b>	505	532	503	513.3	16.19	Excelente hasta 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>P4</b>	523	545	515	527.6	15.53	Buena 250 a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>Media</b>	511	534	507.75	517.58	14.30	Permisible 750 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>	8.755	12.622	6.291	9.22	3.19	Uso dudoso 2000 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Inapropiada >3000

Elaborado por: Ariana Bastidas

Gráfico 6. Valores de la conductividad del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023



Elaborado por: Ariana Bastidas

En la tabla 13 se encontró un promedio de 517.58  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el año 2023 con un valor máximo de 545  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un mínimo de 502  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , las cuales se encuentran en el valor de referencia buena entre 250 a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La conductividad entre los años 2016 a 2022 de la Tabla 10 nos indica un promedio de 475  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se encuentra de igual manera dentro de los valores aceptables. No obstante, la comparación entre otros cuerpos de agua se encuentra con niveles altos, teniendo una concentración constante y elevada de sólidos disueltos totales relacionada con la formación de sedimentos de la laguna (15,28). La cantidad de sólidos disueltos totales (SDT) se encuentra netamente correlacionado con la conductividad, por lo tanto, un aumento en la concentración de SDT generalmente se reflejará en un aumento en la conductividad eléctrica del agua, y viceversa. Los sólidos disueltos totales representan la combinación de los cationes y aniones presentes en el agua, ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), dado que ciertos coloides no son removidos mediante la filtración y la composición del residuo difiere del material disuelto presente en el agua (28).

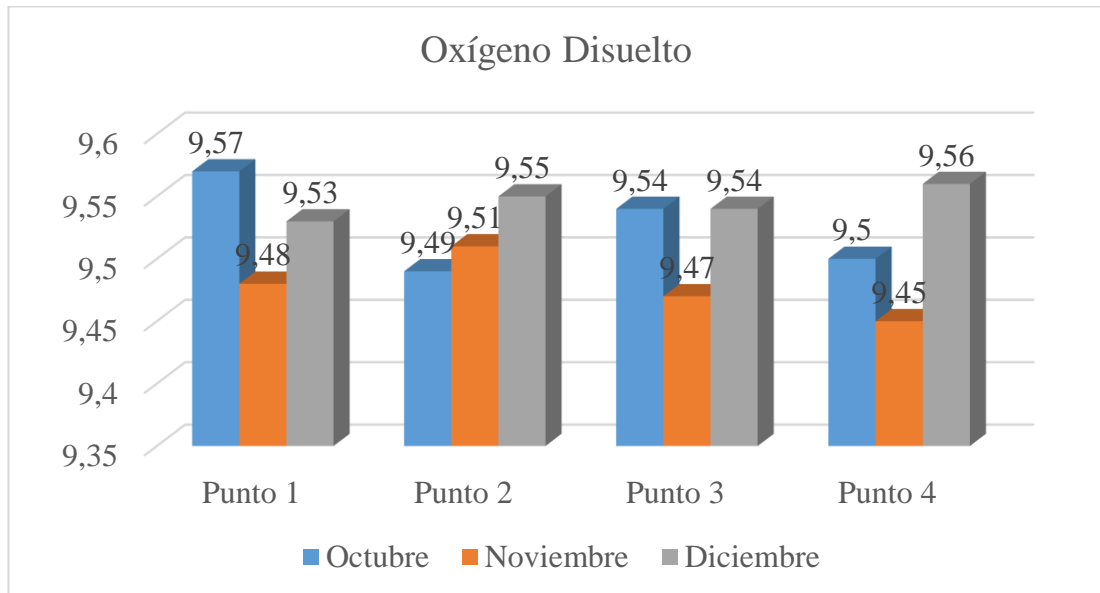
### 3.1.8. OXÍGENO DISUELTO

Tabla 14. Valores estadísticos del oxígeno disuelto del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023

Puntos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	Desviación estándar $\sigma$	Valor de Referencia
<b>P1</b>	9.57	9.48	9.53	9.52	0.045	5 – 6 mg/L Suficiente para la mayor parte de especies < 3 Dañino para las especies acuáticas <2 Fatal
<b>P2</b>	9.49	9.51	9.55	9.51	0.030	
<b>P3</b>	9.54	9.47	9.54	9.51	0.040	
<b>P4</b>	9.50	9.45	9.56	9.50	0.050	
<b>Media</b>	9.52	9.47	9.54	9.51	0.003	
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>	0.036	0.024	0.012	0.024	0.012	

