

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DE TRES BALNEARIOS DEL
RIO SUPTE GRANDE, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO
PRADO, HUÁNUCO – 2021.

Tesis

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

MARIANO CUCHILLA KLEYDER

Tingo María – Perú.

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 056-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de febrero de 2024, a horas 7:30 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DE TRES
BALNEARIOS DEL RIO SUPTE GRANDE, DISTRITO DE RUPA RUPA,
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO - 2021”**

Presentado por el Bachiller: **KLEYDER MARIANO CUCHILLA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 24 de Mayo de 2024


Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
PRESIDENTE


Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO


Ing. MSc. ERLE O. J. BUSTAMANTE SCAGLIONI
MIEMBRO


Ing. MSc. JOSÉ LUIS PAREDÉS SALAZAR
ASESOR





“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 269 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

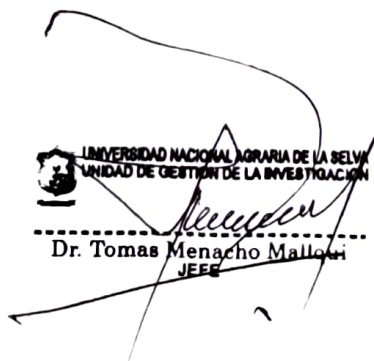
Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DE TRES BALNEARIOS DEL RIO SUPTE GRANDE, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO – 2021.	MARIANO CUCHILLA KLEYDER	17 % Diecisiete

Tingo María, 04 de setiembre de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallovi
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DE TRES BALNEARIOS DEL
RIO SUPTE GRANDE, DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO
PRADO, HUÁNUCO – 2021.

Autor : Mariano Cuchilla Kleyder

Asesor : Ing. M.sc. Paredes Salazar, Jose Luis

Programas de investigación : Ciencias y tecnologías ambientales

Línea de investigación : Nivel de contaminación ambiental

Eje temático : Contaminación del agua

Lugar de ejecución : Supte San Jorge “rio Supte Grande”

Duración del trabajo : Seis meses

Financiamiento propio : 3 675 nuevos soles

Tingo María – Perú.

2023

DICATORIA

A Dios por haberme permitido cumplir con mis ideales.

A mi Madre Luz Pilar, mi Abuela Alejandrina quienes siempre me apoyaron incondicionalmente y me brindaron todo su amor.

A mis hermanas, las compañeras de siempre, quienes tendrán caminos similares, de esfuerzo, superación profesional y, sobre todo, de crecimiento personal. Y a todos mis amigos y compañeros quienes colaboraron conmigo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la escuela profesional de ingeniería ambiental por sus enseñanzas, con quien compartí los 5 años de mi estadía universitaria, por brindarme sus ánimos para seguir adelante.

Al, Ing. M.sc. Paredes Salazar, Jose Luis por su apoyo, sugerencias, dedicación y motivación en la elaboración, ejecución y sustentación en mi tesis de investigación y a los miembros de jurado por apoyo comprensión y sugerencias en la presente investigación.

Al Dr. MSc. Mtblgo. César Samuel López López por la autorización de usar el laboratorio de Microbiología General para el análisis microbiológico de las muestras de aire.

Al Ing. Richard Sías Rodríguez por la orientación y el apoyo en todo momento de la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teóricas.....	3
2.1.1. Ríos	3
2.1.2. Agua.....	3
2.1.3. Calidad del agua.....	4
2.1.4. Índice de calidad de agua (ICA).	5
2.1.4.1. Índice de calidad del agua (ICA-PE)	5
2.1.5. Parámetros del agua	7
2.1.5.1. Parámetros bacteriológicos	7
2.1.5.2. Parámetros físicos	8
2.1.5.3. Parámetros químicos	10
2.2. Estado del arte.....	11
2.2.1. Antecedentes internacionales.....	11
2.2.2. Antecedentes nacionales	13
2.2.3. Antecedentes locales.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de ejecución	17
3.1.1. Ubicación geográfica	17
3.1.2. Ubicación política	17
3.1.3. Puntos de muestreo	17

3.1.4.	Descripción de la zona de estudio.....	18
3.2.	Materiales y métodos	19
3.2.1.	Materiales.....	19
3.2.2.	Equipos	19
3.2.3.	Medios de Cultivo.....	19
3.3.	Criterio de investigación	19
3.3.1.	Nivel de investigación	19
3.3.2.	Tipo de investigación.....	19
3.3.3.	Variable de la investigación.....	20
3.3.4.	Operacionalización de las variables.....	20
3.3.5.	Diseño de la investigación	21
3.3.6.	Población y muestra.....	22
3.3.7.	Análisis estadístico	22
3.4.	Metodología de la investigación	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	29
4.2.	Parámetro microbiológico de las zonas de muestreo y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	41
4.3.	Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)	43
4.4.	Propuestas de prevención de la contaminación del río Supte Grande.	44
V.	CONCLUSIONES	46
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	47
VII.	REFERENCIAS	48
VIII.	ANEXOS.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo	18
Tabla 2. Operacionalización de las variables	20
Tabla 3. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del punto referencial (Colina alta) del Río Supte Grande.	29
Tabla 4. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza Hilario) del Río Supte Grande.	30
Tabla 5. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza Escondida) del Río Supte Grande.	30
Tabla 6. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza San Fernando) del Río Supte Grande.	31
Tabla 7. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del punto referencial y los tres balnearios del Río Supte Grande.	31
Tabla 8. Resultados de los promedios de parámetros microbiológicos de las pozas de muestreo evaluados del Río Supte Grande	41
Tabla 9. ICA-PE del punto referencial y los tres balnearios muestreados del río Supte Grande	43
Tabla 10. Fuentes de contaminación identificadas del río Supte Grande	44
Tabla 11. Propuesta de acciones para conservar la calidad natural del agua del río Supte Grande	45
Tabla 12. Resultados del pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	52
Tabla 13. Resultados de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	52
Tabla 14. Resultados de la conductividad de las zonas de muestreo del Río Supte Grande. ...	53
Tabla 15. Resultados de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	53
Tabla 16. Resultados de la demanda bioquímica oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	54
Tabla 17. Resultados de los sólidos totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande ..	54
Tabla 18. Resultados del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	55
Tabla 19. Resultados de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	55
Tabla 20. Resultados de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	56

Tabla 21. Análisis de varianza del pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	56
Tabla 22. Análisis de varianza de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	56
Tabla 23. Análisis de varianza de la conductividad de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	57
Tabla 24. Análisis de varianza de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	57
Tabla 25. Análisis de varianza de la demanda bioquímica de oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	57
Tabla 26. Análisis de varianza de lo solidos totales disueltos de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	57
Tabla 27. Análisis de varianza del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande ...	58
Tabla 28. Análisis de varianza de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	58
Tabla 29. Análisis de varianza de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	58
Tabla 30. Prueba de tukey de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	58
Tabla 31. Valores de caudal del Río Supte Grande	64
Tabla 32. Valores de parámetros fisicoquímicos de colina alta (punto de muestreo 1) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	64
Tabla 33. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 1 (punto de muestreo 2) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	64
Tabla 34. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 2 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande.	65
Tabla 35. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 3 (punto de muestreo 4) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	65
Tabla 36. Valores de parámetros microbiológicos de los 4 muestreos del Río Supte Grande.....	65
Tabla 37. Valores de parámetros microbiológicos colina alta (punto de muestreo 1) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	66
Tabla 38. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 1 (punto de muestreo 2) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	66

Tabla 39. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 2 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande	66
Tabla 40. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 3 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande.	67

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Mapa de ubicación política y geográfica de los puntos de muestreo.....	18
Figura 2. Esquema del trabajo de la investigación	22
Figura 3. Preparación del caldo brilla para análisis microbiológicos.....	27
Figura 4. Análisis del pH del punto referencial y los tres balnearios muestreados.	32
Figura 5. Análisis de la temperatura del punto referencial y los tres balnearios muestreados.....	33
Figura 6. Análisis de la conductividad del punto referencial y los tres balnearios muestreados.....	34
Figura 7. Análisis del OD del punto referencial y los tres balnearios muestreados	35
Figura 8. Análisis del DBO5 del punto referencial y los tres balnearios muestreados	36
Figura 9. Análisis de los STD del punto referencial y los tres balnearios muestreados.....	37
Figura 10. Análisis de fosforo total del punto referencial y los tres balnearios muestreados ..	38
Figura 11. Análisis de los nitratos del punto referencial y los tres balnearios muestreados	39
Figura 12. Análisis de la turbidez del punto referencial y los tres balnearios muestreados	40
Figura 13. Análisis de coliformes totales del punto referencial y los tres balnearios muestreados.....	42
Figura 14. Gráfico de medias de los pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.	59
Figura 15. Gráfico de medias de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	59
Figura 16. Gráfico de medias de la conductividad e las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	60
Figura 17. Gráfico de medias de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	60
Figura 18. Gráfico de medias de la demanda bioquímica de oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.	61
Figura 19. Gráfico de medias de los sólidos totales Dosueltos de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.	61
Figura 20. Gráfico de medias del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande	62
Figura 21. Gráfico de medias de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	62

Figura 22. Gráfico de medias de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.....	63
Figura 23. Muestreo de agua en avenida en punto 1 (colina alta).....	68
Figura 24. Muestreo de agua en avenida punto numero 3 (balneario 2).....	68
Figura 25. Muestreo de agua en avenida punto numero 4 (balneario 3).....	69
Figura 26. Toma de datos en campo con equipo medidor de conductividad eléctrica, temperatura y PH.....	69
Figura 27. Toma de datos de pH y turbidez en la empresa Seda Huánuco SA.....	70
Figura 28. Análisis microbiológico, preparación de caldo peptonado.....	70
Figura 29. Colocación de diluciones en caldo.....	71
Figura 30. Colocación de diluciones en caldo lactosa bilis verde brillante (brila) muestreo 1.....	71
Figura 31. Colocación de diluciones en caldo lactosa bilis verde brillante (brila) muestreo 2.....	72
Figura 32. Evaluación de microorganismo coliforme totales, caldo lactosa bilis verde brillante (brila).....	72
Figura 33. Evaluación de coliforme termotolerantes (Escherichia coli).....	73
Figura 34. Toma de valores de TDS con multiparámetro HI 2550.....	73
Figura 35. Kit de fosfato HI3833HANNA y kit de nitrato HI3874HANNA.....	74
Figura 36. Análisis de nitrato en cubetas de cristal.....	74
Figura 37. Análisis de fosfato en cubetas de cristal.....	75
Figura 38. Muestreo de agua en estiaje de punto numero 1 (colina alta).....	75
Figura 39. Muestreo de agua en estiaje de punto numero 2 (balneario 1).....	76
Figura 40. Recolección de datos para determinación de caudal.....	76
Figura 41. Variedad de residuos de agroquímicos usados en cultivos.....	77
Figura 42. Residuos colocados al borde de la carretera cerca al rio.....	77
Figura 43. Residuos en el acceso al balneario numero 2.....	78

RESUMEN

El río Supte Grande es un lugar de recreación para residentes locales y turistas, gracias a sus hermosas y encantadoras piscinas naturales. Conforme al crecimiento de la población aledaña al río, es mayor la exposición a la basura, vertimiento de aguas residuales y residuos producidos por la actividad agrícola. Este estudio se enfoca en evaluar de la calidad del agua para uso recreacional del río Supte Grande, con ese fin se evaluó los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en 4 balnearios del río. El nivel de investigación fue descriptivo y el diseño no experimental de tipo longitudinal. Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey a los valores de los 4 puntos de muestreo. Los resultados de los parámetros fueron evaluados con los estándares de calidad ambiental del agua para uso recreacional establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Como resultado se obtuvo que el fosfato se encuentra por encima de la norma, los coliformes termotolerante y *Escherichia coli* están ausente, sin embargo, los balnearios 3 y 4 se encontró contenido de coliformes totales con promedio de (0.75 y 2.75 NMP / 100ml) respectivamente. Al determinar el índice de calidad del agua (ICA-PE) de los balnearios en el río Supte Grande, se obtuvieron valores de 76.96 en P1, 75.60 en P2, 72.09 en P3 y P4, indicando que la calidad del agua de los balnearios se encuentra entre regular y buena.

Palabras claves: Estándares de calidad ambiental, calidad del agua, límites máximo permisibles e índice de calidad del agua.

ABSTRACT

The Supte Grande river is a recreational place for local residents and tourists thanks to its beautiful and charming natural pools. As the population along the river grows, the exposure to trash, dumping of waste water and waste produced from agricultural activity is greater. This study was focused on evaluating the quality of the water for recreational use in the Supte Grande river; with this goal, the physicochemical and microbiological parameters were evaluated for four beaches along the river. The level of research was descriptive and the design was non-experimental, of a longitudinal type. The ANOVA and the Tukey test of the values for four sampling points were done. The results of the parameters were evaluated using the environmental quality standards for water for recreational use established in D.S. N° 004-2017-MINAM. For the results, it was obtained that the phosphate was found to be above the standard [and] the thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* were absent; however, beaches 3 and 4 were found [to have] total coliform contents with an average of 0.75 and 2.75 NMP/100ml, respectively. From the determination of the water quality index (ICA-PE) from the beaches along the Supte Grande river, values of 76.96 for P1, 75.60 for P2, and 72.09 for P3 and P4 were obtained, indicating that the quality of the water from the beaches was found to be “average” and “good.”

