



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

TESIS

**“EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS DEL AGUA EN LOS LAGOS DE LA CIUDAD DE
IQUITOS, LORETO – 2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

DANIEL ARMANDO MORI TRIGOZO

ASESOR:

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2023



UNAP

**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 052-CGYT-FA-UNAP-2023.

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Agronomía, a los 12 días del mes de agosto del 2023, a horas 06:00pm., se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA EN LOS LAGOS DE LA CIUDAD DE IQUITOS, LORETO – 2023", aprobado con Resolución Decanal No. 015-CGYT-FA-UNAP-2023, presentado por el Bachiller: DANIEL ARMANDO MORI TRIGOZO, para optar el Título Profesional de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal **No. 042-CGYT-FA-UNAP-2023**, está integrado por:

Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.	Presidente
Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.	Miembro
Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas:

A Satisfacción

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:


La sustentación pública y la Tesis han sido: *APROBADA* con la calificación *MUY BUENA*

Estando el Bachiller *APTR* para obtener el Título Profesional de

INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL

Siendo las *07:45pm*, se dio por terminado el acto **ACADÉMICO**.


Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Presidente


Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.
Miembro


Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro


Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor

JURADO Y ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Tesis aprobada en sustentación pública el día 12 de agosto del 2023, por el jurado ad hoc nombrado por el Comité de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, para optar el título profesional de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Presidente

Ing. JULIO PINEDO JIMÉNEZ, Dr.
Miembro

Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor

Ing. FIDEL ASPAÑO VARELA, M.Sc.
Decano



RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FA_TESIS_MORI TRIGOZO.pdf

AUTOR

DANIEL ARMANDO MORI TRIGOZO

RECuento DE PALABRAS

13623 Words

RECuento DE CARACTERES

66469 Characters

RECuento DE PÁGINAS

53 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

411.3KB

FECHA DE ENTREGA

Jun 23, 2023 10:35 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 23, 2023 10:36 AM GMT-5

● 14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen

DEDICATORIA

A mi **mamá Rosa** y **mamá Fita**, que con su humildad y sencillez me motivaban a diario.

A la señora **Lucienne** y Don **Tomás**, por brindarme la oportunidad de trabajar en mis horarios libres para costear mi formación.

A mi gran amigo y mentor **Jorge Bardales**, que siempre me recordaba lo buen profesional que llegaría a ser.

Y a mi colega **Aron Bardales**, por ser de gran apoyo académico.

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, por cuidarme y guiarme en todo momento. Lo cual me ha dado fortalezas para seguir.

A mi pequeña familia, que me ha dado motivación para salir adelante.

A mis profesores y mentores que, con su guía, he podido aprender mucho durante toda esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bases teóricas	6
1.2.1. Parámetros Físicoquímicos en Cuerpos de Agua	6
1.3. Definición de términos básicos.....	10
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	13
2.1. Formulación de la hipótesis	13
2.2. Variables y definiciones operacionales	13
2.2.1. Identificación de las variables	13
2.2.2. Operacionalización de las variables.....	14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	15
3.1. Diseño metodológico	15
3.2. Diseño muestral.....	15
3.2.1. Población de estudio	15
3.2.2. Tamaño de la muestra de estudio.....	15
3.2.3. Tipo de muestreo y procedimiento de selección de la muestra	16
3.2.4. Criterios de selección.....	16
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	16
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	17
3.5. Aspectos éticos.....	19
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	20
4.1. Puntos Focales de Monitoreo de los lagos de la ciudad de Iquitos	20

4.2. Concentración de los Parámetros Físico-químico del agua y valores predictivos en los lagos de la ciudad de Iquitos.	20
4.3. Análisis estadístico, Comparación de parámetros físico-químicos entre los lagos de la ciudad de Iquitos.	23
4.3.1. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de aceites y grasas entre los lagos de la ciudad de Iquitos.	23
4.3.2. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno entre los lagos de la ciudad de Iquitos.....	23
4.3.3. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Fósforo Total entre los lagos de la ciudad de Iquitos	25
4.3.4. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de potencial de Hidrógeno entre los lagos de la ciudad de Iquitos.....	27
4.3.5. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Sólidos Suspendidos entre los lagos de la ciudad de Iquitos	28
4.4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Parámetros Físico-químicos del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos	30
4.4.1. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Aceites y Grasas en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	30
4.4.2. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en los Lagos de la Ciudad de Iquitos	33
4.4.3. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Fósforo Total en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	36
4.4.4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Potencial de Hidrógeno en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	39
4.4.5. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Solidos Suspendidos Totales en los Lagos de la Ciudad de Iquitos	42
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	45
5.1. Puntos Focales de Monitoreo del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	45
5.2. Concentración y evolución de los parámetros físico-químico del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	45

5.3. Valores Predictivos-Modelo Matemático Montecarlo- de los Niveles de Concentración de Parámetros Fisicoquímicos del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	48
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	53
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	56
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	57
ANEXO	60
Anexo 1. Matriz de consistencia	61

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Concentración de Aceites y grasas en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	20
Cuadro 2. Concentración de la DBO en el agua y valores Predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	21
Cuadro 3. Concentración de Fósforo Total en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	21
Cuadro 4. Concentración de pH en el agua y valores Predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	22
Cuadro 5. Concentración de Sólidos Suspendidos en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	22
Cuadro 6. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Aceites y Grasas.....	23
Cuadro 7. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de DBO.....	23
Cuadro 8. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno.	24
Cuadro 9. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Fosforo Total	25
Cuadro 10. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Fósforo Total	26
Cuadro 11. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de pH.	27
Cuadro 12. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de pH.	27
Cuadro 13. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Sólidos Suspendidos.....	28
Cuadro 14. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Sólidos Suspendidos.	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Aceites y Grasas en el agua de los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	32
Gráfico 2. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de DBO en el agua de los lagos de la Ciudad de Iquitos.	35
Gráfico 3. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Fósforo Total en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.	38
Gráfico 4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Potencial de Hidrógeno en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	41
Gráfico 5. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Solidos Suspendidos Totales en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.....	44

RESUMEN

Se evaluó la evolución y predicción de los parámetros físico-químicos en los lagos de Iquitos; es un estudio cuantitativo no experimental, descriptivo, analítico, horizontal y predictivo. La información fue obtenida de los registros de monitoreo ambiental realizados por la Autoridad Nacional del Agua, sobre los niveles de concentración de pH, DBO, Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos Totales y Fósforo total del 2012 al 2022; para el análisis estadístico se utilizó Kruskal Wallis y para la predicción el modelo matemático Montecarlo. Los resultados muestran que en la concentración de aceites y grasas no existen diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos, los que no superan el LMP de 5 mg/L. En la Demanda Bioquímica de Oxígeno se encontró diferencias significativas entre los lagos; se resalta que las concentraciones del lago Llanchara, Santo Tomas y Zungaro cocha no superan el LMP de 5 mg/L, mientras que el lago Moronacocha supera LMP. En cuanto a la concentración de fosforo total existe diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos en estudio; se resalta que las concentraciones de los 4 lagos en estudio superan el LMP de 0.035 mg/L. Sobre el potencial de hidrogeno (pH) no se encontró diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de pH entre los 4 lagos en estudio. Sobre la concentración de sólidos suspendidos en el agua, se encontró diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos en estudio; pero las concentraciones no superan el LMP de 25 mg/L.

Palabras clave: Evolución, parámetros físico-químicos, niveles de concentración

ABSTRACT

The evolution and prediction of the physical-chemical parameters in the lakes of Iquitos were evaluated; It is a non-experimental, descriptive, analytical, horizontal and predictive quantitative study. The information was obtained from the environmental monitoring records carried out by the National Water Authority, on the concentration levels of pH, BOD, Oils and Fats, Total Suspended Solids and total Phosphorus from 2012 to 2022; Kruskal Wallis was used for statistical analysis and the Monte Carlo mathematical model was used for prediction. The results show that in the concentration of oils and fats there are no significant differences between the four (04) lakes, which do not exceed the LMP of 5 mg/L. In the Biochemical Oxygen Demand, significant differences were found between the lakes; It is highlighted that the concentrations of Lake Llanchara, Santo Tomas and Zungaro Cocha do not exceed the LMP of 5 mg/L, while Lake Moronacocha exceeds the LMP. Regarding the concentration of total phosphorus, there are significant differences between the four (04) lakes under study; It is highlighted that the concentrations of the 4 lakes under study exceed the LMP of 0.035 mg/L. Regarding the hydrogen potential (pH), no significant differences were found between the groups in terms of pH concentration among the 4 lakes under study. Regarding the concentration of suspended solids in the water, significant differences were found between the four (04) lakes under study; but the concentrations do not exceed the LMP of 25 mg/L

Keywords: Evolution, physical-chemical parameters, concentration levels

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Iquitos es una de las ciudades importantes en la Amazonia peruana que ha experimentado un aumento en su población y actividad económica, lo que ha llevado a un aumento en la contaminación de los cuerpos de agua cercanos a la ciudad, incluyendo los lagos. La contaminación puede ser causada por actividades humanas como la agricultura, la industria y la descarga de aguas residuales, y también se debe a la falta de infraestructura adecuada para la eliminación de residuos y la falta de conciencia ambiental.

Es importante tener en cuenta que la situación actual de la contaminación de los lagos en Iquitos puede variar según la temporada del año, la actividad humana en la zona y la eficacia de las medidas de control de la contaminación tomadas por las autoridades locales y nacionales. Por lo tanto, es necesario realizar estudios y monitoreos regulares para evaluar la situación actual de los lagos en cuanto a su contaminación y es a partir de ello que se plantea la pregunta del estudio, ¿Es posible determinar el estado contaminación presente y su evolución de las aguas de los lagos de la ciudad de Iquitos mediante el análisis de parámetros físico-químicos y modelamiento matemático de Montecarlo?

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la evolución y predicción de los parámetros físico-químicos en los lagos de Iquitos en el año 2023, y determinar si existe un patrón en su evolución que indique un aumento o disminución de la contaminación de los cuerpos de agua. Además, se establece los valores predictivos de la evolución futura de estos parámetros mediante la aplicación del modelo matemático de Montecarlo. En resumen, como la predicción puede ser utilizada como base para establecer medidas preventivas y así garantizar la conservación de los lagos de la ciudad de Iquitos.

Además, puede ser de gran valor para las poblaciones locales aledañas a los lagos, ya que los lagos de la ciudad de Iquitos son una fuente fundamental de agua para uso y consumo humano, así como la pesca. En caso de que se identifiquen posibles riesgos de contaminación, la comunidad podrá adoptar medidas preventivas para salvaguardar su salud y la del medio ambiente, tales como la implementación de prácticas más sostenibles y la exigencia de medidas de control de la contaminación por parte de las autoridades pertinentes.

El estudio resulta significativo porque los lagos de la ciudad de Iquitos son una fuente importante de agua para la comunidad local y un hábitat esencial para la biodiversidad en la región amazónica. La predicción de los parámetros físico-químicos y su posible relación con la contaminación futura de los lagos permitirá a las autoridades y la comunidad local tomar medidas preventivas para proteger la salud humana y el medio ambiente. De esta forma, se puede evitar la pérdida de biodiversidad y la disminución de la calidad de vida de la comunidad local.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En la Tesis “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Rímac para determinar su contaminación”, el investigador **Rodríguez C. (1)** evaluó los parámetros fisicoquímicos del río en mención, para así determinar el nivel de contaminación con respecto a los estándares de calidad ambiental, cuyo procedimiento fue tomar muestras en diferentes puntos del río de parámetros como DBO, pH, oxígeno disuelto, entre otros. Los resultados obtenidos en esta investigación indicaron que los niveles de algunos parámetros como la DBO y los Sólidos Suspendidos Totales están por encima de los LMP, lo que indicó que el río Rímac se encontraba contaminado.

En la investigación titulada “Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores Río Itaya, Loreto - Perú 2014 - 2015”. La Tesista **Frías Quiñones M. et. al. (2)** realizó esta investigación a partir de la recolección de muestras de agua en tres puntos de monitoreo, durante época lluviosa y seca, donde el objetivo fue evaluar la calidad del agua en el río Itaya del sector del puerto Productores a partir de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados de esta investigación demostraron que algunos parámetros evaluados están por encima de los LMP y estándares internacionales, destacando en particular una alta presencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli* en las muestras de agua, lo que indica una contaminación fecal. En conclusión, los autores señalan que el sector puerto de productores río Itaya presenta una alta contaminación del agua, lo que representa un riesgo para la salud de la población local que depende de esta fuente para sus actividades cotidianas.