Elaborado por: Ariana Bastidas

Gráfico 7. Valores del oxígeno disuelto del agua de la Laguna de Yahuarcocha del 2023



**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 14 el promedio de oxígeno disueltos en el año 2023 es de 9.51 mg/L, con un valor máximo de 9,57 y un valor mínimo de 9,45 mg/L. Mientras que en la tabla 10 encontramos un valor promedio de 7,02 mg/L. No existen valores menores a tres, lo cual sería perjudicial para la vida acuática, se debe tomar en cuenta que a mayor profundidad el promedio de oxígeno disminuye notablemente y se ha considerada este parámetro como indicativo de la posible contaminación de la laguna, ya que este da el soporte a la vida animal y vegetal (29).

## 3.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

### 3.2.1. Contaje de *Escherichia coli*

Tabla 15. Contaje de *E. coli* en el punto 1 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	3	2	1	2	200	
MMR2	2	2	2			
PDR1	0	0	0	0	0	0
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 15 podemos encontrar los valores del punto 1 del muestreo del agua de la laguna de Yahuarcocha, que se realizó según método de análisis microbiológico de placas 3M Petrifilm. Donde, se tomó una muestra de 1 mililitro (mL) del agua para analizar, y se siembra en placas de Petrifilm. Esta siembra se realizó en duplicado, de igual manera se realizaron dos diluciones seriadas en base 10, cada uno con una dilución de 1:10, con la finalidad de obtener una cantidad adecuada de colonias bacterianas para un conteo preciso y reproducible. Dándonos como resultado, que para el punto 1 se encontró 200 UFC/100 mL, que según la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el número permisible es 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, el agua de esta laguna en este punto no es apta para el consumo humano. (23).

Tabla 16. Contaje de *E. coli* en el punto 2 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	1	2	1,5	150	0
MMR2	2	0	2			
PDR1	0	0	0	0	0	
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 16 se encuentra los valores del punto 2 del muestreo del agua de la laguna de Yahuarcocha, donde el resultado es 150 UFC/100 mL, que según la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, el agua de esta laguna en este punto no es apta para el consumo humano. (23).

Tabla 17. Contaje de *E. coli* en el punto 3 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	3	1	2,5	250	0
MMR2	3	3	3			
PDR1	0	0	0	0	0	
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 17 se encuentra los valores del punto 3 del muestreo del agua de la laguna de Yahuarcocha, donde el resultado de 250 UFC/100 mL, que según la normativa

aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, el agua de esta laguna en este punto no es apta para el consumo humano. (23).

Tabla 18. Contaje de *E. coli* en el punto 4 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	2	1	1,83	183,3	0
MMR2	3	1	2			
PDR1	0	0	0	0	0	
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 18 se encuentra los valores del punto 4 del muestreo del agua de la laguna de Yahuarcocha, donde el resultado de 183.3 UFC/100 mL, que según la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, el agua de esta laguna en este punto no es apta para el consumo humano. (23).

Es importante tener en cuenta que el estado eutrófico de la laguna podría dar lugar a procesos de inactivación de las coliformes, se sabe que la descomposición de *E. coli* está directamente relacionada con la concentración de clorofila en un lago. Además, factores como la temperatura y la radiación UV pueden influir en la presencia de coliformes en la superficie de la laguna (15).

### 3.2.2. COLIFORMES

Tabla 19. Contaje de coliformes totales en el punto 1 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010- SA  (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	4	2	5	3,83	383,3	0
MMR2	5	3	4			
PDR1	0	0	0	0	0	0
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	0
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 19 encontramos los resultados del punto 1 del agua de la Laguna de Yahuarcocha para coliformes totales, con un resultado de 383.3 UFC/100 mL, donde se utilizó la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, el agua de esta laguna en este punto no es apta para el consumo humano. (23).

El Plan de Manejo Integral (PMI) de la Laguna de Yahuarcocha, nos menciona que se ha observado un incremento en el nivel de coliformes totales, sobre todo en la descarga de la quebrada Polo Golo por contaminantes de aguas residuales que van del pueblo de Yahuarcocha a la orilla de la laguna (15).