Keywords: environmental quality standards, water quality, maximum allowable limits, water quality index

I. INTRODUCCION

Se sabe que el agua se clasifica con respecto al uso, como aguas con simple desinfección para el suministro a viviendas y con tratamiento correspondiente a procesos combinados, agua que se usa para el riego de los vegetales, agua donde se realiza la actividad pesca de mariscos bivalvos y agua consideradas como zonas recreativas de contacto primario; el agua para uso recreacional se clasifica según el tipo de contacto entre el usuario y el agua. El contacto primario está relacionado con actividades donde existe la mayor probabilidad de ingesta de agua como el surf, buceo, natación y el esquí acuático; el contacto secundario está relacionado con actividades donde existe la menor probabilidad de ingesta de agua como pesca y navegación. Esta investigación se centra en la calidad del agua para uso recreacional de contacto primario ya que la probabilidad de ingesta del agua es mayor, y si el agua está contaminada puede generar un grave problema a la salud de las personas.

El agua constantemente experimenta un deterioro ya que actúa como receptor de vertimientos de diversas actividades generados por el hombre como son producto de actividades industriales, agropecuarias, escorrentía de la agricultura y de la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Debido a ello las actividades recreativas en los ríos se ven afectada.

La calidad del agua para uso recreacional de contacto primario debe cumplir con las condiciones establecidas por el DS N° 004-2017-MINAM de acuerdo a sus características químicas, físicas y biológicas que permiten su uso para las actividades donde la ingesta de agua es mayor, por este motivo se aplica condiciones muy estrictas sobre la calidad del agua debido a la amenaza que ofrece para la salud humana al estar expuesto directamente y por un tiempo prolongado a grasas y aceites, como también a metales pesados y microorganismos patógenos.

Las pozas naturales del río Supte Grande son muy visitadas para uso recreacional por turistas y población propias de la localidad y la ciudad de Tingo María. Sin embargo, debido a las diversas actividades realizadas por la población aledaña al río y al crecimiento de la localidad, las aguas del río Supte Grande son usadas como receptor de los vertimientos

alterando la calidad del recurso, limita el uso y reduce el valor ecológico y turístico de los recursos hídricos.

En la investigación se realizó la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la evaluación de la calidad del agua para uso recreacional de un punto blanco o base y de tres balnearios del río Supte Grande, los resultados fueron contrastados con los ECAS del agua mediante el DS N° 004-2017-MINAM y el uso de la metodología del ICA-PE, también se realizó propuesta para mantener la calidad del agua y prevenir la alteración del ríos, con la intención de brindar alternativas que nos puedan ayudar a conservar o mejorar la calidad de las pozas del río para actividades recreativas. Se planteo la siguiente incógnita ¿Cuál es el nivel de calidad del agua para uso recreacional de tres balnearios del río Supte Grande, distrito de Rupa Rupa provincia de Leoncio Prado?, sugiriendo como hipótesis que la calidad del agua de los tres balnearios del río Supte Grande es mala para el uso recreacional de acuerdo con el SD N° 004-2017-MINAM.

1.1. Objetivo general

Evaluar de la calidad del agua para uso recreacional de tres balnearios del río Supte Grande, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco – 2021.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua de tres balnearios del río Supte Grande mediante parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno caudal, pH, conductividad, temperatura, sólidos totales, fosfato, turbiedad nitratos, y comparar con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- Determinar la calidad del agua de tres balnearios del río Supte Grande mediante parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y comparar con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) de los balnearios del río Supte Grande ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco – 2021.
- Realizar propuestas para prevención de la contaminación de los balnearios del río Supte Grande ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco – 2021.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teóricas

2.1.1. Ríos

Hernández (2018) los ríos son naturalmente dinámicas que se desarrollan bajo la influencia de la interacción de factores hidrológicos, meteorológicos y geomorfológicos; también factores antropogénicos, porque sus cambios se ven afectados por la intervención humana. El principal componente de un río es el cauce natural, donde la concentración normal de crecidas es máxima y se modela de forma natural, según sus condiciones hidráulicas normales. El río no solo transporta agua sino también sedimentos y nutrientes.

2.1.2. Agua

Delgado (2019) el agua se considera como un medio natural renovable y esencial para la persistencia de la vida en la tierra y clave para el desarrollo sostenible de las poblaciones nacionales, la protección de los ecosistemas y los ciclos naturales, así también como las actividades productivas. Es un elemento en forma líquida, tal como puede existir tanto en estado sólido (hielo) como gaseoso (vapor). Andrade et al. (2021) El agua es limitado y sustancial para la supervivencia de los seres humanos y de varias otras especies, por lo que su calidad se convierte en una preocupación mundial, ya que se inserta en diversas actividades, como la generación de energía, el abastecimiento público, la producción industrial, la producción agrícola, así como recreación y paisajismo. Diaz (2019) en la realidad, pensamos en el agua como una disolución acuosa con suspensiones de compuestos inorgánicos y orgánicos como las que componen el agua de lluvia, de mar, lagos y ríos.

Andrade et al. (2021) El agua para recreación se clasifica según el tipo de contacto entre el usuario y el agua. El contacto primario se refiere a deportes acuáticos como natación, surf, esquí acuático y buceo, en las que existe la posibilidad de ingestión de agua. El contacto secundario está asociado a actividades de pesca y navegación, en las que la posibilidad de ingestión de agua es baja. El primer contacto o la exposición directa impone limitaciones adicionales a la calidad del agua debido a que la persona está expuesta directamente y por un largo plazo a organismos patógenos, metales pesados, aceites y grasas para la salud humana.

2.1.3. Calidad del agua

Delgado (2019) en un inicio se encontraba relacionado con el uso para consumo humano, con el tiempo a razón del crecimiento poblacional y la diversificación en el uso y aplicación del agua se ha ampliado el concepto de calidad de agua de acuerdo al fin para el cual será usada. Para Lloclla (2020) la calidad del agua es el estado, condición o grupo de cualidades en estado natural o después de haber sido usado, que describe al agua en el momento de su uso descrito mediante indicadores o parámetros definidos. Existen diversos métodos que permiten evaluar y determinar la condición del agua y así poder definir el grado de afectación al que se encuentra expuesta. Para Puente et al. (2023) la calidad del agua está caracterizada por los parámetros físicos biológicos y químicos que describe la condición en un momento determinado, y que permite conocer su condición para un uso determinado.

Delgado (2019) no hay un solo criterio de calidad de agua que cumpla todos los requerimientos específicos para sus diversos usos y aplicaciones, debido a ellos un cuerpo de agua puede satisfacer la calidad para un fin específico, pero a su vez no ser la adecuada para otro uso o aplicación establecida. Lloclla (2020) así también el agua durante su trayecto puede contactar con diferentes tipos de elementos, alterando su estructura y su calidad, es por ellos que en su estado natural no existe un agua químicamente pura ya que tienen distintos parámetros tanto microbiológicos, físicos como químicos.

Delgado (2019) la calidad del agua es un término que puede variar dependiendo del uso específico al que será sometida. Existe una serie de requisitos para los usos más comunes, estos están descritos en normas específicas de cada país que están basados en las concentraciones de ciertos parámetros entre ellos los más comunes son: físicos (turbidez, temperatura, conductividad, color, sabor y olor), químicos (DQO, DBO₅, pH, saturación de oxígeno, O₂, sólidos en suspensión, metales pesados, nitratos, amoníaco, sulfatos, cloruros, hierro, fosfatos, manganeso, sulfuros); biológicos como bacterias (estas son: coliformes totales y termotolerantes, indicadoras de contaminación fecal,). También existen indicadores de buena calidad como son los macroinvertebrados bentónicos de acuerdo a su mayor o menor tolerancia a la contaminación que aparezcan.

Osorio et al. (2021) las aguas residuales domésticas, también conocidas como aguas residuales, se originan a partir de las actividades humanas rutinarias, Gil et al. (2018) la utilización de fuentes de agua como medio para descargar aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales, provoca la degradación ambiental del agua utilizados con fines recreativos, lo que resulta amenazante para la salud de los ecosistemas y la población, que

también pueden provocar pérdidas financieras (salud pública, patrimonio económico y turismo).

2.1.4. Índice de calidad de agua (ICA).

Puente et al. (2023) los ICA evalúan la calidad del agua por medio de informes que monitorizan los cuerpos de agua e informan de forma entendible globalmente. Gil et al. (2018) los ICA son una herramienta global importante de la gestión de los recursos hídricos. Suarez (2020) es un instrumento beneficioso para las investigaciones relacionados con las áreas de los ingenieros ambientales, sanitarios, biólogos, gestores de recursos hídricos u otros profesionales que desean familiarizándose con el tema. Para Puente et al. (2023) determinar el ICA facilita conocer el estado de calidad del recurso hídrico en estudio y hace entendible la comunicación al público.

ANA (2018) el (ICA) consta de gran cantidad de datos agrupados en una única escala de medición que caracteriza el agua de acuerdo al nivel de contaminación, integrada mediante fórmulas matemáticas que agrupan la información de diversos parámetros. En el Perú se tiene establecido categorías para los cuerpos de agua superficiales a las cuales se realizan estudios de acuerdo al grupo de parámetros, químicos, físicos y biológicos establecidos que luego son evaluados con los valores establecidos en los ECA- agua. Esta evaluación establece el nivel de calidad de la fuente de agua como calidad pésima, mala, regular, buena o excelente.

ANA (2018) según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), afirma que los indicadores ambientales cumplen dos funciones principales: primero disminuyen la cantidad de parámetros y mediciones necesarias para lograr una representación precisa en un momento dado y segundo simplifica el seguimiento de los resultados de las mediciones. Los ICA permiten comparar e identificar la situación de la calidad del agua y su trayectoria en el tiempo y espacio, valorando la escala de la calidad del agua de 0 a 100, donde mala calidad es cero y excelente calidad es cien. En ese sentido los ICA transmiten información de forma sencilla sobre el estado de la calidad del agua al público. De esta manera, los ICA constituyen la principal herramienta para gestionar la calidad de los recursos hídricos en el Perú.

2.1.4.1. Índice de calidad del agua (ICA-PE)

ANA (2018) sus variables se basan en indicadores propuestos por el CCME_WQI (Consejo Canadiense de ministros de Medio Ambiente) y se evalúan en función de la cantidad de parámetros que exceden los estándares de referencia, la cantidad de datos que

no cumplen con los estándares anteriores y la cantidad de mejora, los cuales se realizan dentro del período de tiempo especificado, lo que permite una valoración más completa de la calidad del agua.

ANA (2018) este ICA requiere poca información y tiene la capacidad de resumir y simplificar datos para hacerla fácilmente entendible por los receptores de la información como son el público, los usuarios y así como los involucrados en la gestión del ICA. ANA (2018) para determinar el ICA-PE se involucra tres factores: frecuencia, amplitud y alcance; se utiliza la fórmula canadiense, que es el resultado de un cálculo matemático de un solo valor (de 0 a 100). Este valor describe y refleja el estado de la calidad del agua en el sitio de muestreo, vía fluvial, río o cuenca.

Alcance (F1): Es el número de parámetros de la calidad que no cumplen con los valores normativos en relación al total de parámetros a evaluar.

$$F1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}} \quad (1)$$

Frecuencia (F2): Es el número de datos que no cumplen con la normativa ambiental (ECA-Agua) en relación con la cantidad total de datos del parámetro que se está evaluando.

$$F2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}} \quad (2)$$

Amplitud (F3): Es la medida de la asimetría de los datos y está determinada por la suma de los rendimientos normalizados.

$$F3 = \left(\frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma Normalizada de excedentes}+1} \right) * 100 \quad (3)$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{suma normalizada de excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Tota de datos}} \quad (4)$$

Excedente: es el valor que representa la diferencia entre el valor de ECA y el valor del dato con respecto al ECA- Agua; para cada parámetro

Primer caso: si el valor de concentración del parámetro excede al valor establecido de ECA- Agua, el excedente se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} \right) - 1 \quad (5)$$

Segundo caso: si el valor de concentración del parámetro es inferior al valor definido por el ECA-Agua.

$$Excedente_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parametro que no cumple el ECA Agua}} \right) - 1 \quad (6)$$

Después de obtener el valor de F1, F2 y F3 se realiza el cálculo del Índice de Calidad de Agua:

$$ICA - PE = 100 - \left(\sqrt{\frac{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2}{3}} \right) \quad (7)$$

La interpretación de la calificación del ICA-PE se puede evidenciar en los anexos en la tabla 42, la cual se clasifican en excelente, bueno, regular, malo y pésimo en forma descendiente según la contaminación del agua.

2.1.5. Parámetros del agua

El agua tiene características ambientales que están determinados por parámetros organolépticos, parámetros físicos, parámetros químicos, bacteriológicos y parámetros bioquímicos, que precisa la calidad de agua de acuerdo con el uso.