Minaya Vela, J. (3) en una investigación de Tesis titulada “Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016”. Donde el objetivo del investigador este estudio fue evaluar la calidad del agua del lago Moronacocha en épocas de vaciante y creciente, cuyo procedimiento para lograr este objetivo fue la recolección de muestras de agua de diferentes puntos de muestreo del lago en las diferentes épocas ya mencionadas, analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados encontrados en el lago Moronacocha mostraron que se encuentra en estado de contaminación moderada alta, identificándose como fuentes de contaminación principal las aguas residuales domésticas y actividades comerciales cerca de la zona. En conclusión, el investigador recomienda la implementación de medidas de gestión ambiental para la conservación y recuperación de la calidad del agua de la Laguna Moronacocha durante estas épocas, la implementación de buenas prácticas comerciales y la educación ambiental a la población local.

En la investigación titulada “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Titicaca para determinar su contaminación”, el tesista **Quispe, A. (4)** realizo este estudio con el objetivo de evaluar los parámetros fisicoquímicos del lago en mención, para así determinar el nivel de contaminación con respecto a los estándares de calidad ambiental, cuyo procedimiento fue tomar muestras en diferentes puntos del lago de parámetros como, pH, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que los niveles de algunos parámetros fisicoquímicos como la turbiedad, la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos están por encima de los LMP, lo indicó que el lago Titicaca se encontraba en estado de contaminación.

Gutiérrez, L. (5), en su investigación titulada “Análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Huaytapallana para determinar su calidad”.

Donde el investigador analizó los parámetros fisicoquímicos del lago Huaytapallana, para determinar su calidad y comparar los niveles de concentración con respecto a los estándares de calidad ambiental, cuyo procedimiento fue tomar muestras de agua del lago, de parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad, entre otros. Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que los niveles de los parámetros fisicoquímicos analizados cumplen con los estándares de calidad ambiental, lo que indica que el agua del lago Huaytapallana es de buena calidad.

Huamancayo García G. (6), en su investigación titulada "Parámetros fisicoquímicos del agua de la Laguna de Los Milagros del Distrito de Pueblo Nuevo". El autor realizó la investigación a partir de la recolección de muestras de agua del lago durante un periodo de seis meses, realizando análisis de pH, oxígeno disuelto, Turbidez, DBO, temperatura, sólidos totales disueltos, nitratos y fosfatos, donde el objetivo fue evaluar la calidad del agua del lago de los Milagros a partir de parámetros físico-químicos y compararlos con los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Los resultados de esta investigación mostraron que el lago de los Milagros presentaba niveles altos de turbidez, DBO, sólidos totales disueltos y nitratos, mientras que el oxígeno disuelto y el pH estaban en niveles aceptables. En conclusión, el autor determinó que la calidad del agua de la Laguna de Los Milagros no cumple con los ECA, lo que indica una alta contaminación y la necesidad de tomar medidas para su protección y conservación.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Parámetros Físicoquímicos en Cuerpos de Agua

Definición y Tipos de Parámetros Físicoquímicos

Según **Gualdrón Durán L. (7)** menciona que los parámetros físicoquímicos se refieren a las características medibles del agua, que describen su calidad y composición. Se han identificado varias variables físicoquímicas que son importantes para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos. Entre ellas se encuentran la temperatura, el color, la turbiedad, la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), la presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos, el pH entre muchos otros. Sin embargo, en esta investigación se prestará atención sólo a las variables físicoquímicas evaluadas específicamente.

Importancia de los Parámetros Físicoquímicos en la Calidad el Agua

Hernández Mena L. (8) explica que los parámetros físicoquímicos son fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que nos permiten conocer las características físicas y químicas que presenta el agua, y detectar la presencia de sustancias contaminantes que puedan afectar su uso y consumo. Los parámetros físicoquímicos más comunes que se analizan son el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, el oxígeno disuelto, los nutrientes, los metales pesados y los compuestos orgánicos. En este sentido, es importante realizar análisis periódicos de los parámetros físicoquímicos para monitorear la calidad del agua y detectar posibles fuentes de contaminación. Estos análisis son esenciales para garantizar la seguridad del agua potable y preservar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Contaminación del agua de los lagos: Causas y Efectos

La contaminación de los lagos es causada por una amplia gama de actividades humanas, como la descarga de aguas residuales y la deposición de sustancias tóxicas y nutrientes. Estos contaminantes pueden desencadenar una serie de consecuencias dañinas, como la eutrofización, la disminución de la calidad del agua y la pérdida de biodiversidad. a continuación, se describen algunas causas y consecuencias respecto a diferentes enfoques:

Causas de la Contaminación de los Lagos:

- a) Causas del Tipo Social: Guevara Calero K. et al (9)** Expresan qué a lo largo del tiempo, la sociedad ha buscado satisfacer sus necesidades, construyendo edificios, casas y adquiriendo automóviles y otros productos, pero esto ha generado impactos negativos en el medio ambiente y ha provocado contaminación en los ecosistemas. La contaminación en los lagos es causada por diversas actividades humanas, como la construcción, las demoliciones, el aumento del consumo de combustibles fósiles, el crecimiento de la población, la falta de control ambiental en la industria, la deforestación y el uso de pesticidas y productos químicos en los cultivos. Todo esto ha tenido consecuencias graves en la calidad del agua, el aire y la vida silvestre en los lagos, afectando la salud humana y los ecosistemas en general.
- b) Causas del Tipo Económico:** Las sociedades dependen de las actividades económicas para producir riqueza, trabajo y bienestar social. Con la complejidad creciente de estas actividades, se requieren tecnologías avanzadas para mantener la productividad en un mercado cada vez más competitivo. Sin embargo, muchas de estas actividades son fuente de contaminación y empresas descargan residuos sin tratar

cerca de lagos, causando un impacto negativo. Es necesario aumentar la eficiencia económica del país basándose en modelos extranjeros, pero sin ignorar los impactos ambientales. Debemos buscar soluciones para mantener el equilibrio ecológico y ambiental mientras ampliamos nuestras actividades económicas (9).

c) Causas del Tipo Medio Ambiental: Se destacan con relación al ambiente algunas causas de la contaminación de los lagos, mencionando algunas como son la deposición atmosférica, la salinización de los depósitos de agua subterránea y la contaminación del agua debido a la lluvia y las inundaciones son problemas ambientales graves que afectan la calidad del agua y la vida acuática. Es importante tomar medidas para reducir la contaminación del aire y mejorar la gestión de los residuos para prevenir estos problemas y proteger nuestro medio ambiente (9).

Efectos de la Contaminación de los Lagos

a) Efectos del Tipo Social: Respecto a efectos sociales por la contaminación de lagos estos podrían ser ejemplo, el agotamiento y la contaminación del agua potable que son una amenaza global para la humanidad, debido al aumento de la demanda y la contaminación de las fuentes. La escasez de agua puede ser causada por la escasez física o económica, y puede provocar estrés hídrico, déficit hídrico y crisis hídricas. La escasez de agua está siendo impulsada por el creciente uso y agotamiento de los recursos de agua dulce disponibles. La insalubridad del agua potable puede provocar enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias, como diarrea, hepatitis infecciosa, malaria, entre otras. La contaminación del agua

representa un gran problema de salud pública, y los mecanismos de transmisión de las enfermedades pueden ser directos o indirectos **(9)**.

b) Efectos del Tipo Económico: Se ve afectada directamente por la contaminación, ya que destruye los ecosistemas, el medio ambiente y la atmósfera alrededor de los lagos, y hace que grandes extensiones de tierra sean improductivas e inservibles. Además, la contaminación destruye las fuentes de los recursos hídricos y contamina el agua, lo que es esencial para cualquier actividad económica. Si no se establecen normas para regular y proteger el medio ambiente y la población, el impacto negativo de la contaminación en la economía será aún mayor en relación a las actividades comerciales e industriales en la región **(9)**.

La economía es la encargada de hacer que todos los recursos sean suficientes para producir, incluyendo la comida. Sin embargo, cuando el medio ambiente está contaminado, muchos de los recursos se vuelven inutilizables, incluyendo aquellos que pueden ser útiles en el futuro. Por ejemplo, la contaminación del agua potable y para riego limita el acceso a estas fuentes, y su remediación eleva los costos de producción en las actividades económicas. Los procesos de remediación de insumos contaminados son costosos y pueden llevar a la escasez de los mismos, lo que aumenta los costos de producción. Por lo tanto, la expansión del poder económico puede llevar a la escasez de insumos, ya que extraer algo del medio ambiente es generalmente más barato que producirlo en una instalación especializada **(9)**.

c) Efectos del Tipo Medio Ambiental: Las aguas superficiales, como los lagos y embalses, tienen varios usos, incluyendo el abastecimiento humano, riego, energía, industria y extinción de incendios. Pero recalcan que, Aunque la autodepuración natural disminuye la contaminación, puede ser superada en casos de exceso de nutrientes, lo que lleva a la eutrofización. Este proceso se divide en tres fases: proliferación de vegetación acuática, agotamiento del oxígeno en la superficie y acumulación de materia orgánica en el fondo, que produce fermentación anaerobia. Los nutrientes más importantes para la eutrofización son los nitratos y fosfatos, que pueden provenir de fuentes puntuales o grandes extensiones de terreno. El exceso de nutrientes afecta el oxígeno disuelto, la turbidez y la sedimentación del agua, lo que puede alterar su tratamiento para consumo humano y tener efectos sobre la salud, como la formación de compuestos orgánicos tóxicos y carcinogénicos. Es importante regular las actividades en las masas de agua y evitar el vertido de aguas residuales, desechos industriales, etc. para preservar la calidad del agua **(9)**.

1.3. Definición de términos básicos

- **ECA: Mendoza JP. (10)** señala que es un instrumento a nivel nacional que se utiliza para regular la calidad del ambiente y del cuerpo receptor, con énfasis en las normas específicas del medio ambiente, como la calidad del aire, del agua y del suelo. El ECA establece límites para la cantidad de contaminantes que pueden emitirse en cada medio ambiente y se aplica a todas las industrias, municipios y personas. Si se encuentra que las emisiones superan los límites establecidos, el Ministerio del Ambiente y otras

autoridades locales coordinarán para investigar y tomar medidas correctivas adecuadas.

- **LMP:** De acuerdo al **MINAN (11)** son criterios que establecen la cantidad máxima de elementos o parámetros que pueden estar presentes en un efluente o emisión sin causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Estos límites se aplican en los puntos de vertido o emisión correspondientes. Si se superan los límites establecidos, existe la posibilidad de que se produzcan daños a la salud y al medio ambiente.
- **DBO:** Según **Ibáñez A. (12)** se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno de un cuerpo de agua. Esta demanda se refiere a la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos (tales como bacterias, hongos y plancton) durante la descomposición de la materia orgánica presente en el agua. La DBO es una medida de la contaminación del agua y se expresa en miligramos de oxígeno por litro. Debido a que la DBO es un proceso biológico, su análisis es delicado y puede tomar mucho tiempo.
- **Fósforo Total: Simone P. (13)** denomina fósforo total a todo el fósforo presente en una muestra, que corresponden a ortofosfato, fosfatos condensados y fosfatos unidos a materia orgánica.
- **Sólidos Suspendidos Totales:** De acuerdo a **Quispe Quispe E. (14)** es la medición de la cantidad de sólidos que quedan retenidos en las membranas de filtración en proporción a una cantidad de agua. Este indicador guarda relación con la cantidad de luz que pasa a través del cuerpo lotico, lo que es fundamental para la fotosíntesis y la preservación del oxígeno.
- **Lagos: Pérez Porto J. et. al (15)** definen lago a una extensión de agua que se encuentra en una depresión del terreno se conoce como un lago. Puede contener agua dulce o salada, que proviene de los ríos o de la filtración de aguas subterráneas.