Tabla 20. Contaje de coliformes totales en el punto 2 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031- 2010-SA  (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	0	2	1,17	116,67	0
MMR2	1	0	2			
PDR1	0	0	0	0	0	0
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	0
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 20 encontramos los resultados del punto 2 del agua de la Laguna de Yahuarcocha para coliformes totales, con un resultado de 166.7 UFC/100 mL, donde se utilizó la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL, estando encima de los valores permitidos (23).

Fragoso P., y col., (2021) en su trabajo menciona como resultado un conteo inferior a 200 UFC/100 mL, que estaría fuera de la normativa permisible, considerando que no es para el consumo humano (30). Por lo tanto se puede evidenciar que nuestra investigación obtiene resultados similares.



Tabla 21. Contaje de coliformes totales en el punto 3 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	3	1	2,67	266,67	
MMR2	2	5	3			
PDR1	0	0	0	0	0	0
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 21 encontramos los resultados del punto 3 del agua de la Laguna de Yahuarcocha para coliformes totales, con un resultado de 266,67 UFC/100 mL, donde se utilizó la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL, estando encima de los valores permitidos (23). Da como resultados que el agua de la Laguna de Yahuarcocha se encuentra contaminada con la presencia de coliformes totales y representa un riesgo para la salud.

Tabla 22. Contaje de coliformes totales en el punto 4 del muestreo de la Laguna de Yahuarcocha en el 2023

MUESTRAS	CONTAJE POR MES (UFC/mL)			Promedio (UFC/mL)	Resultado (UFC/100mL)	NORMA DIGESA N°031-2010-SA (UFC/100mL)
	Oct.	Nov.	Dic.			
MMR1	2	1	2	2	200	
MMR2	2	2	3			
PDR1	0	0	0	0	0	0
PDR2	0	0	0			
SDR1	0	0	0	0	0	
SDR2	0	0	0			

*MM=muestra madre, R=repetición, PD=primera dilución, SD=segunda dilución*

**Elaborado por:** Ariana Bastidas

En la tabla 22 encontramos los resultados del punto 4 del agua de la Laguna de Yahuarcocha para coliformes totales, con un resultado de 200 UFC/100 mL, donde se utilizó la normativa aplicada Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA N°031-2010-SA, nos menciona que el numero permisible es 0 UFC/100 mL, estando encima de los valores permitidos (23). Con estos resultados se puede evidenciar que el agua tiene un conteo significativo como producto del ingreso por los afluentes o descargas en la laguna puede reducirse debido al estado trófico de la laguna (15).

## DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó que, el estudio de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua de la Laguna de Yahuarcocha posee un carácter importante dentro de la relación salud pública y contaminación, ya que permite conocer el nivel actual en el que se encuentra la calidad de dicho cuerpo de agua.

Los hallazgos encontrados después del análisis de las características fisicoquímicas y bacteriológicas en los cuatro puntos de estudio en la Laguna de Yahuarcocha se alinean demasiado a lo mencionado por diversos autores sobre el aumento progresivo de los niveles de contaminación, datos alarmantes que se evidenciaron en los meses de octubre, noviembre y diciembre, hallazgos que se relacionan con las siguientes investigaciones:

Según la investigación realizada Nicéforo B. Paulino y col., (2022) quien resalta la importancia de abordar la contaminación de las microcuencas circundantes y su impacto en la calidad de vida de los pobladores locales, se halla la misma preocupación en la laguna de Yahuarcocha, ya que al ser esta un punto central del turismo y la urbanidad plantea preocupaciones gigantescas sobre la seguridad de los recursos hídricos y la salud pública de quienes dependen de esta fuente de agua para actividades como la agricultura y el consumo humano (2).

Así mismo, se puede reflejar el alto nivel de riesgo que posee este cuerpo de agua, como lo mencionan Lugo-Morín DR, y col., (2020) en su estudio sobre la Laguna de Yahuarcocha, quienes dan a conocer que el cambio climático ha desencadenado una serie de impactos preocupantes en la Laguna. La variabilidad climática extrema, incluyendo períodos de sequía e intensas lluvias, han generado desequilibrios significativos en el ecosistema de la laguna, afectando la calidad del agua, la biodiversidad y los medios de vida de la población que usa la laguna para su sustento (20).