2.1.5.1. Parámetros bacteriológicos

Pavan et al. (2022) las bacterias coliformes cuantifican los parámetros bacteriológicos de origen humano, pero también pueden originarse a partir del vertido de las excretas de otros animales. Ríos et al. (2017) los parámetros microbiológicos y parasitológicos forman parte del microbiota y se pueden encontrar de forma natural en el agua, estos son de mucha importancia para conocer la calidad del agua debido a que al sobrepasar una concentración suponen la contaminación de los ambientes acuáticos. Beber agua con presencia de coliformes no necesariamente garantiza que le pueda causar una enfermedad. Pero indica que existe un medio que altera el agua. El consumo de agua con concentraciones de coliformes superiores al estándar de calidad del agua en mayor de los casos puede provocar enfermedades agudas y crónicas de tipo infecciosa que incluso pueden terminar en la muerte del afectado. Pavan et al. (2021) los indicadores bacterianos indican la concentración de bacterias y entre las más estudiadas son: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y/o enterococos.

a) Coliformes totales

Swistock et al. (2023) son considerados coliformes totales a aquellas bacterias que podrían fermentar la lactosa en un rango de temperatura de 35 a 37 °C generando aldehído, gas y ácido. En el medio ambiente los coliformes se pueden encontrar en

diferentes tipos de fuentes agua inclusive aquellas potables de regular calidad. Entre muchos tipos de bacterias los coliformes totales suelen encontrarse en el medio ambiente y su presencia tiene una gran potencia de ocasionar enfermedades. Diaz (2019) la existencia de coliformes totales indica una contaminación por materia orgánica de origen fecal, que puede tener origen animal o humano.

b) Coliformes fecales

Swistock et al. (2023) estas bacterias provienen del tracto intestinal de animales del ser humano y animales de sangre caliente, por lo que se les denomina coliformes fecales. Palacios y Velastegui (2020) los coliformes fecales forman parte de los coliformes totales y debido a su capacidad de soportar altas temperaturas se denominan termo tolerantes capaces de fermentar la lactosa a 44.5 °C. Diaz (2019) las bacterias coliformes totales, al estar presente en heces de animales y humanos son indicadores de contaminación potencial por virus o bacterias patógenas. La ausencia de coliformes fecales en el agua es un indicador de que el agua es segura bacteriológicamente. Swistock et al. (2023) una de las bacterias más comunes que se puede encontrar en intestinos de humanos y animales es la *E. coli* que es un tipo de bacteria coliforme fecal.

c) Estreptococos totales

Diaz (2019) los estreptococos presentan una alta resistencia al cloro originado por contaminación fecal de origen animal o humano, usado ampliamente como indicador biológico en la recreación, en balnearios y playas en otros países. Los Estreptococos son organismos indicadores superiores a los coliformes totales, fecales o *E. coli*, ya que tienen mejores características de supervivencia, tal es el caso de *Streptococcus fecales*.

2.1.5.2. Parámetros físicos

a) Turbidez

Alva (2018) la turbidez mide la disminución de transparencia del agua por presentar partículas en suspensión y dispersión. Palacios y Velastegui (2020) Las partículas en suspensión que modifican la turbidez del agua llegan mediante las escorrentías pluviales que traes consigo todo tipo de partícula y material que se encuentran sobre el suelo como son restos de hojas, tierra y sedimentos que se encuentran en el curso de la escorrentía. Noboa (2021) la presencia de partículas en suspensión como arcillas, plancton, arena, coloides orgánicos, limos y otros microorganismos son los responsables de la turbidez del agua.

b) pH

Alva (2018) El pH es un indicador del nivel de acidez o alcalinidad de un líquido como es el caso del agua siendo una de las pruebas frecuentes realizadas en el agua para conocer su calidad. El pH representa la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+), tienen una escala de 0 a 14 donde las soluciones con pH menor de 7 hasta 14 son consideradas alcalinas o básicas y soluciones con pH de 0 a 7 son consideradas ácidas y aquellas con valor de 7 son consideradas neutras. La cantidad de alcalinidad o de acidez del agua determinan el funcionamiento óptimo de organismos, ya que resulta más conveniente cuando se encuentra en un determinado intervalo. Diaz (2019) la flora y fauna de los cuerpos de agua se ven afectados por la variación de pH.

c) Temperatura

Quintanilla (2020) la temperatura del agua influye en el desarrollo de flora y fauna, así como el crecimiento y multiplicación de microorganismos (bacterias, hongos y virus) las cuales se clasifican según su tolerancia a la temperatura.

d) Conductividad

Diaz (2019) la unidad de medida de la conductividad es mhos/cm o uS/cm, mide la existencia de formas ionizadas de sales como iones cloruro o sodio, carbonatos. La conductividad del agua está relacionada con la presencia de sustancias inorgánicas disueltas que se disocian en aniones (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) y cationes (Fe^{+3} , Na^+ , Al^{+3} , Ca^{+2} y Mg^{+2}). En épocas de estiaje el incremento de la conductividad eléctrica puede estar influida debido al aumento de la tasa de descomposición de materia orgánica que genera concentraciones de iones. Palacios y Velastegui (2020) la conductividad mediante la disociación que origina iones negativos y positivos que tienen la capacidad de transportar la energía eléctrica, esto está muy asociada con la presencia de sales en solución.

e) Sólidos totales

Alva (2018) la presencia de este parámetro es bastante tolerable y se representa como la adición de metales, minerales, sales, aniones o cationes disueltos en el agua. Palacios y Velastegui (2020) valores altos de sólidos totales en el agua son a consecuencia de las precipitaciones que mediante la escorrentía arrastran consigo vertidos orgánicos, de fertilizantes y restos sueltos en la superficie de la tierra. Diaz (2019) los sólidos tienen relación con otros parámetros como la turbiedad, el color, la DBO y la DQO, la presencia de sólidos está relacionado con la presencia de partículas de sales disueltas en suspensión y partículas de

carácter inorgánico y orgánico. Alva (2018) los sólidos totales están incluyen a minerales disueltos y material coloidal, flotante y en suspensión.

2.1.5.3. Parámetros químicos

a) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Diaz (2019) la DQO mide el grado de contaminación por materia orgánica que pueden ser oxidados, usado para determinar la carga de los residuos industriales y domésticos. La DQO representa la cantidad de oxígenos que se requiere para que se oxide toda la materia orgánica de un residuo a CO_2 .

b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Alva (2018) la DBO₅ se expresa en mg/L y representa la cantidad de oxígeno que se requiere para deshacer la materia orgánica biodegradable en cinco días por la actividad bioquímica aerobia, para calcular se realiza una diferencia entre la medida de oxígeno inicial y la medida de oxígeno restante luego de los cinco días al final de la prueba. Diaz (2019) la DBO₅ es un parámetro significativo para precisar la carga polucional y los efectos que consiguen ocasionar los residuos industriales y domésticos de tipo orgánico sobre la calidad de las aguas de las fuentes receptoras al descargar en flujos de agua con condiciones aeróbicas mantenidas.

c) Fósforo total

Diaz (2019) Es un indicador que ayuda a identificar la cantidad de detergentes sintéticos en el agua, ocasionando la eutrofización de las fuentes de agua, debido al alto contenido al alto contenido de fosforo entre el 12 al 13 %. Palacios y Velastegui (2020) La concentración de fosforo en aguas naturales es de 0,01 a 1 mg/l-P y es un nutriente importante para el desarrollo de animales y plantas. Delgado (2019) La escorrentía superficial del agua de las áreas agrícolas donde se hace uso de fertilizantes y plaguicidas aportan proporciona muchos nutrientes (nitratos, y fosfatos). Mendez y Cardona (2020) la eutrofización de las aguas en gran parte responsabilidad de la elevada concentración de fosforo pueden causar sensibilización de la piel y cambios en la salud humana tras la exposición.

d) Nitratos

Alva (2018) es un compuesto inorgánico y está formado por un átomo de nitrógeno (N) y 3 átomos de oxígeno (O), su símbolo químico es NO_3 . Alva (2018) los nitratos son perjudiciales para la salud cuando se convierten en nitrito (NO_2), siendo este uno de los que contaminan los cuerpos de agua. Palacios y Velastegui (2020) las actividades ganaderas y agrícolas son una de las fuentes de incremento de nitrito. Alva (2018) los niveles

altos de nitrato en el agua llegan a causar "enfermedad del bebé azul" o metahemoglobinemia, pero no son peligrosas para los adultos y niños mayores, por ellos es importante un mayor control del nitrato en el agua potable. La enfermedad resulta cuando se reduce los nitratos a nitritos en el interior del sistema digestivo de esos niños menores.

e) Oxígeno disuelto (OD)

Diaz (2019) esta una prueba importante y su concentración ayuda a decidir si el flujo de agua está contaminado; el OD en concentraciones inferiores a 3 mg/litro, pueden ser perjudiciales para el mantenimiento de los organismos acuáticos y se requiere una concentración de 5 mg/l para sustentar la vida acuática, siendo una de las condiciones más importantes para la supervivencia y reproducción de poblaciones normales de peces y otros organismos acuáticos. Palacios y Velastegui (2020) el OD proviene del aire disuelto en agua, cuando las plantas acuáticas realizan la fotosíntesis, la turbulencia de los ríos, la brisa en las fuentes de agua y otros agentes que interfieren en la concentración de oxígeno en el agua es la cantidad de materia orgánica muerta como: hojas, algas, entre otro; la salinidad, temperatura y la altitud sobre el nivel del agua (presión atmosférica).

2.2. Estado del arte

2.2.1. Antecedentes internacionales

Pavan et al. (2022) realizo el estudio de "Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos" para esto durante los años del 2013 al 2015 se tomaron muestras de agua mensualmente en tres playas: el primer sitio de muestreo se integró al casco urbano de la ciudad de Carlos Paz, la cual es considerada zona urbana; el segundo sitio de muestreo se ubicó a 4 000 m de la costa de la ciudad de Carlos Paz, considerada una zona de urbanización intermedia; finalmente, el tercer sitio, ubicado al otro lado de la presa, en la Costa Este, se considera zona no urbana. Se consideraron como variables fisicoquímicas en cada punto de muestreo lo siguiente: pH, fósforo reactivo soluble, temperatura, sólidos suspendidos, fósforo total, nitritos, oxígeno disuelto, nitratos, amonio y conductividad del agua.

El trabajo se realizó en tres playas (zona urbana, zona intermedia de urbanización y zona no urbana), durante los años 2013 al 2015 dividiendo los resultados en temporadas húmedas y secas, las muestras fueron recolectadas cada mes. Las variables de estudio fueron pH, fósforo reactivo soluble, fósforo total, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, amonio, conductividad, nitritos, temperatura del agua, nitratos, coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) y la presencia de enterovirus infeccioso humano. Como

resultado del estudio se obtuvo que los valores de coliformes totales y fecales fueron mayores en época húmeda a comparación de época seca, siendo estos valores superiores al límite máximo permisible. Así también mediante la matriz de correlación se obtuvo los componentes principales donde las variables fueron seleccionadas en función al grado de contaminación y acuerdo a su impacto en la salud humana y sustentabilidad del ecosistema acuático. Entre las variables de mayor importancia estuvo el fósforo total ya que influye considerablemente en el olor y sabor y pueden apoyar la generación de toxinas generados por ciertas algas. Otro parámetro de importancia fueron los nitritos y nitratos ya que se relacionan con la contaminación fecal y puede causar problemas como la metahemoglobinemia en poblaciones expuestas a valores de nitritos mayores a 50 ug/L. Otro parámetro de importancia fue el de coliformes totales donde se obtuvo mayores valores en zonas urbanas y en épocas húmedas esto debido a la escorrentía que arrastra consigo restos que se acumulan durante las épocas secas.

Andrade et al. (2021) realizó la investigación “Análisis de la calidad del agua recreativa en balnearios de la ciudad de Açailândia, Maranhão, Brasil” el objetivo fue evaluar la calidad del agua recreativa en balnearios bañados por el arroyo Mosquito en la ciudad de Açailândia-MA de acuerdo con los estándares establecidos por la Ordenanza N° 888 de 2021 del Ministerio de Salud (MS) Resoluciones CONAMA N° 274/2000 y N° 357/2005. El levantamiento inicial del área de estudio se realizó mediante georreferenciación utilizando la herramienta exploratoria Google Earth. El criterio de elección de los puntos de muestreo se debió a que son los más frecuentados para la realización de actividades recreativas de baño en el municipio. Se realizaron ensayos fisicoquímicos y microbiológicos mediante las técnicas APHA, EPA, SM y FUNASA. De acuerdo con los resultados obtenidos, casi la totalidad de los parámetros que fueron analizados en todos los puntos (P1, P2, P3 y P4), como pH, hierro, fósforo, nitrito y niveles de nitrato, no cumplen con la Ordenanza N° 888/2021 de MS en además de altas concentraciones de bacterias termotolerantes con una concentración ≥ 1600 NMP/100 mL, lo que demuestra que el cuerpo de agua posiblemente se encuentra contaminado. En todos los puntos de captación analizados resultó no ser apta para contacto primario, teniendo un predominio de clase 3.

Gil et al. (2018) realizó un estudio en Venezuela, el Río Guarapiche, Monagas, donde evaluó “Calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Planteó evaluar el índice de calidad del agua río Guarapiche para posteriormente proponer opciones de solución para la gestión apropiada de esta fuente de agua. Este río constantemente es sometido a diversas actividades y prácticas del hombre como son; riego,

aseo, agua potable comunitaria, limpieza, eliminación de efluentes industriales y residuales domésticos. Este estudio también busca que los responsables de mantener la calidad del río Guarapiche como son; responsables políticos, el público y demás usuarios tengan una mayor comprensión y conciencia sobre la situación de esta fuente de agua.