- **Calidad del Agua:** **Baeza Gómez E. (16)** señala que refiere a las características físicas, químicas y biológicas del agua y cómo estas pueden ser alteradas por la actividad humana. La calidad del agua se evalúa comparando sus características con estándares establecidos y puede estar asociada a diferentes usos, no solo al consumo humano.
- **pH:** según **Ondarse Álvarez D. (17)** define pH como una medida utilizada para determinar el grado de acidez o alcalinidad de una solución, y su nombre deriva de "potencial de hidrógeno", debido a que se basa en la concentración de iones hidrógeno presentes en la disolución.
- **Contaminación:** **Roldan P. (18)** menciona que es la presencia de sustancias dañinas que alteran o degradan el ambiente y sus componentes, lo que tiene un impacto negativo en la salud y la biodiversidad. Esta presencia puede causar graves enfermedades en los seres humanos, provocar la extinción de especies y generar un desequilibrio general en el planeta.
- **Eutrofización:** Según **Pérez Porto J. et. al (19)** se refiere al aumento de sustancias nutritivas en el agua dulce que causa una cantidad excesiva de fitoplancton. Esto ocurre cuando hay un exceso de fósforo y nitrógeno, lo que provoca la proliferación de algas y cianobacterias, lo que impide la fotosíntesis debajo del agua.
- **Aguas Superficiales:** **Rothschuh Osario U. (20)** define estos como aquellos que se encuentran sobre la tierra en contacto con la atmósfera y que recogen agua de las lluvias, nacimientos y escurrimientos. Su destino final es un cuerpo de agua más grande como los ríos que llegan al océano.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

- **H₀**: Los parámetros físico-químicos muestran altos niveles de contaminación del agua en los lagos de la ciudad de Iquitos.
- **H₁**: Los parámetros físico-químicos no muestran altos niveles de contaminación del agua en los lagos de la ciudad de Iquitos.

2.2. Variables y definiciones operacionales

2.2.1. Identificación de las variables

➤ **Variable independiente**

Evolución de los Parámetros Físico-Químicos del agua.

➤ **Variable dependiente**

Estado de contaminación de los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

2.2.2. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLES POR SU NATURALEZA	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIA	VALORES DE LA CATEGORIA	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Parámetros Físico-Químicos	Esta variable nos permitirá conocer el nivel de concentración de los parametros fisico-químicos de los lagos de la ciudad de Iquitos.	Cualitativa Continua	pH	Escala de pH	a) Muy Ácido b) Ácido c) Ligeramente Ácido d) Neutro e) Ligeramente Alcalino f) Alcalino g) Muy Alcalino	a) Menor a 4 b) 4 - 5.5 c) 5.6 - 6.5 d) 6.6 - 7.3 e) 7.4 - 8.4 f) 8.5 - 9.5 g) Mayor a 9.6	Muestreo por la Autoridad Nacional del Agua del año 2012 al 2022
			DBO	mg/L	a) Excelente b) Buena c) Aceptable d) Mala	a) Menor a 1 b) 1 - 3 c) 3 - 5 d) Mayor a 5	
			Aceites y Grasas	mg/L	a) Excelente b) Buena c) Aceptable d) Mala	a) Menor a 1 b) 1 - 3 c) 3 - 5 d) Mayor a 5	
			Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	a) Optimo b) Aceptable c) No Aceptable	a) Menor a 10 b) 10 - 25 c) Mayor a 25	
			Fósforo Total	mg/L	a) Optimo b) Aceptable c) No Aceptable	a) Menor a 0.01 b) 0.01 - 0.035 c) Mayor a 0.035	
Lagos de la Ciudad de Iquitos	Esta variable nos permitira conocer el estado situacional de contaminación de los lagos de la ciudad de Iquitos		Estado de Contaminación	LMP	a) > LMP b) < LMP	ND	

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Esta investigación es cuantitativa del tipo no experimental, descriptivo, analítico, horizontal y predictivo. La información secundaria será obtenida a partir de los registros de monitoreos ambientales realizados por la Autoridad Nacional del Agua de la plataforma web (observatorio SNIRH), con respecto a los niveles de concentración de pH, DBO, Aceites y Grasas, Solidos Suspendidos Totales y Fósforo total, presentes en los lagos de la ciudad de Iquitos (Moronacocha, Zungaro cocha, Santo Tomas y Llanchama) de los Años 2012 - 2022. A partir de ello se construyó una base de datos, y se aplicó un modelo matemático predictivo (Modelo de Montecarlo), que permitió evaluar los datos y mostrar en función a ello las tendencias de los cambios en el aumento o disminución de la concentración de los parámetros descritos anteriormente para los próximos 5 años y en función a ellos se determinó el estado de contaminación de los lagos de la ciudad de Iquitos.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población de estudio

Compuesta por las variaciones de concentración de parámetros físico-químicos del agua en los puntos de muestreo en los lagos: Moronacocha, Zungaro cocha, Santo Tomas y Llanchama de la ciudad de Iquitos del año 2012 al 2022.

3.2.2. Tamaño de la muestra de estudio

Compuesta por las variaciones de concentración de pH, DBO, Aceites y Grasas, Solidos Suspendidos Totales y Fósforo total en los puntos de

muestreo del agua en los lagos: Moronacocha, Zungaro cocha, Santo Tomas y Lanchama de la ciudad de Iquitos del año 2012 al 2022.

3.2.3. Tipo de muestreo y procedimiento de selección de la muestra

El tipo de muestreo y la selección de muestra está definido en los muestreos que realizó la ANA. En la presente investigación se utilizó esta información secundaria de las variaciones en la concentración de pH, DBO, Aceites y Grasas, Solidos Suspendidos Totales y Fósforo Total.

3.2.4. Criterios de selección

a. Criterios de inclusión

El estudio comprende a las variaciones en la concentración de pH, DBO, Aceites y Grasas, Solidos Suspendidos Totales y Fósforo total de los puntos de muestreo del agua en los lagos de la ciudad de Iquitos realizados por la Autoridad Nacional del Agua del año 2012 al 2022.

b. Criterios de exclusión

Para el estudio fueron excluidos las variaciones en la concentración de otros parámetros físico-químicos de los lagos de la ciudad de Iquitos que no son considerados para la investigación.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Se realizó la sistematización, organización, revisión y validación de la información secundaria generada por la ANA. Además del procesamiento informático, análisis y predicción con modelo matemático Montecarlo de las concentraciones de los parámetros físico-químicos descritos anteriormente de los lagos de la ciudad de Iquitos del 2012 al 2022.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

Los datos fueron procesados en Software Excel o SPSS 26. Inicialmente se construyó una base de datos en base a los resultados de las variaciones en la Concentración de los parámetros físico-químicos de los lagos de la ciudad de Iquitos convenientes para esta investigación de los años 2012 al 2022, que permitió obtener resultados relevantes en el estudio. Esta base de datos brindó la plataforma sobre la cual se realizó las gráficas de tendencias y el modelamiento matemático para los análisis de predicción de las variaciones de la concentración de los parámetros físico-químicos ya descritos anteriormente, para lo cual se utilizó el **Modelo Matemático Montecarlo**, cuyo procedimiento se describe a continuación:

- **Paso 1:** Calcular la Media y Desviación Estándar de los datos históricos de la concentración de cada parámetro físico-químico que se va a predecir considerados en la investigación. La media se calcula como la suma de los valores históricos dividida por la cantidad de valores:

$$\text{media} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$$

Donde “ X_n ” son los valores históricos de concentración, “ n ” es la cantidad de valores.

La desviación estándar se calcula como la raíz cuadrada de la varianza, donde la varianza es la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada valor respecto a la media, dividida por la cantidad de valores menos 1.

$$\text{varianza} = ((x_1 - \text{media})^2 + (x_2 - \text{media})^2 + \dots + (x_n - \text{media})^2)/(n - 1)$$

$$\text{Desviacion Estandar} = \sqrt{\text{varianza}}$$

- **Paso 2:** Generar un numero aleatorio entre 0 y 1, utilizando un generador de números aleatorios.

- **Paso 3:** Generar muestras aleatorias de cada parámetro físicoquímicos de los años futuros que se van a predecir, utilizando los datos de media y desviación estándar ya calculados en el paso 1, además del número aleatorio generado en el paso 2. La fórmula es:

$$X = Z \times \text{Desviacion Estandar} + \text{Media}$$

Donde:

- **Z** es el valor generado en el paso 2.
- **X** es el valor generado que sigue la distribución normal deseada.

Importante: Para fines prácticos de la investigación se utilizará el software Excel para el cálculo de muestras aleatorias, se calculará 1000 muestras aleatorias por cada tipo de parámetro de acuerdo a sus concentraciones históricas en cada uno de los lagos en estudio. Cuanto mayor sean las muestras generadas más precisa es la predicción.

- **Paso 4:** Calcular la media y la desviación estándar de las muestras aleatorias generadas en paso anterior, estos datos se utilizarán para la generación de otras muestras aleatorias a criterio con el fin de mejorar la precisión de la predicción. Se utilizará el software Excel para fines prácticos en el cálculo de estos datos.
- **Paso 5:** finalmente se calculará el percentil 5 y el percentil 95. Estos valores representan el rango de concentraciones esperado con un nivel de precisión del 90%. Si los valores esperados se encuentran dentro del rango de concentraciones correspondiente al percentil 5 y al percentil 95, las predicciones tendrán una confianza del 90% de que las concentraciones futuras caerán dentro de ese rango.

3.5. Aspectos éticos

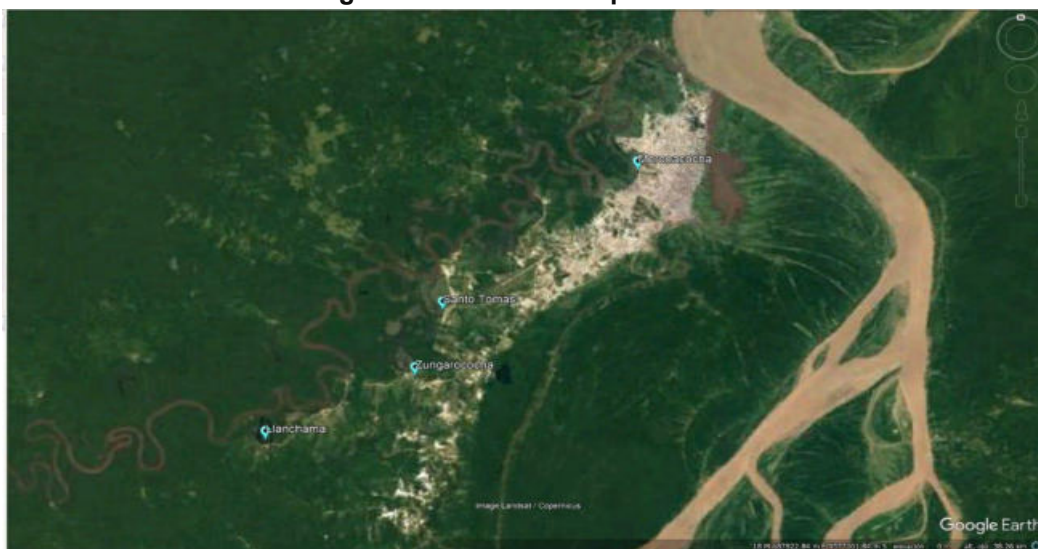
Trata de un estudio que no requerirá la participación de individuos, sino que se basará únicamente en información secundaria disponible en bases de datos. Sin embargo, se respetará plenamente el derecho y la confidencialidad de la información según lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Además, es importante señalar que el investigador está obligado a mantener la confidencialidad de la información, a menos que cuente con la autorización correspondiente por parte de las autoridades competentes o en casos excepcionales debidamente justificados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Puntos Focales de Monitoreo de los lagos de la ciudad de Iquitos

La foto 1, muestra la ubicación y puntos de monitoreo de los cuatro (04) lagos (Moronacochoa, Santo Tomas, Zungarocochoa y Llanchama) en las cercanías de la ciudad de Iquitos e interconectados principalmente en época de estiaje con el río Nanay.