Ya que a pesar de lo mencionado por Escobar S., y col., (2021) en su estudio realizado en la Laguna de Colta, en la provincia de Chimborazo, se menciona que los parámetros fisicoquímicos son versátiles según las condiciones de su medio ambiental, mismos parámetros que se mantienen estables en las diferentes zonas de la laguna a pesar de la temporalidad y el cambio de las estaciones climáticas, situación que no se observa en la Laguna de Yahuarcocha, ya que como reflejan con diferentes resultados encontrados en cada uno de los puntos durante los tres meses estudiados, la laguna no mantiene una estabilidad en cuanto a sus parámetros más bien posee un incremento de los mismos (31).

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES**

El parámetro fisicoquímico como temperatura del agua se halla con un promedio de 23.4°C; el potencial de hidrógeno pH con un valor de 8.83, la conductividad con un promedio de 517,58 uS/cm y el oxígeno disuelto en 9.52 mg/L. En general, no se ha considerado factores amenazantes, debido a que la mayor parte de resultados paramétricos están dentro de los límites permitidos.

La presencia bacteriana de coliformes y *E. coli* permitió determinar la contaminación microbiológica de la Laguna. Los conteos en las placas 3M Petrifilm para *Escherichia coli* muestra un promedio de 195,82 UFC/100mL y de Coliformes Totales de 241,66 UFC/100mL.

La calidad del agua de esta laguna para ser considerada apta para el consumo humano según la Normativa Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, no cumple los parámetros establecidos en el aspecto microbiológico y por lo tanto no se debe considerar apta para el consumo humano.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

Establecer un sistema de monitoreo continuo de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de la Laguna de Yahuarcocha, con el fin de recopilar datos actualizados sobre la calidad del agua y la salud del ecosistema. Esto permitirá una mejor comprensión de los cambios a largo plazo y facilitará la toma de decisiones informadas para la gestión y conservación de la laguna.

Fomentar la participación de las comunidades locales en la planificación y ejecución de proyectos de adaptación al cambio climático y de conservación de la Laguna de Yahuarcocha. Involucrar a los residentes en la toma de decisiones y en la implementación de medidas de conservación no solo promoverá la apropiación local

de las soluciones propuestas, sino que también fortalecerá la resiliencia de las comunidades frente a los impactos del cambio climático.

Implementar medidas efectivas para el tratamiento de aguas residuales, involucrando a la comunidad, empresas y autoridades locales. Establecer sistemas de recolección y tratamiento que cumplan con los estándares ambientales. Y promover la conciencia ambiental en la comunidad a través de programas para la preservación de la laguna y sus recursos. Es crucial implementar medidas de mitigación y adaptación para proteger la Laguna de Yahuarcocha y garantizar la sostenibilidad de este invaluable recurso natural para las generaciones futuras.

Fomentar la colaboración entre entidades gubernamentales, instituciones académicas y la comunidad para abordar de manera integral los problemas de contaminación en la laguna. Establecer alianzas estratégicas que permitan el desarrollo de proyectos de restauración y conservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Córdoba MA, Del Cocco VF, Basualdo JA. Agua y salud humana. [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86315692002.pdf>
2. Bustamante-Paulino N, Paragua-Morales M, Nacional U, Valdizán H, Huánuco P. Impactos de la contaminación de microcuencas en Huánuco sobre la calidad de vida de los pobladores. Investigación Valdizana, ISSN 1994-1420, ISSN-e 1995-445X, Vol 16, N° 1, 2022, págs 17-26 [Internet]. 2022 [citado 7 de febrero de 2024];16(1):17-26. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8460563&info=resumen&idioma=ENG>
3. Ortega ML, Flores GP, Serrano Solís A, Carlos Gaytán Oyarzún J, Scott W, Alejandra M, et al. Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola, ISSN-e 1317-9152, Vol 12, N° 3, 2012, págs 713-719 [Internet]. 2012 [citado 7 de febrero de 2024];12(3):713-9. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4690166&info=resumen&idioma=SPA>
4. Cusiche Pérez LF, Miranda Zambrano GA, Cusiche Pérez LF, Miranda Zambrano GA. Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. Rev Mex De Cienc Agric [Internet]. 24 de septiembre de 2019 [citado 7 de febrero de 2024];10(6):1433-47. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342019000601433&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000601433&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
5. Barrera H. JA, Espinosa R. AJ, Álvarez S. JP, Barrera H. JA, Espinosa R. AJ, Álvarez S. JP. Contaminación en el Lago de Tota, Colombia: toxicidad aguda en *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) e *Hydra attenuata* (Hydroida: Hydridae). Rev Biol Trop [Internet]. 1 de marzo de 2019 [citado 7 de febrero de 2024];67(1):11-23. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442019000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442019000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
6. Llagua Arévalo TV. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DEL QUILOTOA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR [Internet]. [citado 1 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30943/2/VERONICA%20LLAGUA%20TESIS-convertido.pdf>
7. Amanda M. «CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR» [Internet]. [citado 1 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29298/2/TESISMAYRALOPEZ20190121.pdf>