El diseño del estudio fue de tipo descriptivo no experimental, se realizó en la cuenca del río Guarapiche en Venezuela, donde se ubican las poblaciones de Bajo Guarapiche, Plantación Miraflores, San Félix de Caicara, Candelaria, San Vicente Tristé, Merecure, Jusepín, Vuelta Larga y La Cruz. El muestreo se realizó en los meses de febrero a julio del año 2011. Los parámetros evaluados fueron catorce (CF, temperatura, dureza, pH, cloruros, CE, nitritos, nitrato, sulfato, OD, Mn, Fe, K y Na). Se evidenciaron que los parámetros físicos se encontraron dentro de los límites permisibles de Venezuela, teniendo como relevancia un Ph ligeramente básico. De los parámetros químicos como es el caso del OD se obtuvo valores por debajo del límite y otros parámetros sobrepasaron el límite permisible, como es el caso del Fe, Mn así como también los aniones (NO_2 , SO_4 , NO_3 , OD, Cl), NO_3 y NO_2 los valores resultados fueron sobre los valores de la norma. En el cálculo del ICA del estudio tuvo valores que varían de 44.38 a 363.79, siendo el promedio de 83.10, clasificando a las aguas en un nivel II y concluyendo que son aguas de buena calidad.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Cajahuaman y Vásquez (2022) realizaron la investigación en el departamento de Huánuco donde evaluó “Calidad del Agua del Río Shanay - Timpishka” de la facultad de ingeniería ambiental de la UNU. La investigación planteo comparar los resultados con los ECAS D.S. N° 004-2017-MINAM, subcategoría A y los LMP DS N° 031-2010-SA. para consumo humano y determinar si el agua del río Shanay - Timpishka era apta para el consumo de la localidad. El diseño fue de tipo descriptivo no experimental, la muestra fueron 3 puntos de muestreo; la naciente, cause medio y afluente. Los parámetros evaluados son: el OD (mg/L) Turbidez (NTU), STD (mg/L), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y pH. Los resultados del estudio demostraron que los aceites y grasas y el oxígeno disuelto no cumplían el ECA según DS N° 004-2017-MINAM, Categoría 1, respecto a otros parámetros fisicoquímicos estos si cumplieron con el ECA y el LMP DS según N° 031-2010-SA. para consumo humano. Los parámetros metales analizados se encontraron dentro de los LMP. Respecto a los parámetros microbiológicos estos tenían valores muy por encima del ECA y LMP. Concluyendo que el agua no es apropiada para el consumo humano y que el crecimiento de la vida acuática es limitado.

Aparicio (2020) de la UNASAM, Ancash, realizó la investigación “Índice de calidad de agua (ICA) del río Santa para la conservación del ambiente acuático sector Huaraz-Jangas”. Para salvaguardar el medio acuático se sugirió evaluar el ICA del río Santa en la zona Huaraz – Jangas y Ancash. Este estudio fue tipo cuantitativa, explicativa, aplicada, transversal – longitudinal. Para hallar el ICA se aplica un valor máximo de 100 que representa las condiciones óptimas hasta un valor mínimo de cero que representa un mayor nivel de contaminación del agua. En 10 puntos de muestreo y en seis fechas diferentes se recopiló información en el año 2012-2013 (año hidrológico), teniendo 60 muestras en total. En el punto de muestreo (M1, Puente Quechcap) previo a la eliminación de aguas residuales en Huaraz, arrojaron valores críticos de ICA que se presentan con mayor frecuencia durante los períodos secos y durante las inundaciones los valores del ICA mejoran y se sitúan moderadamente por encima del ICA de ECA (51%); recomendando realizar un tratamiento previo antes de verter el efluente al cuerpo receptor para así mejorar la calidad del agua y esta se encuentre dentro del rango del ECA.

Lloclla (2020) el estudio “Evaluación de la calidad del agua del río Uquihua - Rioja, como uso recreativo”, en la UNSAM. Para caracterizar el río Uquihua y sus alrededores se tuvo que determinar la calidad del agua mediante varios parámetros (color, nitratos, DBO, oxígeno disuelto, pH, turbidez, coliformes totales y termotolerantes y *Escherichia coli*) para su uso recreacional. De acuerdo al ECA’s los resultados revelaron que los pobladores aledaños lo usan como zona de balneario público informal y son receptores de aguas servidas, de la cría de animales y desechos sólidos inorgánicos y orgánicos que cambian la composición química del agua río. Por otra parte, se demuestran que durante las temporadas secas e inundaciones los parámetros de oxígeno disuelto, DBO y color no cumplieron con los ECA’s y se encontró que el pH y la turbidez estaban dentro del rango aceptable para la calidad ambiental. El análisis microbiológico reveló que exceden significativamente el límite permitido por la norma para el número total de coliformes, pero no se excede o no se detecta la presencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*.

2.2.3. Antecedentes locales

Suarez (2020) de la UNAS, Tingo María, realizó la investigación “Nivel de satisfacción de la comunidad universitaria y calidad del agua del Sistema de Abastecimiento de las Quebradas Naranjal, Cochero y Córdova del BRUNAS” el objetivo del trabajo de investigación fue determinar si los sistemas de abastecimiento de las quebradas Córdova, Cochero y Naranjal del BRUNAS cumplían con lo establecido en los ECAs y del LMP, y

determinar su ICA mediante el índice ICA-PE, A su vez también se determinó el grado de satisfacción de la población que consumía agua de dichas fuentes, que eran la comunidad universitaria de la UNAS. La investigación fue no experimental de tipo descriptivo relacional, el estudio se realizó en épocas de estiaje y de avenida, para el nivel de satisfacción de población estudiantil se realizó encuestas a los alumnos, docentes y personal administrativo, usando la formula estadística para el tamaño de muestra. El estudio mostro que los parámetros metales pesados en quebrada Naranjal y Cocheros, en época de estiaje superan los ECA y LMP, referente a los otros parámetros cadmio, manganeso, cobre, zinc y hierro si cumplen los ECA y LMP, en la quebrada Córdova todos los parámetros cumplieron los LMP y ECA. De los parámetros fisicoquímicos analizados el OD en época de estiaje se encontraban por debajo del ECA en quebrada Cocheros Naranjal y Córdova, referente al fosforo total estos si superaban los ECA tanto en época de avenida y estiaje en quebrada Cocheros, Naranjal y Córdova, los otros parámetros si cumplían con los ECA. De los parámetros microbiológicos en las quebradas Naranjal, Cochero y Córdova los coliformes totales y coliformes termotolerante en los puntos de muestreo colina media, colina baja y colina super baja en época de avenida no cumplen con los LMP. pero si cumplen con el ECA. El resultado del ICA-PE de las quebradas de Naranjal, Cochero y Córdova tubo la calificación de buena para el consumo humano.

Dionisio (2021) de la UNAS, Tingo María realizó la investigación “Calidad del Agua para Consumo Poblacional de las Fuentes de Agua Cocheros, Quebrada del Águila y Cushuro”. facultad de ciencias ambientales. La investigación determinó la calidad del agua mediante índice ICA-PE y comparar los resultados con el DS N°004-2017-MINAM del sistema de abastecimiento de agua de las quebradas Cushuro, Del Águila y Cocheros. Los parámetros de análisis fueron; coliformes termotolerantes, *escherichia coli*, pH, amonio, T°, nitrito, conductividad, nitrato, OD, fosfatos, DBO₅, dureza y STD. El estudio fue no experimental de tipo longitudinal, las variables de interés fueron consumo poblacional y calidad del agua, las variables intervinientes fueron: los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos e ICA. Los resultados del estudio mostraron que los parámetros fisicoquímicos en quebrada Cocheros, Cushuro y del Águila los niveles de OD en época de estiaje se encontraron por debajo del ECA y en el caso del fosforo total estos se encontraron superiores a los ECA tanto en época de estiaje y avenida, el resto de los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro del ECA. La calificación de la calidad del agua para las fuentes de Cushuro, Cocheros, y Del Águila se encontraron dentro de la categoría de bueno, siendo las variables de preocupación fosforo total y OD este último con mayor relevancia en época de estiaje. La investigación concluye que las

condiciones deseables de calidad del agua pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud y que debe darse seguimiento para mayor control.

Raymundo (2023) de la UNAS, Tingo María, realizó la investigación “Calidad del Agua del río Supte en un tramo de Influencia del Sector Supte San Jorge” facultad de ciencias ambientales. La investigación planteó evaluar la calidad del agua en un tramo influenciado por la comunidad del C.P Supte San Jorge, la recolección de datos fue en los meses de agosto, septiembre y octubre. La investigación fue no experimental con enfoque cuantitativo, longitudinal, los parámetros analizados fueron Nitratos, OD, DBO₅, Coliformes termotolerantes - *Escherichia coli*, Temperatura, pH, Turbidez, Fosfatos, STD y Coliformes totales. Según los resultados del estudio, la calidad del agua de los tres sitios de muestreo en agosto y septiembre fue "buena" según la clasificación ICA-NSF. La calidad del agua de los tres sitios de muestreo en octubre fue "Media o regular". Los indicadores microbianos E.coli, coliforme fecal, en tres lugares de muestreo cumplió con los parámetros especificados y pueden ser potabilizadas después de una simple desinfección, y se puede consumir. Los requerimientos de OD y bioquímico en el tercer punto de muestreo y el contenido de nitratos en los tres puntos de monitoreo al compararlos con los Criterios de ECA establecidos por el DS N° 004-2017 MINAM se encontró que la cantidad estaba por encima de la norma. En el tercer sitio de muestreo (aguas abajo del río Supte), el índice ICA-NSF fue “normal” mostrando una ligera tendencia decreciente en octubre, y fue clasificado en la categoría A3 según la ECA.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este trabajo se ejecutó en 3 balnearios y un punto de referencia o blanco aguas arriba del río Supte Grande, en el C.P. Supte San Jorge, en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y departamento de Huánuco. El análisis de resultados se realizó en laboratorio de microbiología de la UNAS.

3.1.1. Ubicación geográfica

El C.P. Supte San Jorge está ubicado en las siguientes coordenadas UTM - WGS84 - 18S: 393458 Este y 8972866 Norte y en un rango de altitudes de 640 y 670 m.s.n.m., en la tabla 2 se observa las coordenadas UTM (WG84-18S) de las 4 estaciones de muestreos realizados, la primera estación se ubica en el punto alto, siendo el punto de referencia o blanco, y las 3 estaciones restantes son los tres balnearios más concurridos.

3.1.2. Ubicación política

El centro C.P. Supte San Jorge se encuentra a 10 minutos de la ciudad de Tingo María, tiene acceso por vía terrestre por carretera pavimentada. Sus límites generales son: por el norte con el distrito de Luyando (Naranjillo), por el sur con terrenos de las UNAS, por el este con la quebrada Anipamta y por el oeste con la cuenca del río Huallaga y la ciudad de Tingo María.

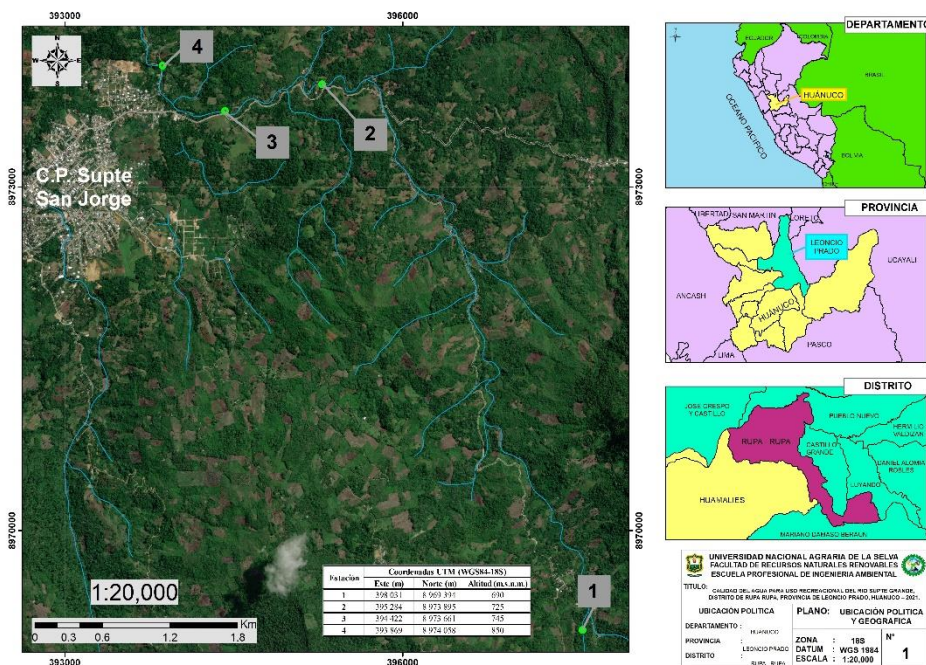
3.1.3. Puntos de muestreo

Se seleccionaron 4 puntos de muestreo siendo el Punto de muestreo 1 (Colina alta) aguas arriba del último caserío de la cuenca del río que servirá como punto de referencia o blanco, el Punto de muestreo 2 (Balneario 1), Punto de muestreo 3 (Balneario 2) y el Punto 4 (Balneario 3) son los balnearios más concurridos para actividades recreativas de contacto primario. Borges et al. (2014) la selección de los puntos de monitoreo se consideró partes de la microcuenca utilizadas para el desarrollo de diversas actividades humanas. Así mismo Andrade et al. (2021) Esto sugiere que los sitios de muestreo para el seguimiento de aguas recreativas se han determinado teniendo en cuenta el flujo de los bañistas.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo

Estación	Coordenadas UTM - WGS84-18S		
	Norte (m)	Este (m)	Altitud (m.s.n.m.)
01	8 969 132	397 596	887
02	8 973 895	395 284	668
03	8 973 661	394 422	660
04	8 974 058	393 869	648

Fuente: Elaboración propia (2023)

**Figura 1.** Mapa de ubicación política y geográfica de los puntos de muestreo

3.1.4. Descripción de la zona de estudio

La accesibilidad al C.P. Supte San Jorge es asfaltada desde la ciudad de Tingo María, para llegar a los puntos de muestreo el acceso es trocha desde el puente Luzmila Templo ubicado en caserío San Fernando hasta el caserío Barranco. Posee un clima húmedo, cálido, templado y muy lluvioso con precipitación abundante que oscila entre los 2100 mm y los 5000 mm anualmente, la temperatura promedio es de 24 °C, el calor es intenso en el día y disminuye en la noche como se muestra en el Mapa de Clasificación Climática del Perú. Según el mapa de ZEE del departamento de Huánuco en el año 2013 la cobertura vegetal del C.P. Supte San Jorge presenta un área de bosque no amazónico; la capacidad de uso mayor es tierra apta para cultivos limpios de calidad agrícola media pero limitada por el suelo y las inundaciones, y tierra apta para cultivos perennes de calidad agrícola media y baja limitada por el suelo, las inundaciones y la erosión. La fisiografía del lugar es montañosa con vertiente

montañoso moderadamente empinada. La hidrografía está conformada por el río principal Supte Grande y pequeñas microcuencas que alimentan a dicho, por último, desemboca en la cuenca del Río Huallaga.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

Ocho frascos de vidrio con tapa de 800 ml, etiquetas, caja de tecnopor, plumón indeleble, guardapolvo, libreta de apuntes, guantes descartables, cubre boca, gorra quirúrgica, tubos de ensayo, rejilla, micropipeta, vaso precipitado, piseta con agua destilada, hilo pabilo, papel craft, mechero Bunsen, reactivo de fosfato HI3833-050 HANNA, Set Nitrate replaceme HI3874-100 HANNA, jalones, cinta métrica y rafia.