Foto 1. Ubicación de los lagos en la ciudad de Iquitos



Fuente: Google Earth. Elaboración propia

4.2. Concentración de los Parámetros Físico-químico del agua y valores predictivos en los lagos de la ciudad de Iquitos.

Cuadro 1. Concentración de Aceites y grasas en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

ACEITES Y GRASAS				
AÑOS	LLANCHAMA	MORONACOCHA	SANTO TOMAS	ZUNGAROCOCHA
2013	0.80	0.87	0.94	0.92
2014	0.47	0.49	0.45	0.47
2015	0.88	0.68	0.70	0.95
2016	0.92	1.22	0.83	0.97
2017	0.96	1.75	0.96	0.99
2018	0.91	2.15	0.99	0.90
2019	0.55	0.80	0.51	0.53
2020	0.93	0.56	0.91	0.98
2021	0.29	0.35	0.27	0.25
2022	0.98	0.96	0.93	0.96
2023	0.85	0.96	0.78	0.97
2024	0.78	0.78	0.78	0.78
2025	0.68	1.09	0.75	0.84
2026	0.88	0.96	0.82	0.88
2027	0.78	0.86	0.62	0.87

Cuadro 2. Concentración de la DBO en el agua y valores Predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO				
AÑOS	LLANCHAMA	MORONACOCHA	SANTO TOMAS	ZUNGAROCOCHA
2013	1.96	1.95	1.92	1.94
2014	1.91	27.8	1.96	1.98
2015	4	14.88	1.93	1.91
2016	2.95	14.44	1.85	1.95
2017	1.89	14	1.91	1.99
2018	1.95	26.97	3.50	6.50
2019	1.97	12.50	6	1.86
2020	4	10.67	3.30	3.33
2021	3.15	8.83	5.60	4.20
2022	1.96	2.50	1.98	1.90
2023	2.87	15.42	2.95	3.46
2024	2.17	12.39	2.82	2.93
2025	2.46	17.33	3.66	2.27
2026	2.84	13.08	4.25	3.03
2027	3.11	14.51	3.28	3.55

Cuadro 3. Concentración de Fósforo Total en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

FÓSFORO TOTAL				
AÑOS	LLANCHAMA	MORONACOCHA	SANTO TOMAS	ZUNGAROCOCHA
2013	0.02	0.70	0.10	0.01
2014	0.06	0.50	0.009	0.16
2015	0.18	0.60	0.055	0.22
2016	0.096	0.41	0.045	0.17
2017	0.015	0.22	0.035	0.12
2018	0.009	0.82	0.056	0.53
2019	0.045	0.89	0.069	0.12
2020	0.086	0.62	0.11	0.19
2021	0.029	0.35	0.19	0.07
2022	0.098	0.45	0.097	0.13
2023	0.073	0.57	0.084	0.17
2024	0.081	0.51	0.094	0.21
2025	0.086	0.61	0.087	0.18
2026	0.087	0.67	0.10	0.15
2027	0.096	0.63	0.090	0.26

Cuadro 4. Concentración de pH en el agua y valores Predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO				
AÑOS	LLANCHAMA	MORONACOCHA	SANTO TOMAS	ZUNGAROCOCHA
2013	6.54	6.30	5.71	6.02
2014	5.11	6.21	5.23	5.90
2015	5.35	6.26	6.19	6.14
2016	5.33	6.24	7.15	5.97
2017	5.30	6.21	5.52	5.79
2018	5.46	6.83	8.78	6.12
2019	5.26	6.32	4.92	5.22
2020	5.36	6.58	6.85	5.67
2021	5.15	5.46	5.90	5.45
2022	4.94	4.33	4.95	5.22
2023	5.28	6.25	6.12	5.74
2024	5.48	6.36	5.74	5.92
2025	5.51	5.88	6.54	5.79
2026	5.46	6.03	6.36	5.84
2027	5.41	6.32	6.52	5.65

Cuadro 5. Concentración de Sólidos Suspendidos en el agua y valores predictivos en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS				
AÑOS	LLANCHAMA	MORONACOCHA	SANTO TOMAS	ZUNGAROCOCHA
2013	15.4	25.5	8.4	21.3
2014	11.8	10.6	6.8	11.4
2015	29	18.1	7.6	22
2016	16	16.3	9.8	23.5
2017	3	14.5	12	25
2018	3.5	10.3	6.5	12
2019	5.5	15	6	7.5
2020	27	12.2	12	4
2021	5	9.4	9.1	5
2022	3	3.5	3	3
2023	10.10	13.76	8.90	7.77
2024	13.58	12.51	8.54	9.01
2025	13.74	12.88	7.93	8.92
2026	16.57	13.91	8.04	5.56
2027	17.82	15.27	8.86	9.61

4.3. Análisis estadístico, Comparación de parámetros físico-químicos entre los lagos de la ciudad de Iquitos.

4.3.1. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de aceites y grasas entre los lagos de la ciudad de Iquitos.

Cuadro 6. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Aceites y Grasas

N total	60
Estadístico de prueba	3,154 ^{a,b}
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,368

Según los resultados del Cuadro 6 de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.368, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de aceites y grasas entre los 4 lagos en estudio, se resalta que estas concentraciones no superan el LMP de 5 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro en los 4 lagos, tienen una clasificación de entre bueno a excelente (< 3 mg/L).

4.3.2. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno entre los lagos de la ciudad de Iquitos

Cuadro 7. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de DBO

N total	60
Estadístico de prueba	23,254 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Según los resultados del Cuadro 7 de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.000, se encontraron diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de DBO entre los 4 lagos en estudio; se resalta que las concentraciones del lago Llanchama, Santo Tomas y Zungaro cocha no superan el LMP de 5 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro en los 3 lagos, tienen una clasificación de entre excelente hasta aceptable en relación calidad de agua (< 5 mg/L). por otro lado, la concentración del lago Moronacocha supera LMP y tiene una clasificación de Mala calidad de agua en relación a DBO (> 5 mg/L).

Cuadro 8. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
LLANCHAMA-ZUNGAROCOCHA	-,867	6,376	-,136	,892	1,000
LLANCHAMA-SANTO TOMAS	-3,433	6,376	-,539	,590	1,000
LLANCHAMA-MORONACOCHA	-26,367	6,376	-4,135	,000	,000
ZUNGAROCOCHA-SANTO TOMAS	2,567	6,376	,403	,687	1,000
ZUNGAROCOCHA-MORONACOCHA	25,500	6,376	4,000	,000	,000
SANTO TOMAS-MORONACOCHA	22,933	6,376	3,597	,000	,002

Los resultados del cuadro 8, indican que hay diferencias significativas en las concentraciones de DBO entre los diferentes lagos. El lago Llanchama no es estadísticamente significativo con los lagos Zungaro cocha y Santo Tomas, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago

Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia.

El lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, pero si tiene una diferencia significativa con el lago Moronacocha ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es menor al nivel de significancia de 0.05. Por último, el lago Santo Tomas si tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, porque el p valor es menor al nivel de significancia.

4.3.3. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Fósforo Total entre los lagos de la ciudad de Iquitos

Cuadro 9. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Fosforo Total

N total	60
Estadístico de prueba	41,246 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Según los resultados del Cuadro 9 de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.000, indica que hay diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de Fósforo Total entre los 4 lagos en estudio; se resalta que las concentraciones de los 4 lagos en estudio superan el LMP de 0.035 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro en los 4 lagos, tienen una clasificación de Mala en relación a calidad de agua.

Cuadro 10. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Fósforo Total

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
LLANCHAMA-SANTO TOMAS	-3,133	6,376	-,491	,623	1,000
LLANCHAMA-ZUNGAROCOCHA	-18,367	6,376	-2,881	,004	,024
LLANCHAMA-MORONACOCHA	-36,500	6,376	-5,725	,000	,000
SANTO TOMAS-ZUNGAROCOCHA	-15,233	6,376	-2,389	,017	,101
SANTO TOMAS-MORONACOCHA	33,367	6,376	5,233	,000	,000
ZUNGAROCOCHA-MORONACOCHA	18,133	6,376	2,844	,004	,027

Los resultados del cuadro 10, indican que hay diferencias significativas en las concentraciones de Fósforo Total entre los diferentes lagos. El lago Llanchama no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Zungaro cocha y Moronacocha si hay diferencia significativa debido a que el p valor es menor al nivel de significancia.

El lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Zungaro Cocha, pero si tiene una diferencia significativa con el lago Moronacocha ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es menor al nivel de significancia de 0.05. Por último, el lago Zungaro cocha si tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, p valor menor al nivel de significancia.

4.3.4. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de potencial de Hidrógeno entre los lagos de la ciudad de Iquitos

Cuadro 11. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de pH.

N total	60
Estadístico de prueba	18,421 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Según los resultados del Cuadro 11 de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.000, se encontraron diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de pH entre los 4 lagos en estudio; donde las concentraciones del lago Llanchama, Zungaro cocha y Moronacochoa tienen una clasificación de ligeramente ácido, mientras que el lago Santo Tomas tiene una mayor variabilidad en sus concentraciones teniendo una clasificación que va de ácido hasta alcalino.

Cuadro 12. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de pH.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
LLANCHAMA-ZUNGAROCOCHA	-12,000	6,376	-1,882	,060	,359
LLANCHAMA-SANTO TOMAS	-20,133	6,376	-3,158	,002	,010
LLANCHAMA-MORONACOCHA	-25,733	6,376	-4,036	,000	,000
ZUNGAROCOCHA-SANTO TOMAS	8,133	6,376	1,276	,202	1,000
ZUNGAROCOCHA-MORONACOCHA	13,733	6,376	2,154	,031	,187
SANTO TOMAS-MORONACOCHA	5,600	6,376	,878	,380	1,000

Los resultados del cuadro 12, indican que hay diferencias significativas en las concentraciones de pH entre los diferentes lagos. El lago Llanchama no es estadísticamente significativo con el lago Zungaro cocha, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Santo Tomas y Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia.

El lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas y Moronacocha. Por último, el lago Santo Tomas no tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, p valor mayor al nivel de significancia.

4.3.5. Prueba de Kruskal – Wallis de los niveles de concentración de Sólidos Suspendidos entre los lagos de la ciudad de Iquitos

Cuadro 13. Prueba de Kruskal – Wallis de Concentración de Sólidos Suspendidos.

N total	60
Estadístico de prueba	9,753 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,021

Según los resultados del Cuadro 13 de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.021, indica que hay diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de Sólidos Suspendidos entre los 4 lagos en estudio; donde las concentraciones de los 4 lagos considerando una vista general de los datos no superan el LMP de 25 mg/L, por lo que las concentraciones de los lagos se

encuentran en un rango aceptable y podría considerarse en general, optimo en cuestión de calidad de agua respecto a este parámetro.

Cuadro 14. Comparaciones entre lagos respecto a la Concentración de Sólidos Suspendidos.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
SANTO TOMAS-ZUNGAROCOCHA	-8,100	6,376	-1,270	,204	1,000
SANTO TOMAS-LLANCHAMA	12,500	6,376	1,961	,050	,300
SANTO TOMAS-MORONACOCHA	19,400	6,376	3,043	,002	,014
ZUNGAROCOCHA-LLANCHAMA	4,400	6,376	,690	,490	1,000
ZUNGAROCOCHA-MORONACOCHA	11,300	6,376	1,772	,076	,458
LLANCHAMA-MORONACOCHA	-6,900	6,376	-1,082	,279	1,000

Los resultados del cuadro 14, indican que hay diferencias significativas en las concentraciones de sólidos suspendidos entre los diferentes lagos. El lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Zungaro Cocha y Llanchama, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que con relación al lago Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia.

El lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama y Moronacocha, de igual manera el lago Llanchama no tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha ya que el p valor es mayor al nivel de significancia.

4.4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Parámetros Físico-químicos del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

4.4.1. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Aceites y Grasas en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