8. Guerra Ordóñez JL, Mejía Vimos DG. Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán [Internet]. [citado 7 de febrero de 2024]. Disponible en:  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11059/1/Mejia%20V.%20Dennys%20G.%20Guerra%20O.%20Jhoana%20L.%20%282023%29%20Analisis%20de%20la%20Variabilidad%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20de%20las%20lagunas%20Colta%20y%20Magtay%20c3%a1n%20%282%29.pdf>
9. Amanda M. «CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR», de [Internet]. [citado 6 de febrero de 2024]. Disponible en:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29298/1/LOPEZ%20MAYRA.pdf>
10. Tiscama Flores DA. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE OZOGOCHE DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR [Internet]. [citado 1 de febrero de 2024]. Disponible en:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30944/1/%e2%80%9cCARACTERIZACI%20c3%93N%20FISICOQU%20c3%8dMICA%20Y%20BACTERIOL%20c3%93GICA%20DE%20LAS%20AGUAS%20DE%20LA%20LAGUNA%20DE%20OZOGOCHE%20DE%20LA%20ZONA%20.pdf>
11. Quimbiamba Moposa NP, Sánchez Barahona AE. ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA DEL LAGO YAHUARCOCHA UTILIZANDO MÉTODOS CONVENCIONALES Y SENSORES REMOTOS [Internet]. [citado 2 de febrero de 2024]. Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13660/2/03%20RNR%20445%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
12. Leiton Pabon MK. PERCEPCIÓN AMBIENTAL DE LOS HABITANTES DE LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA: ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y USO SUSTENTABLE. 2019 [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8809/2/ART%20c3%8dCULO.pdf>
13. Espinosa Manosalvas C. Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos. 6 de octubre de 2011 [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2156>
14. Benavides Valenzuela FL, Méndez Perugachi JP. Determinación de las concentraciones de plomo y cromo asociados a poblaciones de Typha Latifolia en la laguna de Yahuarcocha, provincia de Imbabura. 2020 [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10337/2/03%20RNR%20350%20TRABAJO%20GRADO.pdf>



15. Direccion de Medio Ambiente del Ilustre Municipio de Ibarra. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA. 2022.
16. Pabón Garcia JP. Distribución y evaluación de la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha, provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte [Internet]. 2015 [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6943/2/03%20RNR%20210%20ARTICULO.pdf>
17. Van Colen W, Portilla K, Oña T, Wyseure G, Goethals P, Velarde E, et al. Limnology of the neotropical high elevation shallow lake Yahuarcocha (Ecuador) and challenges for managing eutrophication using biomanipulation. *Limnologica* [Internet]. 2017 [citado 7 de febrero de 2024];67:37-44. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951116301335>
18. Quintana Teanga EG, Tingo Revelo L. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA [Internet]. 2023 [citado 5 de enero de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14219/2/03%20RNR%20456%20RABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
19. Guerra Cabezas M de L, Steinitz-Kannan M, Vegas Vilarrúbia T. Floración de Planktothrix agardhii en Yahuarcocha, una laguna altoandina hipereutrófica. *Rev Ecuat Med Cienc Biol.* 2023;44(1).
20. Lugo-Morín DR, Caicedo F, Torres-Cuapa B, Andrade JC, Cruz F. Climate change, gender and perception: Case of the “Laguna de Yahuarcocha”. *Spanish Journal of Rural Development.* 2014;
21. Terneus Jácome E. Vegetación acuática y estado trófico de las lagunas andinas de San Pablo y Yahuarcocha, provincia de Imbabura, Ecuador. *Rev Ecuat Med Cienc Biol.* 2017;35(1-2).
22. -Ecuador Q. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN [Internet]. Disponible en: [www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com)
23. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. [citado 5 de febrero de 2024]; Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
24. YSI ProDSS | Medidor de calidad del agua | mide los parámetros del agua [Internet]. [citado 28 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.vanwalt.com/es/equipo/ysi-pro-dss/>
25. Verspagen JMH, Van De Waal DB, Finke JF, Visser PM, Van Donk E, Huisman J. Rising CO2 Levels Will Intensify Phytoplankton Blooms in Eutrophic and