3.2.2. Equipos

Medidor de sobremesa, Modelo HANNA HI 2550 (sólidos totales disueltos), multiparámetro Lutron modelo WA-2017SD (temperatura, conductividad, Oxígeno disuelto) cámara del celular Galaxy M31 (Samsung), medidor digital de temperatura del agua (China - TDS3), turbidímetro digital portátil (HACH 2100Q - HACH) y medidor de pH portátil (Orion Star - A221).

3.2.3. Medios de Cultivo

Para la enumeración de microorganismos coliformes totales: Caldo peptona, Caldo lactosa bilis verde brillante (brila) y Caldo lactosado; y para la enumeración de coliformes termotolerantes: Caldo peptona, Caldo triptosa y Lauril sulfato, Caldo E. coli.

3.3. Criterio de investigación

3.3.1. Nivel de investigación

Es descriptivo, pues se describe y detalla la calidad del agua en función de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos obtenidos de los muestreos de los puntos de estudio. De acuerdo con Hernández et al. 2014 la investigación descriptiva tiene como finalidad identificar las características, características de las personas, grupos, comunidades, procesos o cualquier otro fenómeno a analizar; no pretende mostrar la relación entre ellos.

3.3.2. Tipo de investigación

Es de tipo longitudinal porque los datos (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos) fueron recolectados en cuatro momentos o periodos, divididos en época de avenida (febrero y marzo) y estiaje (mayo y junio) del año 2021. El diseño longitudinal es aquel

en el que se recopilan datos en diferentes momentos o períodos para sacar conclusiones sobre los cambios, sus determinantes y sus consecuencias (Hernández et al. 2014).

3.3.3. Variable de la investigación

a) Variable de caracterización

Calidad del agua del rio Subte Grande.

b) Variables de interés

Tres balnearios del rio Supte Grande.

c) Factores intervinientes

Precipitaciones y uso de agroquímicos en la agricultura.

3.3.4. Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	
Calidad del agua	Parámetros fisicoquímicos	Caudal	Medición de área total de las secciones (m ³) Cálculo de la velocidad entre las secciones (segundos)	
		pH	Concentración de pH	
		Solidos totales disueltos	Concentración de Solidos totales disueltos (mg/l)	
		Fosfatos totales	Concentración de fosfatos totales (mg/l)	
		Nitratos	Concentración de nitratos (mg/l)	
		Turbidez	Concentración de turbidez (UNT)	
		Oxígeno disuelto (OD)	Concentración de OD (mg/l)	
		Temperatura	Temperatura (°C)	
		DBO5	Concentración de DBO5 (mg/l)	
		parámetros microbiológicos	Coliformes totales	Concentraciones coliformes (NMP/100ml)
			Coliformes termotolerantes	Concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100ml)
			Escherichia coli	Concentración de Escherichia coli (NMP/100ml)
		Poza Hilario	Época de avenida	Dos repeticiones

Tres balnearios del río Supte Grande	Poza escondida	Época de estiaje	Dos repeticiones
		Época de avenida	Dos repeticiones
	Poza San Fernando	Época de estiaje	Dos repeticiones
		Época de avenida	Dos repeticiones
		Época de estiaje	Dos repeticiones

3.3.5. Diseño de la investigación

Se aplicó el diseño Hernández et al. (2014) no experimental de tipo longitudinal panel. De acuerdo con la investigación no experimental es aquella en la que se observa los fenómenos tal cual se dan en su contexto natural. Es decir, aquellos estudios que se realiza sin manipular en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Un diseño longitudinal es aquel en el que se recopilan datos en diferentes momentos o períodos para sacar conclusiones sobre los cambios, sus determinantes y sus consecuencias (Hernández et al. 2014).

El Punto de muestreo 1 (Punto referencial) en la zona alta que es aguas arriba del último caserío de la cuenca del río que servirá como punto de referencia o blanco, el Punto de muestreo 2 (Poza Hilario), Punto de muestreo 3 (Poza San Jorge) y el Punto de muestreo 4 (Poza San Fernando) son las zonas de los balnearios más concurridos para actividades recreativas de contacto primario. Se realizaron 4 repeticiones en el año 2021, el primer muestreo (M1) en el mes de febrero y el segundo muestreo (M2) en el mes de marzo siendo época de avenida, el tercer muestreo (M3) en el mes de mayo y cuarto muestreo (M4) en el mes de junio que son época de estiaje de acuerdo con el siguiente esquema que se muestra en la figura 2.

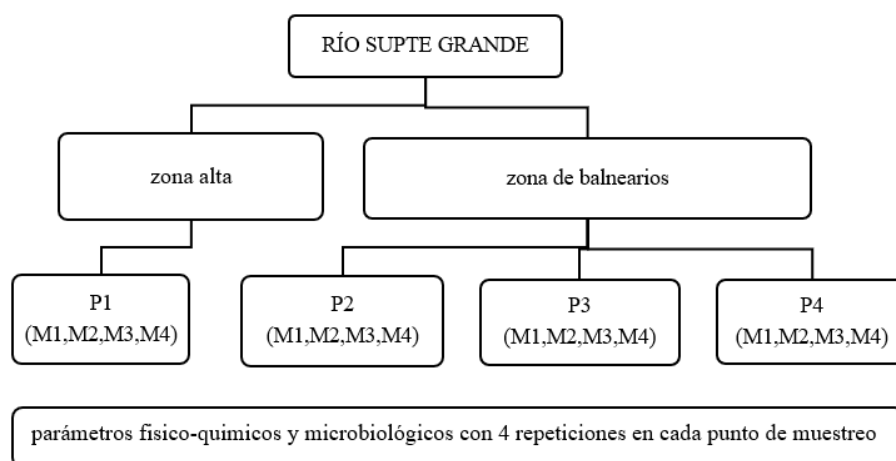


Figura 2. Esquema del trabajo de la investigación

Leyenda: [P1]: Punto de muestreo 1 (Punto referencial) [P2]: Punto de muestreo 2 (poza Hilario), [P3]: Punto de muestreo 3 (poza Escondida), [P4]: Punto de muestreo 4 (poza San Fernando), [M1]: Primer muestreo, [M2]: Segundo muestreo, [M3]: Tercer muestreo, [M4]: Cuarto muestreo.

3.3.6. Población y muestra

Tres balnearios ubicados en el tramo del río Supte Grande desde caserío Barranco hasta el sector San Fernando ubicado en Supte San Jorge. La muestra es un punto de muestreo por balneario con cuatro repeticiones, dos en época de avenida y dos en época de estiaje.

3.3.7. Análisis estadístico

Se determinó la media (promedio) y el coeficiente de variación (C.V) de los análisis microbiológicos y físicoquímicos y obtenidos de las muestras obtenidas de todos los puntos en evaluación, adicionalmente se utilizó el análisis de varianza en el programa STATGRAPHICS donde se realizó el ANOVA simple y pruebas de múltiples rangos (Tukey). Se determinaron las siguientes tablas y gráficos.

- Tabla de análisis de varianza
- Grafico de medias
- Pruebas de múltiples rangos (Tukey)

3.4. Metodología de la investigación

3.4.1. Determinación de la calidad del agua de tres balnearios del río Supte Grande mediante parámetros físicoquímicos: caudal, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos

totales, fosfato, nitratos, turbiedad y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

3.4.1.1. Medición del caudal con el método del flotador

En los márgenes del río Supte Grande se colocaron dos jalones de madera aguas arriba (sección I) y dos jalones de madera aguas abajo (sección II), luego se mide cada sección y la distancia entre secciones, tanto del margen derecho como del izquierdo, se colocó una cinta métrica en un palo de madera para medir la profundidad del río Supte Grande cada medio metro en cada sección, para después soltar el flotador y con la ayuda de un cronometro medir el tiempo en que demora en recorrer desde la sección I hasta la sección II, se realizó 5 repeticiones para mejorar su precisión.

a) Para el cálculo del caudal-método de flotador

Para determinar el caudal, primero calculamos el área total, para eso se sacó el promedio del área de la sección I (A1) y área de la sección II (A2) utilizando la Ecuación (8).

$$A_t = (A_1 + A_2)/2 \quad (8)$$

Después de calcular el área total se calculó la velocidad en la que el flotador recorre la distancia desde la sección I hasta la sección II sobre el tiempo, se calcula utilizando la Ecuación (9).

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} \quad (9)$$

Por último, se calcula el caudal del río Supte Grande al multiplicar la velocidad por el área total, se calcula utilizando la Ecuación (10)

$$Q = V \times A \quad (10)$$

3.4.1.2. Oxígeno disuelto

Se determinó In Situ utilizando el multiparámetro Lutron modelo WA-2017SD debidamente calibrado, para ello en cada punto de muestreo se colocó la mitad del sensor dentro del agua, se esperó hasta que los números se estabilicen y se anotó los datos expresados en mg/L.

3.4.1.3. Conductividad

Se determinó con ayuda del multiparámetro Lutron modelo WA-2017SD debidamente calibrado, para ello se colocó la mitad del sensor dentro del agua, se esperó hasta que los números se estabilicen y se anotó los datos.

3.4.1.4. Determinación del potencial de hidrogeno

Se determinó con ayuda del medidor de pH portátil Orion Star A221, para ello se colocó la mitad del sensor dentro del recipiente con agua, se esperó hasta que los números se estabilicen y se anotó los datos.

3.4.1.5. Determinación de la DBO₅

En cada punto de muestreo se tomaron muestras de agua en envases completamente oscuros, de acuerdo al método 5210 B de APHA-AWWA-WEF (2012) se mide el Oxígeno disuelto inicial utilizando el multiparámetro Lutron modelo WA-2017SD debidamente calibrado, para posteriormente colocarlo a una incubación a 20° C eliminando toda la luz para evitar la posibilidad de que se realice la fotosintética durante 5 días, y después se mide el oxígeno disuelto final (OD_f), por último se aplicó la fórmula siguiente para obtener el DBO₅ expresado en mg/L:

$$DBO_5 = (OD_i - OD_f) \quad (11)$$

3.4.1.6. Determinación de nitratos

Se determinó utilizando HANNA INSTRUMENTS (2005) el método de análisis por colorimetría como menciona el manual de instrucciones HI 3874 Test kit de Nitrato, primero se colocó 10 ml de H₂O de la muestra en la cubeta pequeña de vidrio (hasta la marca), después se añadió el contenido del reactivo HI 3874-0, se colocó la tapa y se agitó durante un minuto (la presencia de depósito no afecta a la medición), se esperó cuatro minutos hasta que el agua de la muestra cambie a un color naranja, en un cubo comparador de color se agregó 5 ml de la muestra de color naranja, por último se coloca el cubo comparador que contiene la muestra de color naranja sobre y detrás de un fondo blanco a una distancia de 10 cm, se determinó el color que se ajusta a la solución y el resultado se multiplico por un factor 4,43 para convertir en mg/L de Nitrato NO₃.

3.4.1.7. Determinación de fosfato

Se determinó utilizando HANNA INSTRUMENTS (2005) el método de análisis por colorímetro, como menciona el manual de instrucciones HI 3833 Test kit de Fosfato, primero se agregó agua de la muestra para enjuagar el vaso de plástico, en el mismo vaso de plástico se agregó 10 ml de agua de muestra (hasta la marca) y un paquete de reactivo HI 3833-0, se coloca la tapa y se agitó para mezclar la solución hasta que se disuelva y presenta un color azulado, se coloca la solución azulada al cubo comparador de color y se dejó reposar por un minuto, por último se determinó el color que se ajusta a la solución y se registró los resultados obtenidos como mg/L (ppm) PO⁻³₄.

3.4.1.8. Determinación de turbidez

Se determinó con ayuda del Turbidímetro digital portátil HACH 2100Q, HACH debidamente calibrado, para ello se colocó 15 mL de muestra en una cubeta de vidrio y se colocó en el equipo, se esperó hasta que los números se estabilicen y se anotó los datos.

3.4.1.9. Determinación de Sólidos totales

Se determinó con ayuda del multiparámetro de sobremesa para PH/ORP/ISE/CE/TDS/NAACL, Modelo HANNA HI 2550, para ello se colocó la mitad del sensor dentro del agua, se esperó hasta que los números se estabilicen y se anotó los datos.