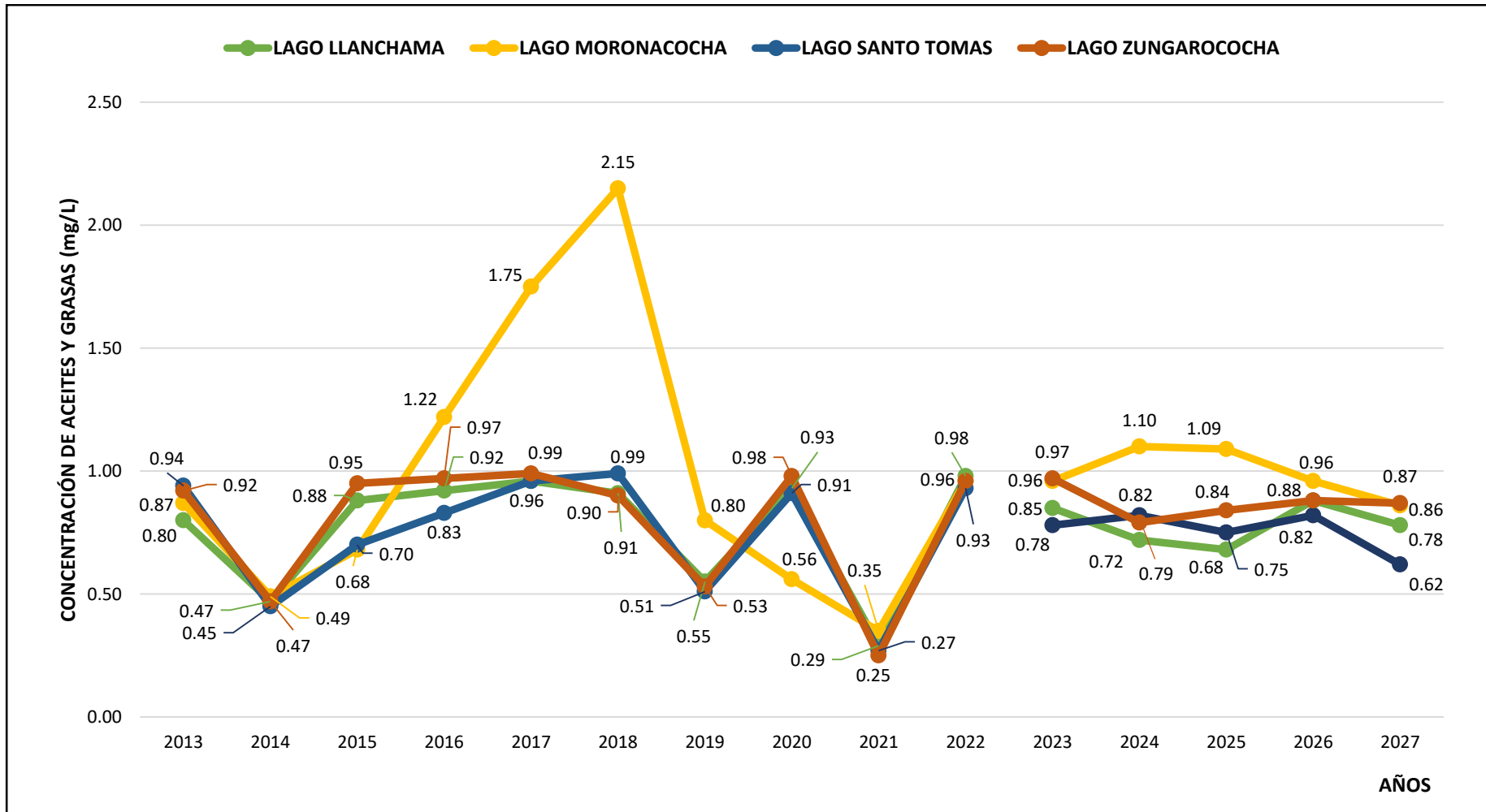
En el Grafico 1 se observa los niveles de concentración de aceites y grasas en mg/L en los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos, donde los datos del año 2013 al 2022 corresponden a datos de monitoreos reales y los datos del año 2023 al 2027 son datos predictivos generados por el modelo de simulación de Montecarlo.

En los años del 2013 al 2022, se observa cierta variabilidad en los niveles de concentración de aceites y grasas en los lagos. Por ejemplo, en el lago Moronacocha, la concentración varía desde 0.87 mg/L en 2013 hasta 2.15 mg/L en 2018, y luego disminuye a 0.96 en 2022. Esto indica que la contaminación en ese lago ha fluctuado a lo largo de los años en comparación con los otros tres lagos en estudio que tienen una fluctuación casi similar a lo largo de los años.

Con respecto a la predicción por el modelo de Montecarlo para los años 2023 al 2027, se observa una tendencia general de mantener los niveles de concentración de aceites y grasas por debajo del límite máximo permitido de 5 mg/L. Esto indica que, según el modelo, se espera que la calidad del agua en los lagos continúe siendo aceptable en términos de contaminación por aceites y grasas durante este período. Al comparar los valores reales con los predictivos se puede notar que hay una cierta estabilidad en las concentraciones pronosticadas. Los valores se mantienen en un rango relativamente bajo y constante, lo cual es alentador en términos de la calidad del agua.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas predicciones están sujetas a incertidumbre y que pueden existir factores imprevistos que podrían influir en los niveles de contaminación.

Gráfico 1. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Aceites y Grasas en el agua de los Lagos de la Ciudad de Iquitos.



4.4.2. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

En el Grafico 2 se observa los niveles de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L de los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos, donde los datos del año 2013 al 2022 corresponden a datos de monitoreos reales y los datos del año 2023 al 2027 son datos predictivos generados por el modelo de simulación de Montecarlo.

De acuerdo a la gráfica, el Lago Llanchara muestra concentraciones de DBO que se mantienen por debajo del LMP en la mayoría de los años, tanto en los datos de monitoreos reales como en los datos predictivos. Sin embargo, se observa un aumento cercano al LMP en la concentración de DBO en el año 2015 y 2020 con 4 mg/L respectivamente, pero disminuye gradualmente hasta el año 2022.

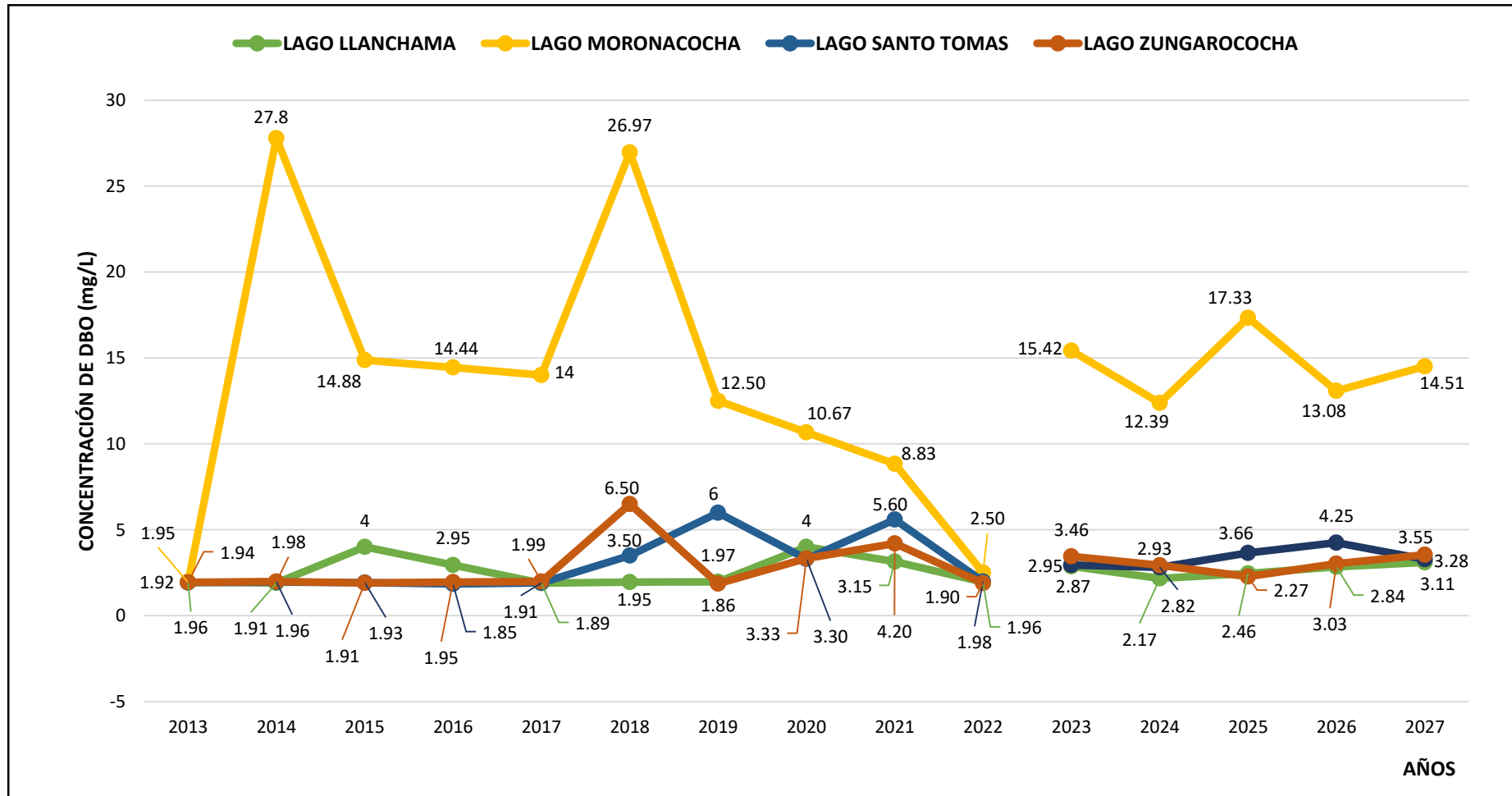
El lago Moronacocha presenta variaciones significativas en las concentraciones de DBO. Durante los años de monitoreo reales, se observa una medición alarmantemente alta en el año 2014 y 2018 con 27.8 mg/L y 26.97 mg/L respectivamente, que superan en gran medida el LMP. En los años subsiguientes, las concentraciones disminuyen y se mantienen por debajo del LMP en la mayoría de los casos. En los datos predictivos generado por la simulación de Montecarlo, se pronostica una disminución gradual constante de las concentraciones de DBO, pero que aún superan por mucho los limites máximo permisible de 5 mg/L.

Por otro lado, el lago Santo tomas se mantiene generalmente por debajo del LMP en los años de monitoreos reales. Sin embargo, en los años 2019 y 2021, la concentración supera el LMP debido a un aumento significativo

con valores de 6 mg/L y 5.60 mg/L respectivamente. En los datos predictivos, se espera que las concentraciones disminuyan gradualmente.

Por último, el Lago Zungaro cocha muestra concentraciones por debajo del LMP en la mayoría de los años de monitoreos reales. Sin embargo, en el año 2018, se registra una concentración alta que excede el LMP con un valor de 6.50 mg/L. En los datos predictivos, se espera que las concentraciones fluctúen, pero se mantengan en general por debajo del LMP.

Gráfico 2. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de DBO en el agua de los lagos de la Ciudad de Iquitos.



4.4.3. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Fósforo Total en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

En el Grafico 3 se observa los niveles de concentración de Fósforo Total en mg/L en los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos, donde los datos del año 2013 al 2022 corresponden a datos de monitoreos reales y los datos del año 2023 al 2027 son datos predictivos generados por el modelo de simulación de Montecarlo.

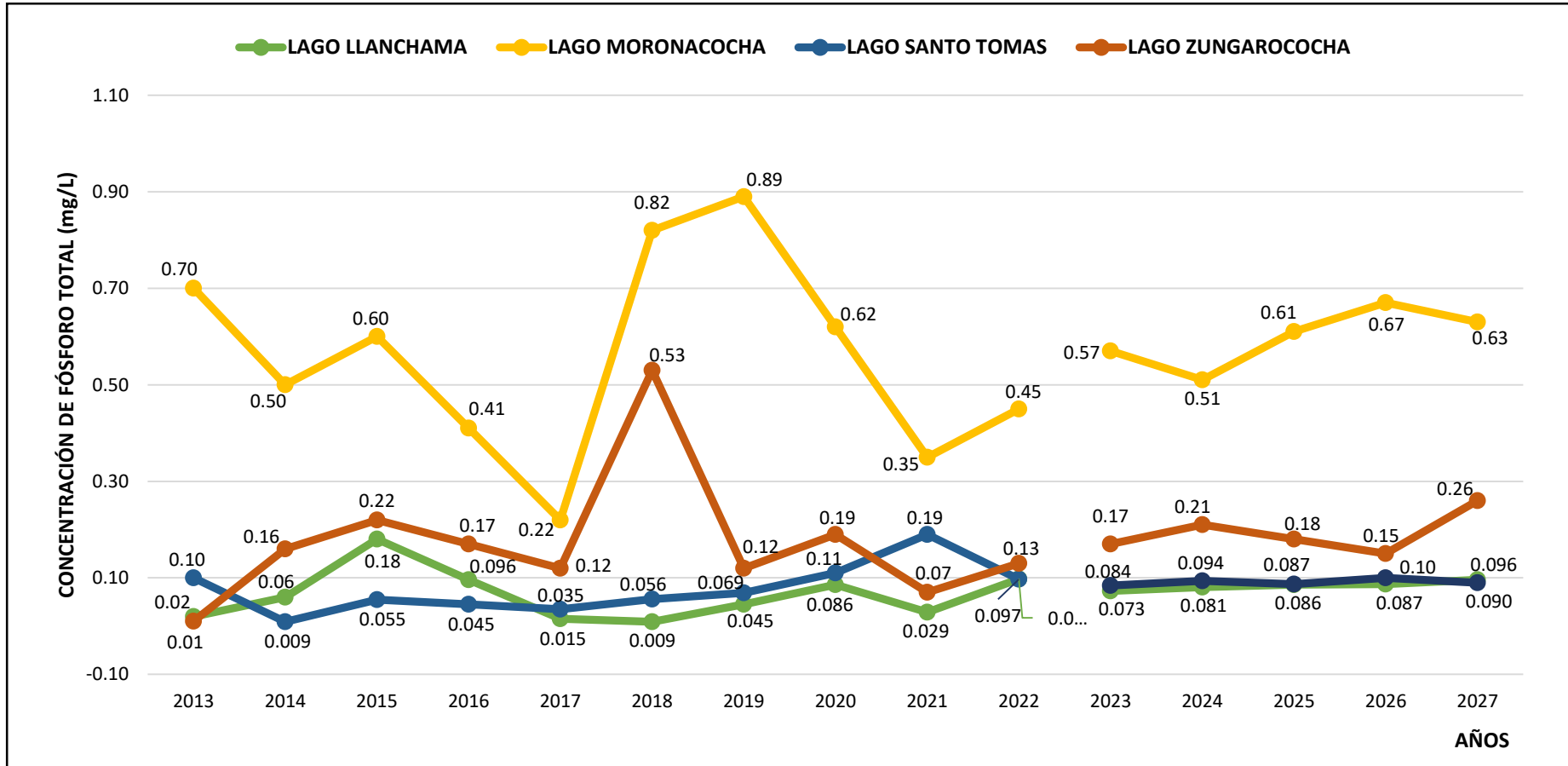
De acuerdo a la gráfica, el lago Llanchama en la mayoría de los años de monitoreos reales tiene elevaciones en la concentración de fosforo que superan el LMP, destacándose el año 2018 un valor máximo de 0.18 mg/L. Respecto a la predicción en los 5 años la gráfica muestra concentraciones constantes que superan el LMP, lo que indica que el lago no cumple con los estándares establecidos.