- Hypertrophic Lakes. PLoS One [Internet]. 13 de agosto de 2014 [citado 7 de febrero de 2024];9(8):e104325. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0104325>
26. Ministerio del Ambiente A y TE. ANEXO 1 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2018.
  27. Aktar S, Hossain MA, Rathnayake N, Patel S, Gasco G, Mendez A, et al. Effects of temperature and carrier gas on physico-chemical properties of biochar derived from biosolids. J Anal Appl Pyrolysis [Internet]. 1 de junio de 2022 [citado 7 de febrero de 2024];164:105542. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237022001127>
  28. Formativa Equivalente A, Bautista JE, Directores De Tesis M, Casanova Pinto M, Tapia Y, Profesores F, et al. Relaciones entre conductividad eléctrica en pasta saturada y en distintas suspensiones suelo:agua. Zona central de Chile. Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU [Internet]. 2020 [citado 7 de febrero de 2024]; Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3163073>
  29. Peña Pulla E. CALIDAD DE AGUA TRABAJO DE INVESTIGACION OXIGENO DISUELTO (OD). [citado 9 de enero de 2024]; Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
  30. Fragoso-Castilla PJ, Rubiano LA, Kerguelen JJ. Analysis of physico-chemical variables during coliform removal from the Salguero oxidation lagoon system, Valledupar (Colombia). Informacion Tecnologica [Internet]. 2021 [citado 8 de febrero de 2024];32(1):113-22. Disponible en: DOI:10.4067/S0718-07642021000100113
  31. Escobar-Arrieta S, Albuja A, Andueza-Leal FD. Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta. Chimborazo. Ecuador. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 31 de julio de 2021;11(1):80-90.