3.4.2. Determinación de la calidad del agua de tres balnearios del rio Supte Grande mediante parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes termotolerante y *Escherichia coli* y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Se utilizó el método 9221 de la APHA, que se trata de una serie de tres tubos y tres etapas para coliformes totales y termotolerantes, esta técnica se denomina número más probable (NMP).

a) Coliformes totales

Para cada punto de muestreo, en un matraz se preparó 90 ml de Caldo peptona para después agregar 10 ml de agua de la muestra traída del rio Supte Grande, después se preparó 350 ml Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (Brila) para los cuatro puntos de muestreo, para cada punto se separó 9 tubos de ensayo con su respectivo algodón y tubitos de Durham, se agregó en cada tubo de ensayo 9 ml de Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (Brila), se colocó un tubito de Durham invertido en cada tubo de ensayo que contiene Lactosa Bilis Verde Brillante (Brila) y se tapa el tubo de ensayo con algodón, se rotuló 3 tubos de ensayo con (10^{-1}) , tres tubos con (10^{-2}) y tres tubos con (10^{-3}) ; con una micropipeta se extrajo 100 μL (10^{-1}) del matraz que contiene Caldo peptona y la muestra de agua del rio Supte Grande, para después descargarlo en cada tubo de ensayo rotulado con (10^{-1}) , para los tubos rotulados con (10^{-2}) se extrajo 10 μL y para los tubos de ensayo rotulado con (10^{-1}) se extrajo 1 μL . Por último, se colocó en una incubadora a una temperatura de 37°C por 24 y 48 horas. Después de 48 horas los tubos de ensayo que presentan el tubito de Durham en la parte superior por la presencia de gas fueron anotados para determinar el índice del NMP de la tabla y se calcula el NMP por 100 ml con la Ecuación (12).

b) Coliformes termotolerantes

Se preparó 350 ml de Caldo E. coli, para los cuatro puntos de muestreo, para cada punto se separó 9 tubos de ensayo con su respectivo algodón y tubitos de Durham, se agregó en cada tubo de ensayo 9 ml de Caldo E. coli, se colocó un tubito de Durham invertido en cada tubo de ensayo con Caldo E. coli y se tapa el tubo de ensayo con algodón, se rotuló 3 tubos de ensayo con (10-1), tres tubos con (10-2) y tres tubos con (10-3); con una micropipeta se extrajo 100 μ L (10-1) del matraz que contiene Caldo peptona y la muestra de agua del río Supte Grande, para después descargarlo en cada tubo de ensayo rotulado con (10-1), para los tubos rotulados con (10-2) se extrajo 10 μ L y para los tubos de ensayo rotulado con (10-1) se extrajo 1 μ L. Por último, se colocó en una incubadora a una temperatura 44.5 °C por 24 y 48 horas. Después de 48 horas los tubos de ensayo que presentan el tubito de Durham en la parte superior por la presencia de gas fueron anotados para determinar el índice del NMP de la tabla y se calcula el NMP por 100 ml con la Ecuación (12).

$$\frac{NMP}{100ml} = \frac{\text{Indica NMP} \times \text{dilucion intermedia}}{100} \quad (12)$$

c) *Escherichia coli*

De los tubos de ensayo con Caldo E. coli que presentaron el tubito de Durham en la parte superior, que emergieron por la presencia de gas, se sembraron en placas Petri por el método de estrías y agotamiento que contiene el medio Eosina Azul de Metileno (EMB) solidificado, se llevó a la incubadora a 37 °C por 24 horas y si presenta brillo metálico indica presencia de E. coli, después se realiza la prueba del IMViC y TSI por el método de diferenciación bioquímica, para eso se preparó Indol, Rojo de Metilo, Voges Proskauer y Citrato, se sustrajo inóculos de la placa Petri para sembrar en los diferentes medios y si como resultado presenta Indol + o -, Rojo de Metilo +, Voges Proskauer -, Citrato - y TSI A/A gas + H₂S -, se llega a la conclusión de que existe la presencia de *Escherichia coli*.

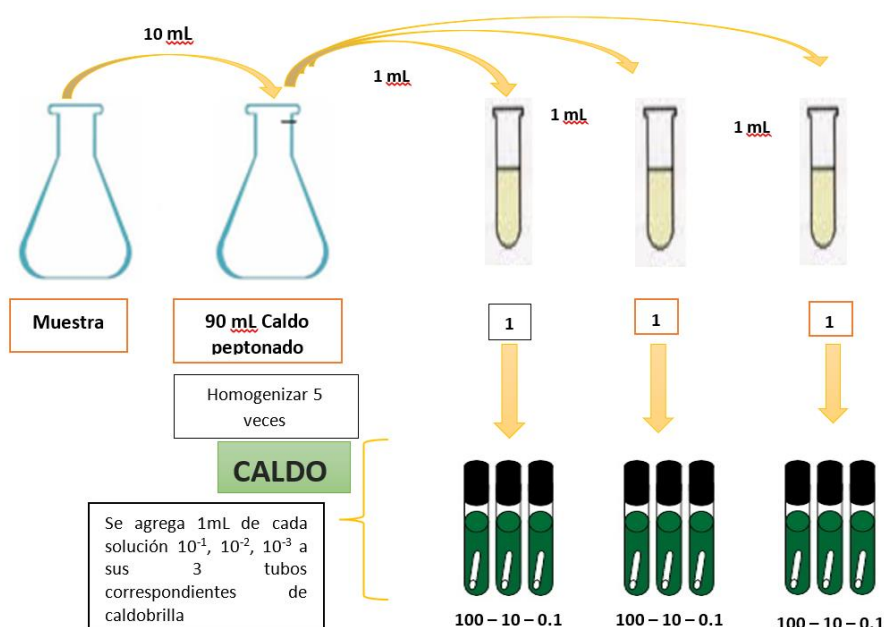


Figura 3. Preparación del caldo brilla para análisis microbiológicos.

3.4.3. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) de los balnearios del río Supte Grande ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco - 2021.

Este índice comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100). Se realiza el cálculo de cada uno de los índices y luego se aplica la siguiente fórmula:

$$CCME_{WQI} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right) \quad (15)$$

El valor del índice de calidad de agua, $CCME_{WQI}$, comprendido entre 1-100, expresadas en cinco rangos como **Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente**.

3.4.4. Realización de propuestas de prevención de la contaminación de los balnearios del río Supte Grande ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco - 2021.

a. Identificación las fuentes de contaminación del río

Para la identificación de las fuentes de contaminación del río Supte Grande se realizó un recorrido por el tramo del río desde el caserío barranco hasta el sector San Fernando de Supte San Jorge, se prestó mayor atención en los lugares donde existía viviendas cerca o en las orillas al río. Se buscaba identificar la existencia de puntos de arrojo de residuos

sólidos, las actividades agrícolas y pecuarias realizadas en la cuenca como también conexiones de tuberías de desagüe directas al río.

b. Medidas de prevención, minimización y control de la contaminación del río

Según la determinación de las fuentes de contaminación y la recopilación de información e investigación sobre temas técnicos relacionada a la prevención, minimización y control de la contaminación de ríos. Se realizó una búsqueda de los actores, entidades y agentes responsables en la provincia en gestionar y fiscalizar para mantener la calidad natural del río Supte Grande. Luego se realizaron propuestas de prevención direccionados a cada agente responsable estableciendo líneas y pautas de carácter ambiental.

1. Proponer proyectos para la recuperación y protección de la calidad de los recursos hídricos.
2. Resaltar las responsabilidades de cada agente interviniente para la protección de los recursos hídricos en la provincia de Leoncio Prado.
3. Fortalecimiento institucional entre el centro poblado menor Supte San Jorge, la ALA, la DEVIDA y la municipalidad provincial de Leoncio Prado para la gestión de los recursos hídricos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

A continuación, se muestran los parámetros fisicoquímicos evaluados en los cuatro puntos de muestreo colina alta, poza Hilario, poza Escondida y Poza San Fernando, del río Supte Grande. El análisis de los datos evaluados de los parámetros muestreados se ha realizado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) aprobado por el DS N° 004-2017-MINAM. Para efecto de esta investigación los resultados se han comparado con la Categoría 1: Poblacional y recreacional, y su subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación y Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. En primera instancia los resultados fueron comparados con la subcategoría B. Para los parámetros no considerados en la categoría B, se optó por comparar con el ECAs de la subcategoría A.

Tabla 3. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del punto referencial (Colina alta) del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Punto referencial (P1)		ECAs
		promedio	C.V (%)	
pH	Unidades	8.3	1.4	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	24.6	6.3	
Conductividad	uS/cm	300.9	2.6	1 500
OD	mg/L	8.6	2.3	≥ 5
DBO₅	mg/L	1.8	35.7	5
STD	mg/L	146.6	39.9	1000
Fosforo total	mg/L	0.9	34.8	0.1
Nitrato	mg/L	0.0	0.0	10
Turbidez	NTU	6.2	30.4	100

Fuente: Elaboración propia (2023)

La tabla 4 presenta el promedio de los valores obtenidos en los 4 muestreos de colina alta, de los cuales el muestreo 1 se realizó en el mes de febrero, el muestreo 2 se realizó en marzo, correspondientes a la temporada de avenida, y los muestreos 3 y 4 se realizaron en mayo y junio temporada de estiaje. También se muestra de cada parámetro su coeficiente de variación.

Tabla 4. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza Hilario) del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Poza Hilario (P2)		ECAs
		promedio	C.V (%)	
pH	Unidades	8.2	2.3	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	25.0	3.8	
Conductividad	uS/cm	305.3	6.5	1 500
OD	mg/L	8.6	3.1	≥ 5
DBO₅	mg/L	1.9	36.9	5
STD	mg/L	147.1	56.2	1000
Fosforo total	mg/L	0.9	34.8	0.1
Nitrato	mg/L	0.0	0.0	10
Turbidez	NTU	5.6	31.6	100

Fuente: Elaboración propia (2023)

La tabla 5 presenta el promedio de los valores obtenidos en los 4 muestreos de la poza Hilario, de los cuales el muestreo 1 se realizó en el mes de febrero, el muestreo 2 se realizó en marzo, correspondientes a la temporada de avenida, y los muestreos 3 y 4 se realizaron en mayo y junio temporada de estiaje. También se muestra de cada parámetro su coeficiente de variación.

Tabla 5. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza Escondida) del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Poza Escondida (P3)		ECAs
		promedio	C.V (%)	
pH	Unidades	8.1	2.8	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	24.8	3.9	
Conductividad	uS/cm	305.9	3.8	1 500
OD	mg/L	8.6	5.6	≥ 5
DBO₅	mg/L	1.8	34.9	5
STD	mg/L	155.4	58.2	1000
Fosforo total	mg/L	1.2	13.3	0.1
Nitrato	mg/L	0.0	0.0	10
Turbidez	NTU	5.1	31.8	100

Fuente: Elaboración propia (2023)

La tabla 6 presenta el promedio de los valores obtenidos en los 4 muestreos de la poza Escondida, de los cuales el muestreo 1 se realizó en el mes de febrero, el muestreo 2 se realizó en marzo, correspondientes a la temporada de avenida, y los muestreos 3 y 4 se realizaron en mayo y junio temporada de estiaje. También se muestra de cada parámetro su coeficiente de variación.

Tabla 6. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del balneario (poza San Fernando) del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Poza San Fernando (P4)		ECAs
		promedio	C.V (%)	
pH	Unidades	8.2	1.1	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	25.0	4.6	
Conductividad	uS/cm	303.5	8.4	1 500
OD	mg/L	8.7	2.5	≥ 5
DBO₅	mg/L	1.9	29.4	5
STD	mg/L	157.3	51.9	1000
Fosforo total	mg/L	1.2	13.3	0.1
Nitrato	mg/L	0.0	0.0	10
Turbidez	NTU	5.9	31.6	100

Fuente: Elaboración propia (2023)

La tabla 7 presenta el promedio de los valores obtenidos en los 4 muestreos de la poza San Fernando, de los cuales el muestreo 1 se realizó en el mes de febrero, el muestreo 2 se realizó en marzo, correspondientes a la temporada de avenida, y los muestreos 3 y 4 se realizaron en mayo y junio temporada de estiaje. También se muestra de cada parámetro su coeficiente de variación.

Tabla 7. Resultados promedios de parámetros fisicoquímicos del punto referencial y los tres balnearios del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Puntos de muestreo				\bar{X}	C.V (%)	ECAs
		P1	P2	P3	P4			
pH	Unidades	8.3	8.2	8.1	8.2	8.2	1.0	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	24.6	25.0	24.8	25.0	24.8	0.9	-
Conductividad	uS/cm	300.9	305.3	305.9	303.5	303.9	0.7	1 500
OD	mg/L	8.6	8.6	8.6	8.7	8.7	0.7	≥ 5
DBO₅	mg/L	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	3.3	5
STD	mg/L	146.6	147.1	155.4	157.3	151.6	3.7	1000
Fosforo total	mg/L	0.9	0.9	1.2	1.2	1.0	18.9	0.1
Nitrato	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
Turbidez	NTU	6.2	5.6	5.1	5.9	5.7	8.0	100
Caudal	m ³ /s					0.70	17.1	-

Fuente: Elaboración propia (2023)

La tabla 8 representan el valor promedio de los parámetros evaluados de los cuatro muestreos de cada poza del río Supte Grande, los datos fueron tomados en temporada de estiaje y de avenida, también se muestra el coeficiente de variación, los valores del ECAs y el valor promedio del caudal obtenido de 4 muestreos realizados en diferentes fechas. Los valores de

pH, Conductividad, OD, DBO₅, STD, nitrato y turbidez se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental (ECAs). El valor de fosforo total se encuentran sobre el valor del ECA.

Según la prueba de Tukey y el análisis de varianza, que se muestran en las tablas del anexo B y del gráfico de medias que se muestra en el anexo C, se puede observar que estadísticamente entre las cuatro pozas de muestreo referente al resultado de los parámetros no existe diferencia significativa, con una confiabilidad del 95% con respecto al resultado de pH, fosfato, temperatura, conductividad, turbidez OD, DBO y STD.