El lago Moronacocha de acuerdo a los datos de monitoreos reales, estos superan el LMP de concentración de fosforo en todos los años, donde los datos del año 2018 y 2019 concentran los valores más altos de fosforo con valores de 0.82 mg/L y 0.89 mg/L respectivamente. En los datos predictivos, el modelo de Montecarlo predice que la concentración de fosforo se incrementara de manera gradual y constante a lo largo de los años, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 0.63 mg/L, es decir los datos predictivos superaran el LMP de 0.035 mg/L.

Por otro lado, el lago Santo Tomas en algunos años de los datos de Monitoreos reales, estos superan el LMP, donde los valores máximos corresponden a los años 2021 y 2022 con 0.19 mg/L y 0.13 mg/L respectivamente. Mientras que los valores predictivos generados por el modelo muestran que las concentraciones se mantendrán constantes pero que superan el LMP.

Finalmente, el lago Zungaro cocha al igual que el lago Moronacocha, su concentración de fósforo de los años de monitoreos reales supera el LMP, destacando el año 2018 con un valor máximo de 0.53 mg/L. La predicción del lago Zungaro cocha muestra un incremento gradual pero constante que superan el LMP, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 0.26 mg/L.

Gráfico 3. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Fósforo Total en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.



4.4.4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Potencial de Hidrógeno en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

En el Grafico 4 se observa los niveles de concentración de Potencial de Hidrogeno (pH) en los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos, donde los datos del año 2013 al 2022 corresponden a datos de monitoreos reales y los datos del año 2023 al 2027 son datos predictivos generados por el modelo de simulación de Montecarlo.

De acuerdo a la gráfica, el lago Llanchara en relación a los valores de pH de los años de monitoreos reales se clasifican como ligeramente ácido a neutro ya que los valores se encuentran entre 5.6 y 7.3. Los valores predictivos por la simulación de Montecarlo muestran que los valores de pH tendrán un incremento poco significativo clasificándose estos como Ácidos ya que los datos predictivos se encuentran entre 4 y 5.5.

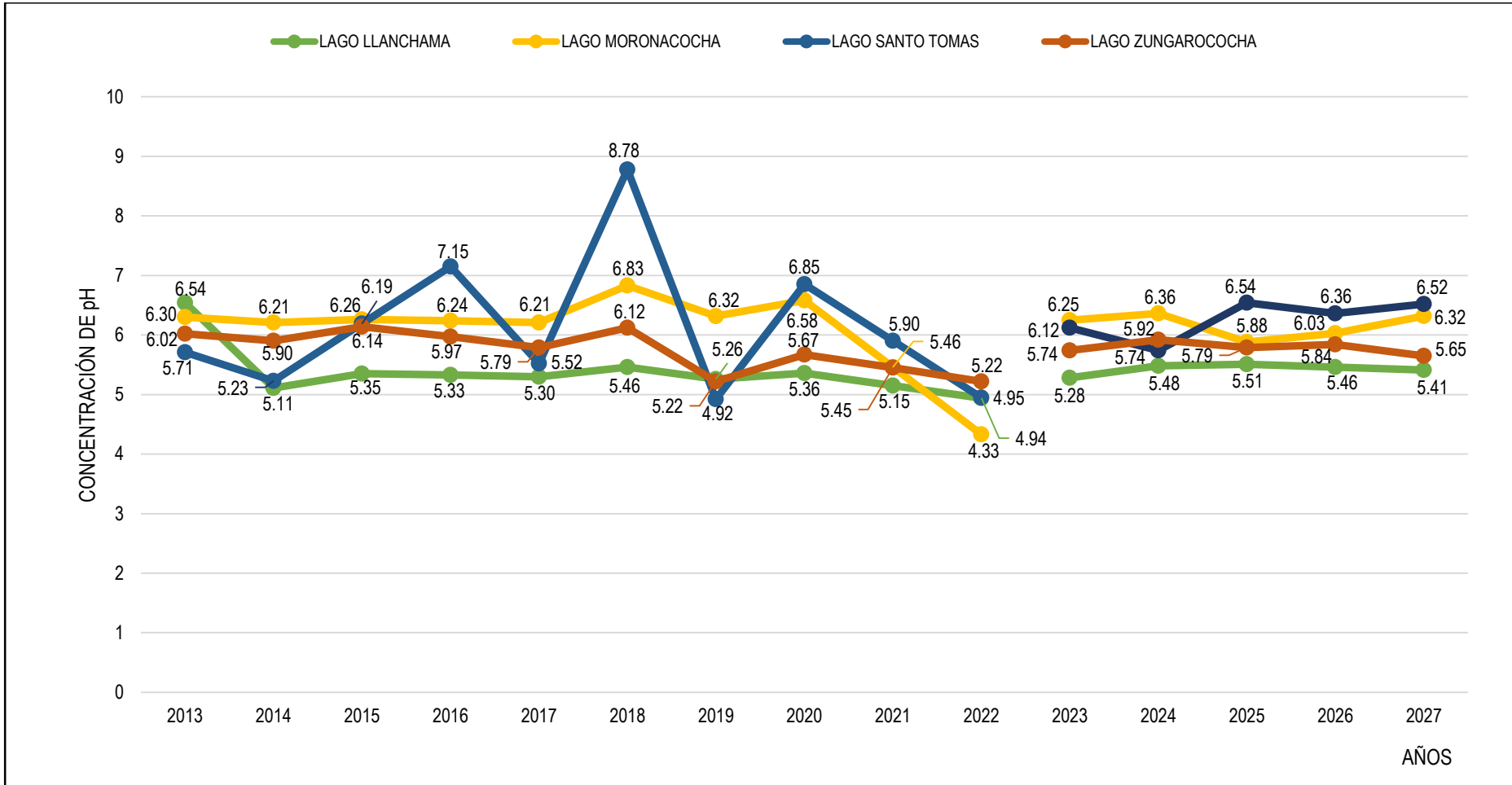
El lago Moronacocha de acuerdo a los datos de monitoreos reales se clasifica como ligeramente ácido a ligeramente alcalino ya que los valores están entre 5.6 y 8.4. La predicción muestra que los valores tendrán un incremento gradual pero constante, con ligeras caídas en los años 2026 y 2027, la predicción se clasifica como ligeramente ácido ya que los valores están entre 5.6 y 6.5.

El lago Santo Tomas de acuerdo a los datos de monitoreos reales se clasifica como ligeramente ácido a alcalino ya que los valores están entre 5.6 y 9.5. La predicción muestra que los valores tendrán un incremento gradual pero constante, con ligeras caídas en algunos años, la predicción de los datos se clasifica como ligeramente ácido ya que los valores están entre 5.6 y 6.5.

Finalmente, el lago Zungaro cocha respecto a los datos de Monitoreos reales muestra una concentración de pH de clasificación ligeramente ácido, ya que los valores se encuentran entre 5.6 y 6.5. La predicción

muestra que los valores no tendrán un incremento significativo, la predicción de los datos se clasifica como ligeramente ácido, es decir no hay cambios comparando con los datos de los monitoreos reales.

Gráfico 4. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Potencial de Hidrógeno en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.



4.4.5. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Sólidos Suspendidos Totales en los Lagos de la Ciudad de Iquitos

En el Gráfico 5 se observa los niveles de concentración de Sólidos Suspendidos Totales en mg/L de los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos, donde los datos del año 2013 al 2022 corresponden a datos de monitoreos reales y los datos del año 2023 al 2027 son datos predictivos generados por el modelo de simulación de Montecarlo.

Según la gráfica, El Lago Llanchama muestra fluctuaciones significativas en la concentración de sólidos suspendidos a lo largo de los años respecto a los datos de monitoreos reales, donde los valores máximos observados que superan el LMP son 29 mg/L y 27 mg/L correspondiente a los años 2015 y 2020 respectivamente, en comparación con los otros años que se encuentran por debajo del Límite. Por otro lado, los datos predictivos generados por el modelo Simulación de Montecarlo indican que las concentraciones se mantendrán dentro del LMP, la predicción tendrá un incremento significativamente constante, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 17.82 mg/L.

El Lago Moronacocha también presenta fluctuaciones significativas, pero en general se mantiene dentro del límite permisible respecto a los datos reales; sin embargo, en el año 2013 se observa que la concentración de sólidos suspendidos supera el LMP con un valor de 25.5 mg/L. Los datos predictivos generados por la simulación indican que habrá un incremento gradual en la concentración de sólidos suspendidos alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 15.27 mg/L, es decir las concentraciones se mantendrán por debajo del LMP.

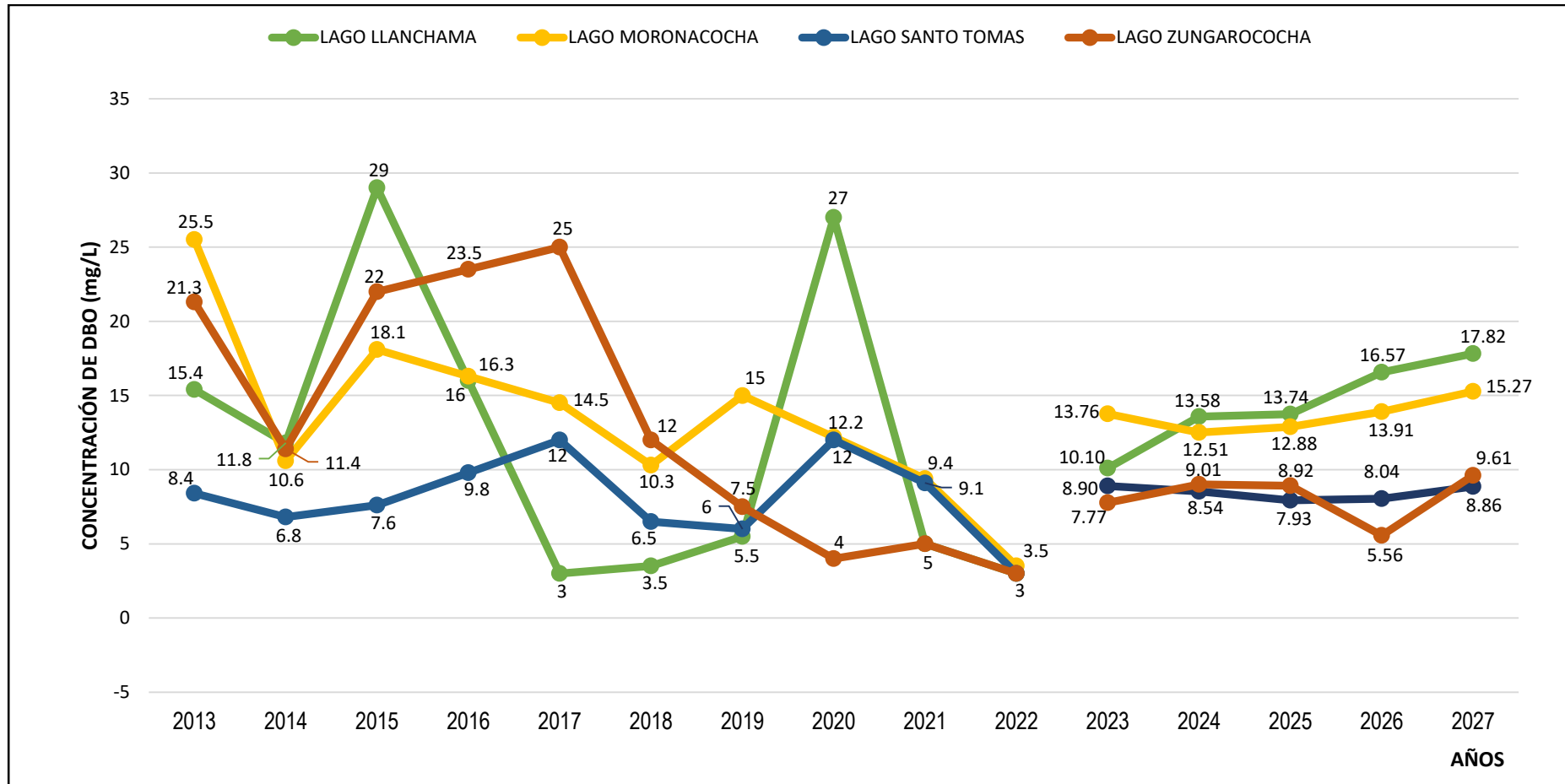
El Lago Santo Tomas presenta fluctuaciones poco significativas respecto a los datos reales y en general concentraciones de sólidos suspendidos

más bajos respecto a los otros lagos, es decir los valores están por debajo del LMP. Los valores predictivos generados por la simulación indican que las concentraciones de sólidos suspendidos a lo largo de los años tendrán un incremento poco significativo respecto al valor del año 2022, donde los valores predictivos se mantendrán constantes con ligeras variaciones, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 8.86 mg/L.