## ANEXOS

### Anexo 1. Puntos del muestreo del agua de la Laguna de Yahuarcocha





Anexo 2. Toma de muestra del agua de la Laguna de Yahuarcocha

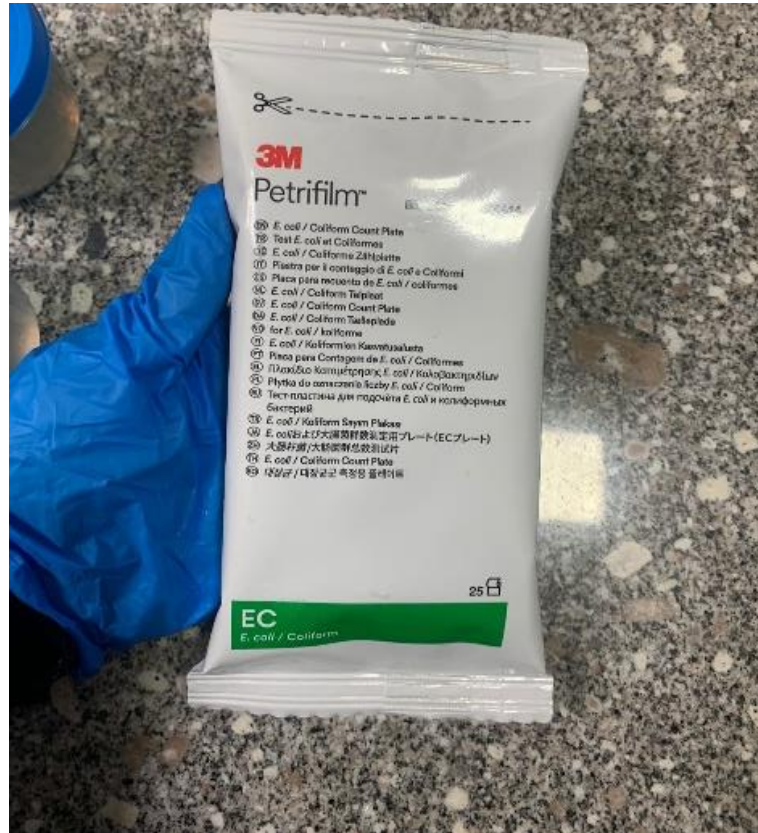




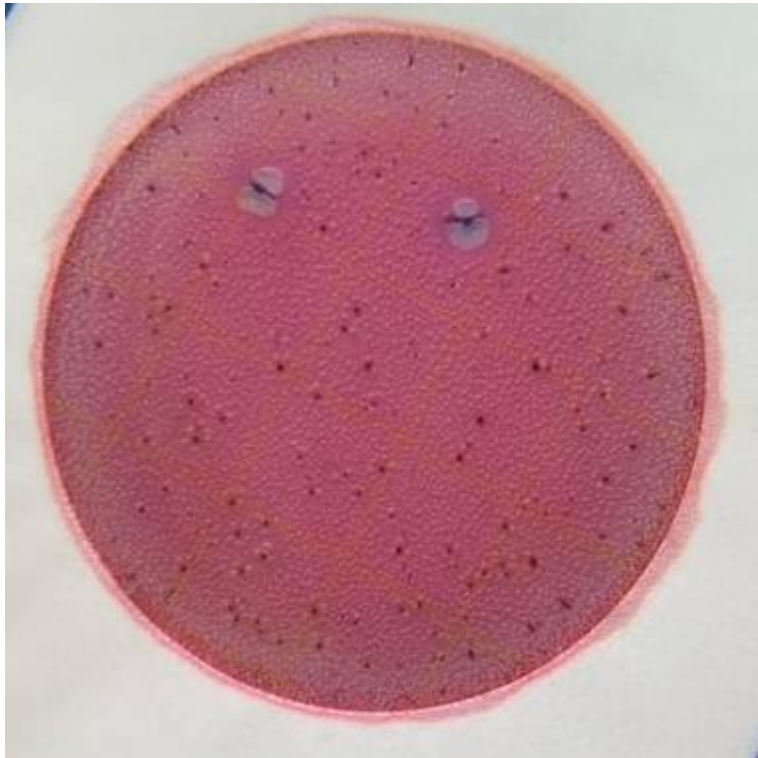
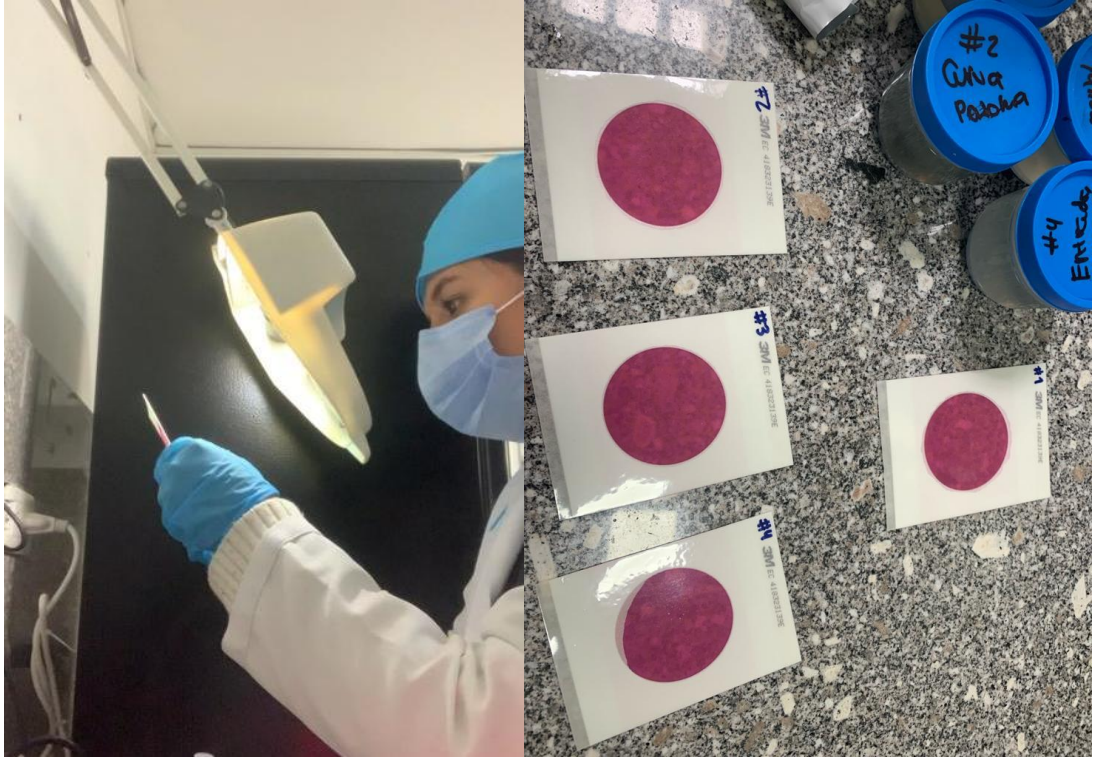
Anexo 3. Análisis fisicoquímico del agua de la Laguna de Yahuarcocha