4.1.1. pH

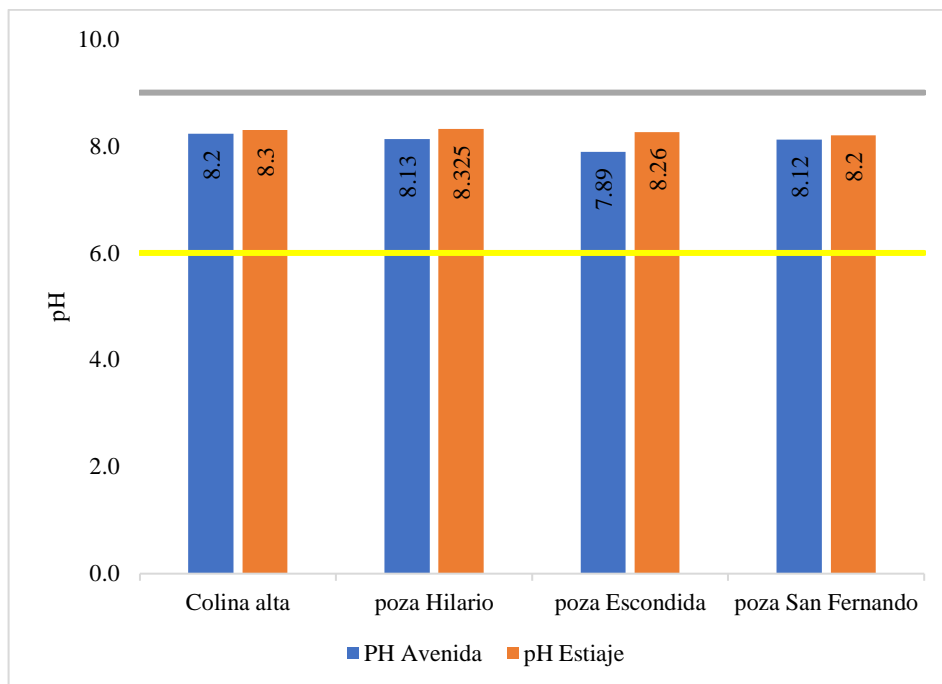


Figura 4. Análisis del pH del punto referencial y los tres balnearios muestreados.

En la figura 4 presenta el promedio de los valores de pH de las cuatro pozas de muestreo en temporada de estiaje y avenida, Todos los resultados se encuentran del rango óptimo del ECA para el agua, subcategoría B1 (6,0 unidades a 9.0 unidades). Alva (2018) el pH es una de las pruebas más comunes que determina parte de la calidad del agua ya que indica el grado de acidez o alcalinidad, determinado por la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Los valores de pH obtenidos tienen una tendencia básica siendo el valor más bajo de 7.89, y los otros datos superan a 8.00. Suarez (2020) en su investigación en las quebradas del brunas - Tingo María, reporta un valor promedio de pH para la quebrada Cocheros de 7.457, para la quebrada Córdoba de 7.114 y para la quebrada Naranjal de 6.559. Por otro lado, Alva (2018) reporta un valor promedio de pH de 8.74 de la laguna Azul de Sauce

- Tarapoto. Así también según Lloclla (2020) obtuvo un valor promedio de pH en tiempo de avenida de 8.24 y en estiaje de 8.23 en el río Uquihua – Rioja. En la presente investigación el valor promedio de pH obtenido fue de 8.2, superior a lo encontrado por Suarez e inferior a lo encontrado por Alva. Esta variación es propia de las características de cada cuenca y en este caso los valores inclinados a la alcalinidad se deben posiblemente a la composición de las rocas, con propiedades alcalinas.

4.1.2. Temperatura

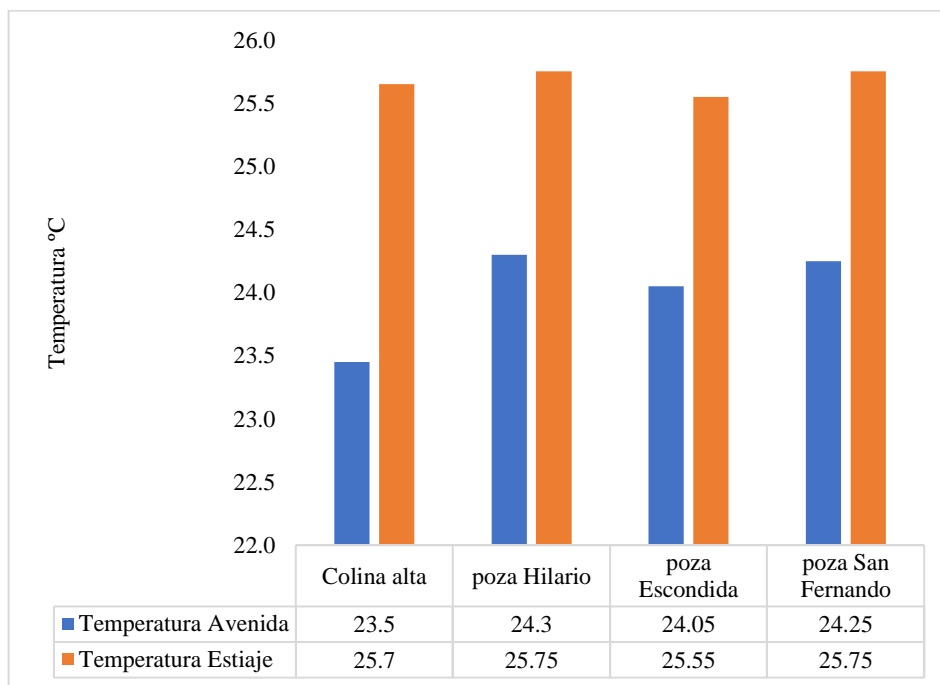


Figura 5. Análisis de la temperatura del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 5 presenta el promedio de los valores de temperatura de las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores en estiaje son mayores que en avenida, el valor más alto en estiaje es de 25.75 °C y más bajo en avenida es de 23.5 °C. Según Quintanilla (2020) indica que la temperatura es uno de los factores físicos que influyen en el crecimiento y multiplicación bacteriano esto debido a que en su investigación identificó que en la transición de tiempo seca a tiempo con lluvia no obtuvo crecimiento bacteriano. En el presente estudio la temperatura no tiene variación significativa y la diferencia entre tiempo de estiaje y avenida es de 0.75 °C y la identificación bacteriana en ambas tiempos fue similar. Según Pinedo (2017) la temperatura del agua de la quebrada Simuy - Yurimaguas, tuvo valores de 26 °C en los meses de agosto y 27,4 °C en septiembre, según indica el autor este se debe a un clima más cálido en esos meses y a la ausencia de precipitaciones al ser temporada de estiaje. En esta investigación

efectivamente en la temporada de estiaje la temperatura del agua fue mayor, con valores de 25,7 °C, 25.75 °C, 25.55 °C y 25.75 °C y en los meses de avenida se obtuvo valores de 23.5 °C, 24.3 °C, 24. °C y 24.25 °C esto debido a la presencia de mayor precipitación y días menos calurosos otra variable a tener en consideración es la hora de muestreo siempre va ser ligeramente mayor en horas de medio día.

4.1.3. Conductividad

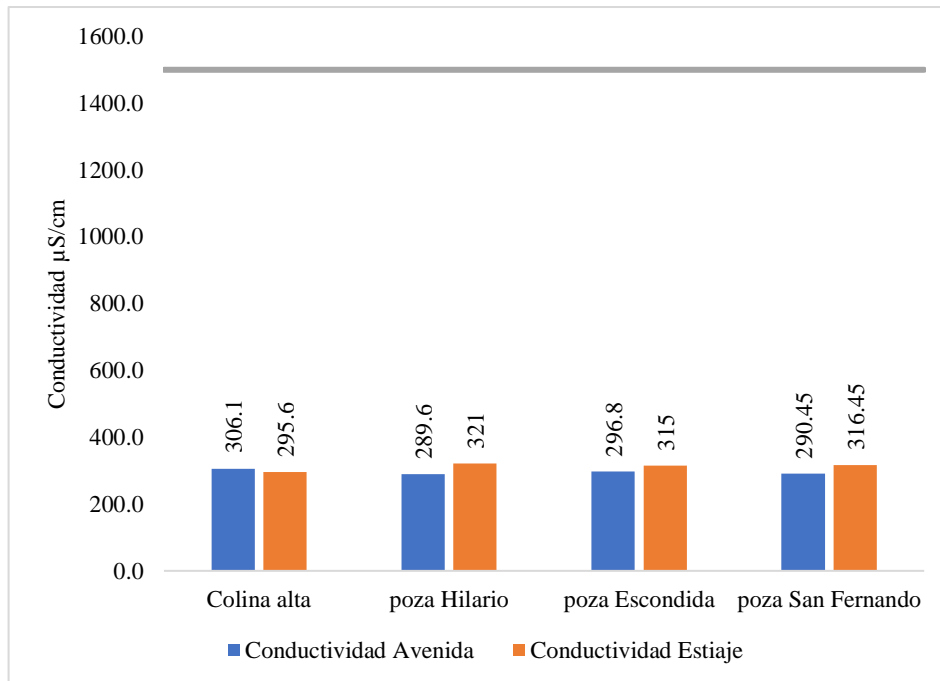


Figura 6. Análisis de la conductividad del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 6 presenta el promedio de los valores de la conductividad de las pozas muestreadas del Río Supte Grande, los valores se encuentran dentro del ECA para el agua, Subcategoría A1 (1500 µS/cm). Según Pinedo (2017) en su investigación obtuvo valores de conductividad eléctrica entre 35.01 uS/cm y 37.045 uS/cm, teniendo así el menor valor en su primer punto y el valor más alto en su segundo punto de muestreo de un total de 3 puntos de muestreo, de acuerdo con el autor esto se debe a las actividades antropogénicas que aportan sales minerales que llegan al cuerpo de agua mediante la escorrentía. En la presente investigación el valor promedio más bajo fue en colina alta con 300.9 uS/cm, teniendo un incremento en los balnearios de muestreo con valores superiores a los 303.9 uS/cm. Como indica Pinedo (2017) uno de los factores del incremento de la conductividad eléctrica fue producido por minerales provenientes de actividades antropogénicas desarrolladas en el tramo del punto 1 al punto 2.

4.1.4. Oxígeno disuelto

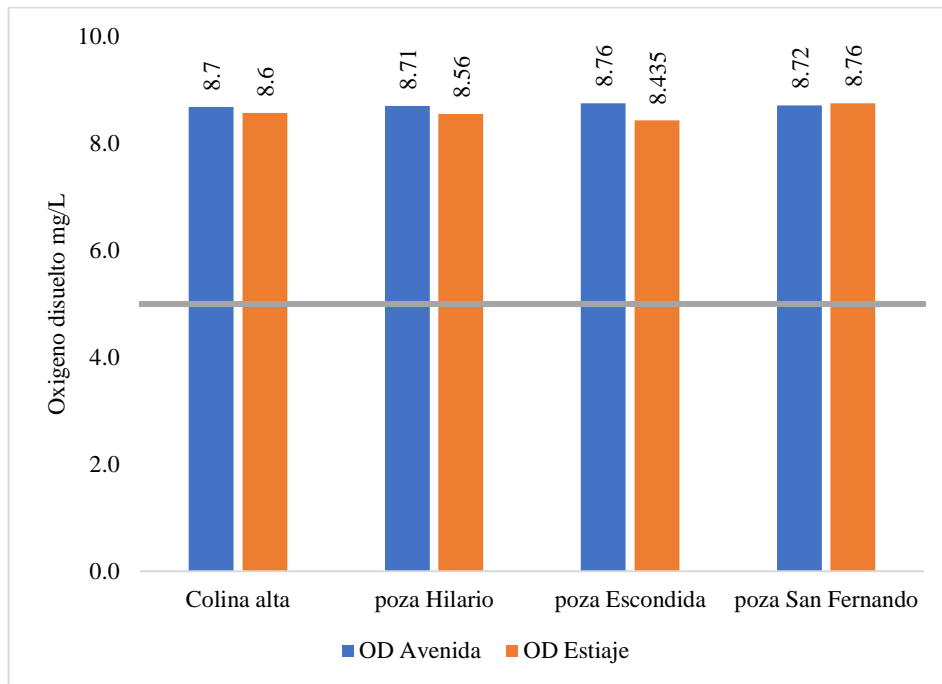


Figura 7. Análisis del OD del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 7, presenta el promedio de los valores del OD de las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores se encuentran dentro del ECA para el agua, subcategoría B1 (5.0 mg/L). Según Palacios y Velastegui (2020) indica que el oxígeno por debajo de 3,5 mg/l se considera potencialmente peligroso para los organismos acuáticos. Asimismo, la concentración de OD en el agua está relacionada con la oxigenación natural, la presión atmosférica, el caudal y la cantidad de materia orgánica muerta. En la presente investigación el valor de OD promedio en los diferentes puntos de muestreo fue de 8.7 mg/L, y un C.V de 0.7, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes puntos de muestreo. Alva (2018) reporta un valor promedio de OD de 5.41 mg/L laguna Azul de Sauce - Tarapoto, se encuentra en poca proporción, pues este tiende a ser consumido por microorganismos y los peces que viven en la misma lo que ocasiona un bajo nivel de limpieza y depuración. Así también Lloclla (2020) obtuvo un valor promedio de OD de 5,23 mg/L en avenida y 5.48 mg/L en estiaje del río Uquihua – Rioja, bordeando los 5 mg/L esto debido a que los problemas en los ríos están relacionados con la descarga de aguas residuales domésticas, ganaderas, desechos sólidos orgánicos e inorgánicos y excrementos animales.