Finalmente, el Lago Zungaro cocha al igual que los lagos Llanchama y Moronacocha, también presenta fluctuaciones significativas a lo largo de los años de los datos reales, pero en general las concentraciones de sólidos suspendidos se mantienen dentro del LMP, cabe resaltar que solo el año 2017 la concentración de sólidos suspendidos alcanzo el LMP con un valor de 25 mg/L. Por otro lado, los valores predictivos generados por la simulación indican que las concentraciones de sólidos suspendidos a lo largo de los años tendrán un incremento gradual poco significativo respecto al valor del año 2022, donde los valores predictivos se mantendrán constantes con ligeras variaciones, a excepción de año 2026 donde se observa una caída en la concentración, para el año 2027 la concentración máxima de sólidos suspendidos será de 8.86 mg/L.

En general, los lagos presentan diferentes patrones de concentración de sólidos suspendidos a lo largo de los años. Algunos lagos muestran una mayor variabilidad, mientras que otros se mantienen más estables. Sin embargo, todos se mantienen dentro del límite permisible de 25 mg/L, tanto en los datos reales como en los predictivos. Esto sugiere que la calidad del agua en los lagos en términos de sólidos suspendidos se encuentra en un rango aceptable según el LMP establecido.

Gráfico 5. Evolución y Valores Predictivos de los Niveles de Concentración de Solidos Suspendidos Totales en el agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Puntos Focales de Monitoreo del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

Los puntos focales de estudio, representan los lagos más importantes que se encuentran en la periferia y que soportan una actividad antrópica. El monitoreo de estos cuatro (04) lagos (Morona cocha, Santo Tomas, Zungaro cocha y Llanchama) representa conocer el estado ambiental y de alguna manera permitirá implementar acciones, porque son lagos que se interconectan con el río Nanay en época de avenida y de esta forma contaminarlo.

5.2. Concentración y evolución de los parámetros físico-químico del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

Para determinar la significancia estadísticas de los niveles de concentración de **aceites y grasas** entre los lagos estudiados, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, que reporta un valor de significancia de 0.368, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de aceites y grasas entre los 4 lagos en estudio, se resalta que estas concentraciones no superan el LMP de 5 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro en los 4 lagos, tienen una clasificación de entre bueno a excelente (< 3 mg/L).

Respecto a los niveles de la **Demanda Bioquímica de Oxígeno** entre los lagos estudiados, la prueba de Kruskal-Wallis, reporta un valor de significancia de 0.000, que indica que se encontraron diferencias significativas entre los lagos; se resalta que las concentraciones del lago Llanchama, Santo Tomas y Zungaro cocha no superan el LMP de 5 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro, tienen una clasificación de entre excelente hasta aceptable en la calidad de agua (< 5 mg/L). Por otro lado, y se enfatiza que concentración del

lago Moronacocha supera LMP y tiene una clasificación de Mala calidad de agua en relación a DBO (> 5 mg/L), esto debido principalmente que este lago es el colector de grandes volúmenes de aguas servidas de la ciudad de Iquitos.

Al realizar las comparaciones estadísticas en las concentraciones de DBO entre los diferentes lagos. El lago Llanchara no es estadísticamente significativo con los lagos Zungaro cocha y Santo Tomas, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia. Mientras que el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, pero si tiene una diferencia significativa con el lago Moronacocha ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es menor al nivel de significancia de 0.05. Por último, el lago Santo Tomas si tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, p valor menor al nivel de significancia.

En cuanto a la concentración de **fosforo total** según la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.000, indica que hay diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de Fósforo entre los 4 lagos en estudio; se resalta que las concentraciones de los 4 lagos en estudio superan el LMP de 0.035 mg/L y que la contaminación del agua respecto a este parámetro en los 4 lagos, tienen una clasificación de Mala en relación a calidad de agua.

Al realizar las comparaciones estadísticas en las concentraciones de Fósforo total entre los diferentes lagos; el lago Llanchara no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Zungaro cocha y Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia. Mientras que el lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Llanchara, pero si tiene una diferencia

significativa con el lago Moronacocha ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es menor al nivel de significancia de 0.05; mientras que, el lago Zungaro cocha si tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, con un p valor menor al nivel de significancia.

Sobre los valores del **potencial de hidrogeno** (pH) de la prueba de Kruskal-Wallis, con un valor de significancia de 0.000, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de pH entre los 4 lagos en estudio y donde las concentraciones del lago Llanchama, Zungaro cocha y Moronacocha tienen una clasificación de ligeramente ácido, mientras que el lago Santo Tomas tiene una mayor variabilidad en sus concentraciones teniendo una clasificación que va de ácido hasta alcalino.

Las diferencias o comparaciones significativas en las concentraciones de pH entre los diferentes lagos. El lago Llanchama no es estadísticamente significativo con el lago Zungaro cocha, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Santo Tomas y Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia. Por su lado, el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas y Moronacocha. Por último, el lago Santo Tomas no tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha, p valor mayor al nivel de significancia.

En relación a la concentración de **sólidos suspendidos** en el agua, según la prueba de Kruskal-Wallis, reporta un valor de significancia de 0.021, indicando que hay diferencias significativas entre los 4 lagos en estudio; donde las concentraciones de los 4 lagos, pero las concentraciones no superan el LMP de 25 mg/L, por lo que las concentraciones de los lagos se encuentran en un rango de calidad aceptable respecto a este parámetro.

Las comparaciones de las diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de sólidos suspendidos entre los diferentes lagos. El lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama y Moronacocha, ya que el p valor con ajuste de Bonferroni es mayor al nivel de significancia de 0.05; mientras que en relación al lago Moronacocha si hay diferencia significativa ya que el p valor es menor al nivel de significancia; mientras que, el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama y Moronacocha; asimismo el lago Santo Tomas no presenta diferencia estadística significativa con el lago Moronacocha, ya que el p valor es mayor al nivel de significancia.

5.3. Valores Predictivos-Modelo Matemático Montecarlo- de los Niveles de Concentración de Parámetros Físicoquímicos del agua en los Lagos de la Ciudad de Iquitos.

En los años del 2013 al 2022, se observa cierta variabilidad en los niveles de concentración de aceites y grasas en los lagos. En el lago Moronacocha, la concentración varía desde 0.87 mg/L en 2013 hasta 2.15 mg/L en 2018, y luego disminuye a 0.96 en 2022. Esto indica que la contaminación en ese lago ha fluctuado a lo largo de los años en comparación con los otros tres lagos en estudio que tienen una fluctuación casi similar a lo largo de los años. Los valores de predicción del modelo Montecarlo para los años 2023 al 2027, muestra una tendencia general de mantener los niveles de concentración de aceites y grasas por debajo del límite máximo permitido de 5 mg/L. Esto indica que, según el modelo, se espera que la calidad del agua en los lagos continúe siendo aceptable en términos de contaminación por aceites y grasas durante este período. Al comparar los valores reales con los predictivos se puede notar que hay una cierta estabilidad en las concentraciones pronosticadas. Los valores se mantienen en

un rango relativamente bajo y constante, lo cual es alentador en términos de la calidad del agua. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas predicciones están sujetas a incertidumbre y que pueden existir factores imprevistos que podrían influir en los niveles de contaminación.

Sobre la evolución y predicción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L de los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos. El Lago Llanchara muestra concentraciones de DBO que se mantienen por debajo del LMP en la mayoría de los años, tanto en los reportes de monitoreos como en los datos predictivos. El lago Moronacocha presenta variaciones significativas en las concentraciones de DBO, en los monitoreos, se observa valores muy altos sobre todo en los años 2014 y 2018 con 27.8 mg/L y 26.97 mg/L respectivamente, que superan largamente el LMP, los reportes predictivos generados por la simulación de Montecarlo, se pronostica una disminución gradual constante de las concentraciones de DBO, pero que aún superan por mucho los límites máximo permisible de 5 mg/L. Por otro lado, el lago Santo Tomás mantiene niveles por debajo del LMP en los monitoreos; los reportes de datos predictivos, se prevé que las concentraciones disminuyan gradualmente. Mientras que Zungarococha muestra concentraciones por debajo del LMP en la mayoría de los años de monitoreos reales; sin embargo, en el año 2018, se registra una concentración alta que excede el LMP con un valor de 6.50 mg/L; los reportes predictivos, se prevé que las concentraciones fluctúen por debajo del LMP.

Sobre los niveles de concentración y valores predictivos de Fósforo Total en mg/L en los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos. El lago Llanchara en la mayoría de los años de monitoreos tiene incrementos en la concentración de fósforo que superan el LMP, destacándose el año 2018 con 0.18 mg/L, los valores predictivos muestran concentraciones que superan el LMP, lo que indica que el lago no cumple con los estándares de calidad establecidos para este

parámetro. Por su parte en el lago Moronacocha los valores de los monitoreos superan el LMP de concentración de fosforo en todos los años, igualmente los valores predictivos del modelo de Montecarlo predicen que la concentración de fosforo se incrementara de manera gradual y constante a lo largo de los años, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 0.63 mg/L, es decir los datos predictivos superaran largamente el LMP de 0.035 mg/L. Por otro lado, el lago Santo Tomas en algunos años presenta valores de los Monitoreos que superan el LMP, así en los años 2021 y 2022 con 0.19 mg/L y 0.13 mg/L respectivamente. Mientras que los valores predictivos generados por el modelo muestran que las concentraciones se mantendrán constantes pero que superan el LMP. Finalmente, el lago Zungaro cocha al igual que el lago Moronacocha, su concentración de fósforo de los años de monitoreos supera el LMP, sobresaliendo el 2018 con un valor 0.53 mg/L, los valores predictivos muestra un incremento gradual pero constante que superan el LMP, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 0.26 mg/L.

Sobre los niveles de concentración y valores predictivos de Potencial de Hidrogeno (pH) en los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos. El lago Llanchama muestra valores entre 5.6 y 7.3, de ligeramente ácido a ligeramente alcalino; los valores predictivos muestran incremento poco significativo hacia aguas acidas, pues los reportes se encuentran entre 4 y 5.5. del pH. El lago Moronacocha reporta valores están entre 5.6 y 8.4, con una mayor alcalinidad de sus aguas; el reporte predictivo muestra que los valores tendrán un incremento gradual pero constante, con ligera disminución del pH en los años 2026 y 2027, con valores están entre 5.6 y 6.5. El lago Santo Tomas presenta valores ligeramente ácidos a alcalino entre 5.6 y 9.5. La predicción muestra que los valores tendrán un incremento gradual pero constante, con ligeras caídas en algunos años, la predicción de los datos se clasifica como ligeramente ácido ya que los valores

están entre 5.6 y 6.5. Finalmente, el lago Zungaro muestra una concentración de pH de clasificación ligeramente ácido, ya que los valores se encuentran entre 5.6 y 6.5, los valores predictivos muestran valores no tendrán un incremento significativo del pH, ligeramente ácido, es decir no hay cambios comparando con los datos de los monitoreos.