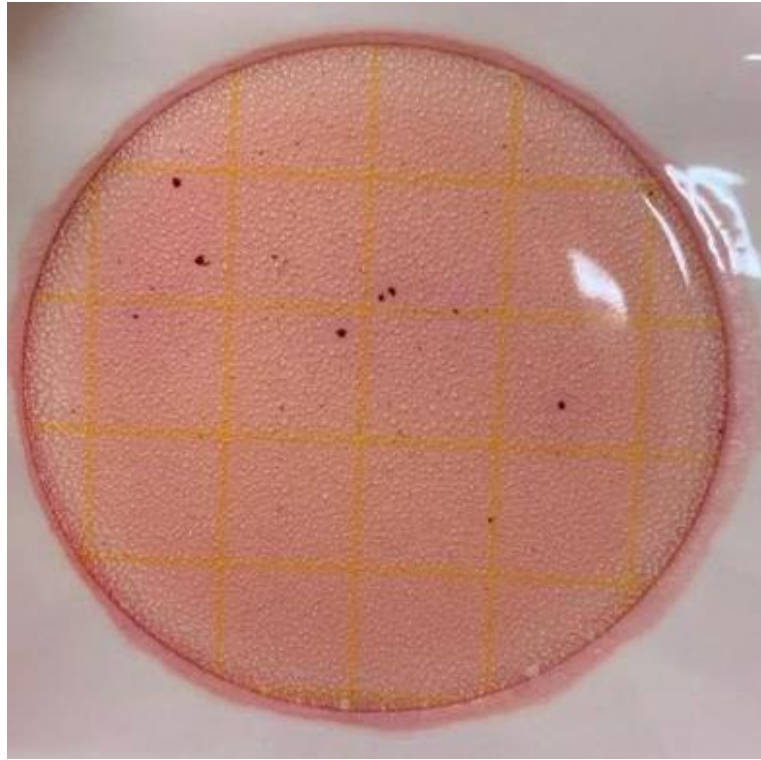


#### Anexo 4. Análisis microbiológico de las muestras del agua de la Laguna de Yahuarcocha









Anexo 5. Carta de compromiso entre el Analista de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra y la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ibarra, 6/11/2023

Doctor  
Esp. Fabián Yépez  
Presidente  
Unidad de Titulación  
Carrera de Laboratorio Clínico  
Facultad de Ciencias de la Salud

De mi consideración:

Magister José Alfonso Ángel Armas Analista de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra permito poner en su conocimiento la aceptación y respaldo para el desarrollo del trabajo de titulación: “Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua, de la laguna Yahuarcocha en la provincia de Imbabura” propuesto por la estudiante Sisa Ariana Bastidas Obando, portador/a de la Cédula de Ciudadanía 0502928732, estudiante de la carrera de Laboratorio Clínico de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato.

A nombre de la Institución a la cual represento, me comprometo a apoyar en el desarrollo del proyecto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente.



Magister. José Alfonso Ángel Armas  
Analista de Gestión Ambiental  
1002238762  
jangel@ibarra.gob.ec

Anexo 6. Permiso del uso y equipos del laboratorio clínico.

Lic. Jaime Torres

Director del Laboratorio Clínico HealthLab

Por medio del presente, solicito a su persona que me pueda conceder el permiso respectivo del uso del ambiente y equipos de **Laboratorio Clínico HealthLab** para el desarrollo del trabajo de titulación ‘**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA, DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA**’, propuesto por mi persona Sisa Ariana Bastidas Obando, portadora de la Cédula de Ciudadanía 0502928732, estudiante de la carrera de Laboratorio Clínico Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato.



Identificación personal para:  
SISA ARIANA  
BASTIDAS OBANDO

Bastidas Obando Sisa Ariana  
0502928732  
0998370835



Identificación personal para:  
JAIME ERNESTO  
TORRES FAREDES

Lic. Jaime Torres  
1002248894  
0998975937