Respecto a los niveles de concentración y valores predictivos de **Sólidos Suspendidos Totales** en mg/L. El Lago Llanchara muestra fluctuaciones significativas en la concentración de sólidos suspendidos a lo largo de los años respecto a los datos de monitoreos, donde los valores máximos observados que superan el LMP con 29 mg/L y 27 mg/L correspondiente a los años 2015 y 2020 respectivamente, en comparación con los otros años que se encuentran por debajo del Límite. Por otro lado, los datos predictivos según el modelo Montecarlo reportan que las concentraciones se mantendrán dentro del LMP, pero los valores predictivos tendrán un incremento constante, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 17.82 mg/L. El Lago Moronacocha también presenta fluctuaciones significativas, pero en general se mantiene dentro del límite permisible según los monitores; sin embargo, en el año 2013 se alcanzó una concentración de sólidos suspendidos que supera el LMP con un valor de 25.5 mg/L; los valores predictivos generados por la simulación indican que habrá un incremento gradual en la concentración de sólidos suspendidos alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 15.27 mg/L, es decir las concentraciones de sólidos suspendidos se mantendrán por debajo del LMP. El Lago Santo Tomas presenta fluctuaciones poco significativas, las concentraciones de sólidos suspendidos son los más bajos respecto a los otros lagos, con valores por debajo del LMP; los valores predictivos generados por la simulación indican que las concentraciones de sólidos suspendidos a lo largo de los años tendrán un incremento poco significativo respecto al valor del año 2022, donde los valores

predictivos se mantendrán constantes con ligeras variaciones, alcanzando un valor máximo en el año 2027 con 8.86 mg/L. Finalmente, el Lago Zungaro cocha al igual que los lagos Llanchama y Moronacocha, también presenta fluctuaciones significativas a lo largo de los años según los monitoreos, pero en general las concentraciones de sólidos suspendidos se mantienen dentro del LMP, cabe resaltar que solo el año 2017 la concentración de sólidos suspendidos alcanzo el LMP con un valor de 25 mg/L; mientras que los valores predictivos generados por la simulación indican que las concentraciones de sólidos suspendidos a lo largo de los años tendrán un incremento gradual poco significativo respecto al valor del año 2022, donde los valores predictivos se mantendrán constantes con ligeras variaciones, a excepción de año 2026 donde se observa una caída en la concentración, para el año 2027 la concentración máxima de sólidos suspendidos será de 8.86 mg/L. En general, los lagos presentan diferentes patrones de concentración de sólidos suspendidos a lo largo de los años. Algunos lagos muestran una mayor variabilidad, mientras que otros se mantienen más estables. Sin embargo, todos se mantienen dentro del límite permisible de 25 mg/L, tanto en los datos reales como en los predictivos. Esto sugiere que la calidad del agua en los lagos en términos de sólidos suspendidos se encuentra en un rango aceptable según el LMP establecido.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. En relación a la concentración de **aceites y grasas**, no se encontraron diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos, se resalta que las concentraciones no superan el LMP de 5 mg/L.
2. La **Demanda Bioquímica de Oxígeno** entre los lagos estudiados, se encontró diferencias significativas entre los lagos; se resalta que las concentraciones del lago Llanchama, Santo Tomas y Zungaro cocha no superan el LMP de 5 mg/L, mientras que el lago Moronacochoa supera LMP
3. Las comparaciones estadísticas de la DBO entre los diferentes lagos. El lago Llanchama no es estadísticamente significativo con los lagos Zungaro cocha y Santo Tomas, mientras con el lago Moronacochoa si hay diferencia significativa. Igualmente, el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, pero si tiene una diferencia significativa con el lago Moronacochoa, mientras que el lago Santo Tomas si tiene diferencias significativas con el lago Moronacochoa.
4. En cuanto a la concentración de **fosforo total** existe diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos en estudio; se resalta que las concentraciones de los 4 lagos en estudio superan el LMP de 0.035 mg/L.
5. Las comparaciones estadísticas en las concentraciones de **Fósforo total**, se observa que el lago Llanchama no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas, mientras que con el lago Zungaro cocha y Moronacochoa si hay diferencia significativa. Mientras que el lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama, pero si tiene una diferencia significativa con el lago Moronacochoa; asimismo, el lago Zungaro cocha si tiene diferencias significativas con el lago Moronacochoa.

6. Sobre el **potencial de hidrogeno** (pH) no se encontró diferencias significativas entre los grupos en términos de concentración de pH entre los 4 lagos en estudio
7. Las comparaciones estadísticas del pH entre los diferentes lagos, muestran que el lago Llanchama no es estadísticamente significativo con el lago Zungaro cocha, mientras que en relación al lago Santo Tomas y Moronacocha si hay diferencia significativa; asimismo, el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Santo Tomas y Moronacocha, mientras que el lago Santo Tomas no tiene diferencias significativas con el lago Moronacocha.
8. Sobre la concentración de **sólidos suspendidos** en el agua, se encontró diferencias significativas entre los cuatro (04) lagos en estudio; pero las concentraciones no superan el LMP de 25 mg/L.
9. Las comparaciones de las diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de sólidos suspendidos entre los lagos, reporta que el lago Santo Tomas no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama y Moronacocha, mientras que en relación al lago Moronacocha si hay diferencia significativa mientras que, el lago Zungaro cocha no es estadísticamente significativo con el lago Llanchama y Moronacocha; asimismo el lago Santo Tomas no presenta diferencia estadística significativa con el lago Moronacocha.
10. Los valores de predicción según el modelo Montecarlo para los años 2023 al 2027, muestra una tendencia general de mantener los niveles de concentración de aceites y grasas por debajo del límite máximo permitido de 5 mg/L.
11. Los reportes predictivos de Montecarlo, se pronostica una disminución gradual constante de las concentraciones de DBO, pero que aún superan por mucho los limites máximo permisible de 5 mg/L.

12. Los valores predictivos del modelo matemático Montecarlo muestran concentraciones de fosforo total que superan el LMP, lo que indica que el lago no cumple con los estándares de calidad establecidos para este parámetro.
13. Los datos predictivos según el modelo Montecarlo reportan que las concentraciones se mantendrán dentro del LMP, pero los valores predictivos tendrán un incremento constante, alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 17.82 mg/L.
14. Los valores predictivos generados por la simulación indican que habrá un incremento gradual en la concentración de sólidos suspendidos alcanzando un valor máximo en el año 2027 de 15.27 mg/L, es decir las concentraciones de sólidos suspendidos se mantendrán por debajo del LMP. En general, los lagos presentan diferentes patrones de concentración de sólidos suspendidos a lo largo de los años. Algunos lagos muestran una mayor variabilidad, mientras que otros se mantienen más estables. Sin embargo, todos se mantienen dentro del límite permisible de 25 mg/L.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. A las autoridades locales que implemente programas de sensibilización con la población aledaña para el cuidado y protección de los lagos de la ciudad de Iquitos.
2. Realizar nuevas investigaciones que puedan explicar las causas del incremento de los niveles de contaminación en los lagos de la ciudad de Iquitos.
3. Socializar los resultados de la investigación en el sentido del riesgo que existe de que algunos lagos muestran altos niveles de contaminación.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Rodríguez C.** Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Rímac para determinar su contaminación [tesis]. Lima (Perú): Pontificia Universidad Católica del Perú; 2016. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6496>
2. **Frías Quiñones M., Montilla Cabudivade L.** Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores Río Itaya, Loreto - Perú 2014 - 2015 [tesis]. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015 [citado el 29 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/114>
3. **Minaya Vela, J.** Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016 [tesis]. Iquitos (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2017. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4690>
4. **Quispe A.** Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Titicaca para determinar su contaminación [tesis]. Lima (Perú): Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/7657>
5. **Gutiérrez L.** Análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Huaytapallana para determinar su calidad [tesis]. Huancayo (Perú): Universidad Continental; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uc.edu.pe/handle/UC/139>
6. **HUAMANCAYO GARCIA, Grecia L.** Parámetros fisicoquímicos del agua de la Laguna de Los Milagros del Distrito de Pueblo Nuevo [tesis]. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca; 2017. Disponible en: <https://portal.unas.edu.pe/sites/default/files/epirnr/PARAMETROS%20FISICOQUIMICOS%20DEL%20AGUA%20DE%20LA%20LAGUNA%20DE%20LOS%20MILAGROS%20DEL%20DISTRITO%20DE%20PUEBLO%20NUEVO.pdf>
7. **Gualdrón Durán LE.** Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos [tesis]. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Libre de Colombia; 2016 [citado el 29 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/20335>

8. **Hernández Mena L., Rendón von Osten J.** Parámetros físico-químicos de la calidad del agua: un enfoque metodológico para su interpretación. Rev Mex Cienc Agríc. 2016;7(2):499-509. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n2/v7n2a16.pdf>
9. **Guevara Calero KG & Pérez JC.** Causas y consecuencias de la contaminación en el lago de Nicaragua [Investigación Documental en Internet]. [lugar desconocido]: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; 2015 [consultado el 29 de marzo de 2023]. 66 p. Disponible en:
<https://repositorio.unan.edu.ni/1763/1/10394.pdf>
10. **Mendoza JP.** servilex.pe [Internet]. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE; 18 de diciembre de 2017 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://servilex.pe/blog/estandar-de-calidad-ambiental-limite-maximo-permisible>
11. **MINAM.** www.gob.pe [Internet]. Minam ejecuta diversas acciones para mejorar la calidad ambiental del país; 1 de diciembre de 2021 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/566310-minam-ejecuta-diversas-acciones-para-mejorar-la-calidad-ambiental-del-pais>
12. **Ibanez A.** nihonkasetu.com [Internet]. DBO y DQO para caracterizar aguas residuales; 20 de noviembre de 2017 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dgo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
13. **Simone P.** Determinación de fósforo total en aguas residuales y tratadas, aguas residuales domesticas e industriales [Internet]. 6a ed. Dirección Nacional de Medio Ambiente - Uruguay: [editorial desconocido]; 2017 [consultado el 30 de marzo de 2023]. 1 p. Disponible en:
https://www.ambiente.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-concentracion-de-fosforo-total/
14. **Quispe E.** Remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021 [Tesis de Grado en Internet]. Huancayo: Universidad Continental; 2021 [consultado el 30 de marzo de 2023]. 69 p. Disponible en:
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11356>
15. **Pérez Porto J, Gardey A.** definición de [Internet]. LAGO; 30 de septiembre de 2011 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en:
<https://definicion.de/lago/>

16. **Baeza Gómez E.** Calidad del Agua. Bibl Del Congr Ncional Chile [Internet]. 17 de noviembre de 2016 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
17. **Ondarse Álvarez D.** concepto de [Internet]. que el el pH; 15 de julio de 2021 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://concepto.de/ph/>
18. **Roldan PN.** economipedia.com [Internet]. Contaminación; 1 de agosto de 2020 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/contaminacion.html>
19. **Pérez Porto J, Gardey A.** definición de [Internet]. EUTROFIZACIÓN; 8 de abril de 2020 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/eutrofizacion/>
20. **Rothschuh Osario U.** ecologiaverde.com [Internet]. Qué son las aguas superficiales: definición y ejemplos; 10 de junio de 2022 [consultado el 30 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-superficiales-definicion-y-ejemplos-3944.html>

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	PREGUNTA DE INGESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN DE ESTUDIO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	INTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
<p align="center">EVOLUCIÓN Y PREDICCIÓN DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN LOS LAGOS DE LA CIUDAD DE IQUITOS, LORETO - 2023</p>	<p>¿Es posible determinar el estado contaminación de los lagos de la ciudad de Iquitos mediante el análisis de parametros fisico-químicos?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar el estado de Contaminación de los diferentes lagos de la Ciudad de Iquitos.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICO 01: Analizar la evolución de la concentración de los parametros fisico-quimicos de los lagos de la Ciudad de Iquitos.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICO 02: Predecir los cambios en la concentración de los parametros fisico-químicos de los diferentes lagos de la ciudad de Iquitos para los proximos 5 años, utilizando la técnica Matemática de</p>	<p>H₀: Los parámetros físico-químicos muestran altos niveles de contaminación en los lagos de la ciudad de Iquitos.</p> <p>H₁: Los parámetros físico-químicos no muestran altos niveles de contaminación en los lagos de la ciudad de Iquitos.</p>	<p>Es del tipo no experimental, descriptivo, analítico y transversal y predictivo</p>	<p>Lagos de la Ciudad de Iquitos - Puntos de Muestreo</p>	<p>Plataforma de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), observatorio SNIRH</p>