4.1.5. DBO₅

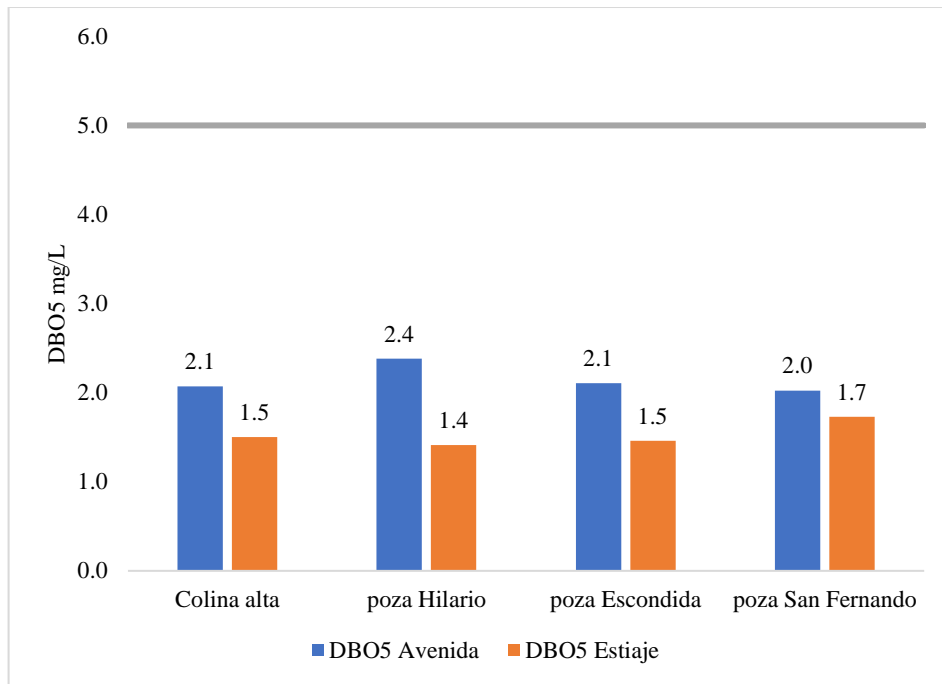


Figura 8. Análisis del DBO₅ del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 8 presenta el promedio de los valores el DBO₅ en las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores se encuentran dentro de los ECA, Subcategoría B1 (5.0 mg/L), los valores más altos se tuvieron en tiempo de avenida, el más alto fue en balneario 1 con 2.4 mg/L, los valores más bajos fueron en tiempo de estiaje, el valor más bajo fue en balneario 1 con 1.4 mg/L, el valor promedio fue de 1.8 mg/L y un C.V de 3.3. Lloclla (2020) obtuvo un valor promedio de DBO₅ en tiempo de avenida de 11 mg/L y en tiempo de estiaje de 16.5 mg/L en el río Uquihua. Así también Alva (2018) reporta un valor promedio de DBO₅ de 7.83 mg/L en la laguna Azul de Sauce - Tarapoto. Según Palacios y Velastegui (2020) los factores que afectan la concentración de OD y DBO en el agua se deben a la oxidación natural, la presión atmosférica y la cantidad de materia orgánica muerta y a bajos caudales, esto guardaría relación con los resultados mostrados de los diversos estudios ya que estarían influenciadas por estas variables. Así mismo es preciso señalar que en comparación con las otras investigaciones y según los valores obtenidos en la investigación en función al OD y DBO₅ el río Supte Grande mantiene su calidad natural.

4.1.6. Sólidos disueltos totales (STD)

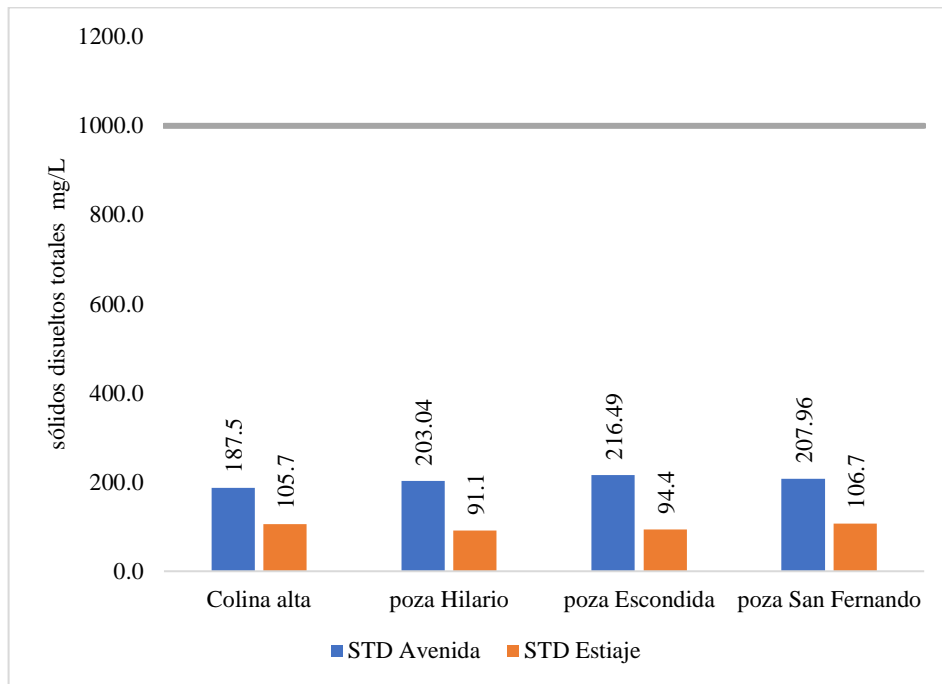


Figura 9. Análisis de los STD del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 9, presenta el promedio de los valores de STD en las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores se encuentran por debajo de los ECA subcategoría A1 (1000 mg/L). El valor más alto se obtuvo en tiempo de avenida con 216.49 mg/L y el valor más bajo en tiempo de estiaje con 91.1 mg/L, esta diferencia se atribuye a que es tiempo de avenida las precipitaciones generan un aumento de caudal y consigo un mayor arrastre de partículas. Mendez y Cardona (2020) los STD influyen en el color del agua que al entrar en contacto con la vista pueden causar problemas por impurezas en épocas de avenida el agua posee un color más oscuro debido al arrastre de tierra, restos de hojas y otras impurezas. Palacios y Velastegui (2020) El contenido alto de STD en el agua se deben a varios factores entre ellos la ganadería que genera residuos orgánicos fácilmente arrastrables, el uso de fertilizantes en cultivos, y las precipitaciones que arrastran consigo materiales a través de la escorrentía.

4.1.7. Fosforo total

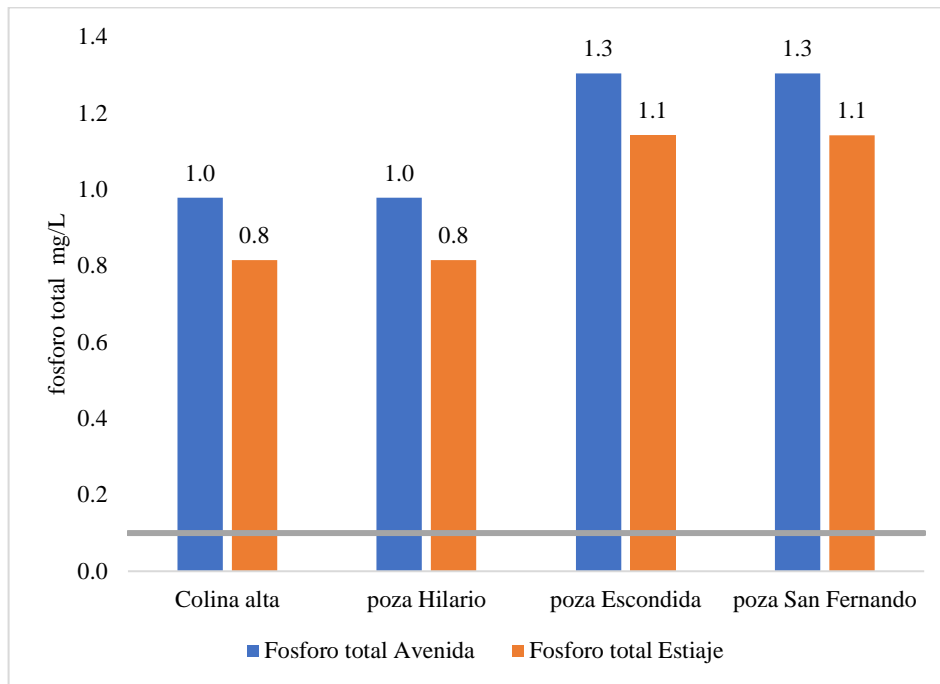


Figura 10. Análisis de fosforo total del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 10, presenta el promedio de los valores de fosforo total en las diferentes pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores superan los ECA subcategoría A1 (0.1 mg/L). En tiempo de avenida los valores de fosforo total fueron mayores con valores entre 1.0 mg/L y 1.3 mg/L y en tiempo de estiaje los valores fueron inferiores con valores entre 0.8 mg/L y 1.1 mg/L. Dionisio (2021) en su investigación en la ciudad de tingo maría en las fuentes de agua Cocheros, quebrada Cushuro del Águila, obtuvo valores promedio de fosforo total en captación de Cocheros en estiaje de (1.0 mg/L y 4.33 mg/L) y en avenida de (0.83 mg/L y 1.20 mg/L), en captación de quebrada Cushuro en estiaje de (1.0 mg/L y 1.0 mg/L) y en avenida de (2.67 mg/L y 1.33 mg/L), en captación de la quebrada del Águila en estiaje de (0.43 mg/L y 0.83 mg/L) y en avenida de (1.43 mg/L y 1.03 mg/L). Así también en la investigación de Suarez (2020) en las quebradas del brunas - Tingo María, reporta un valor promedio de fosforo total en quebrada Cocheros en colina alta de 0.9784 mg/L en estiaje y 1.0871 mg/L en avenida, en quebrada Córdova en colina alta de 0.8697 mg/L en estiaje y 1.0871 mg/L en avenida, en quebrada Naranjal en colina alta de 0.5435 mg/L en estiaje y 0.8697 mg/L en avenida.

Del resultado de estos estudios destacan dos aspectos, primero que los valores de fosforo total tiene valores similares en todos los estudios y superan los ECA subcategoría

A1 (0.1 mg/L), Segundo es notable el incremento del fósforo total en tiempo de avenida. De estos resultados se infiere que en la zona geográfica de la provincia de Leoncio Prado las aguas en su estado natural contienen cantidades significativas de fósforo total y podría deberse a la composición de las rocas de la cuenca como rocas fosfóricas, a su vez la concentración de fósforo también se vería incrementado debido al uso de fertilizantes con alto contenido de fosfatos en cultivos como café, cacao, coca y plátano ya que se observaron residuos de fertilizantes cerca de las orillas del río Supte Grande. Delgado (2019) los residuos de animales de crianza, el uso de plaguicidas y fertilizantes de las actividades agrícolas proporcionan grandes cantidades de nutrientes (nitratos, y fosfatos), mediante la escorrentía superficial que arrastra residuos hacia los ríos o cuerpos de agua.

4.1.8. Nitratos

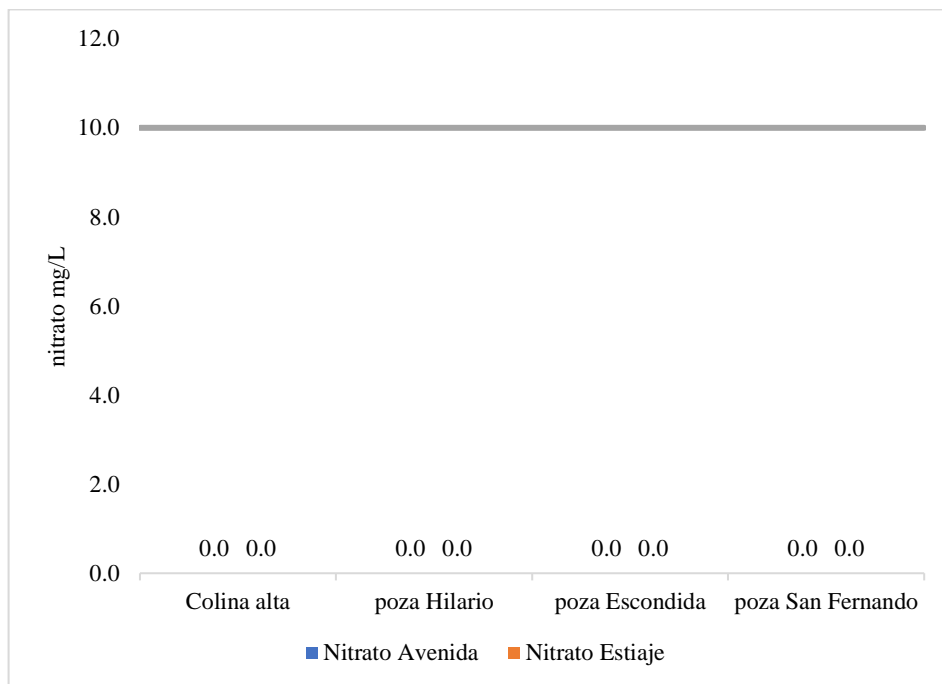


Figura 11. Análisis de los nitratos del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 11, presenta el promedio de los valores de nitratos de las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores obtenidos son menores a 10 mg/L, por lo que se cumple con los ECA subcategoría B1 (10 mg/L), esto refleja que no existe o es mínima la concentración de nitratos y no se ve influenciada por las precipitaciones ni escorrentías ya que en tiempo de estiaje y avenida los valores fueron de 0 mg/L.

4.1.9. Turbidez

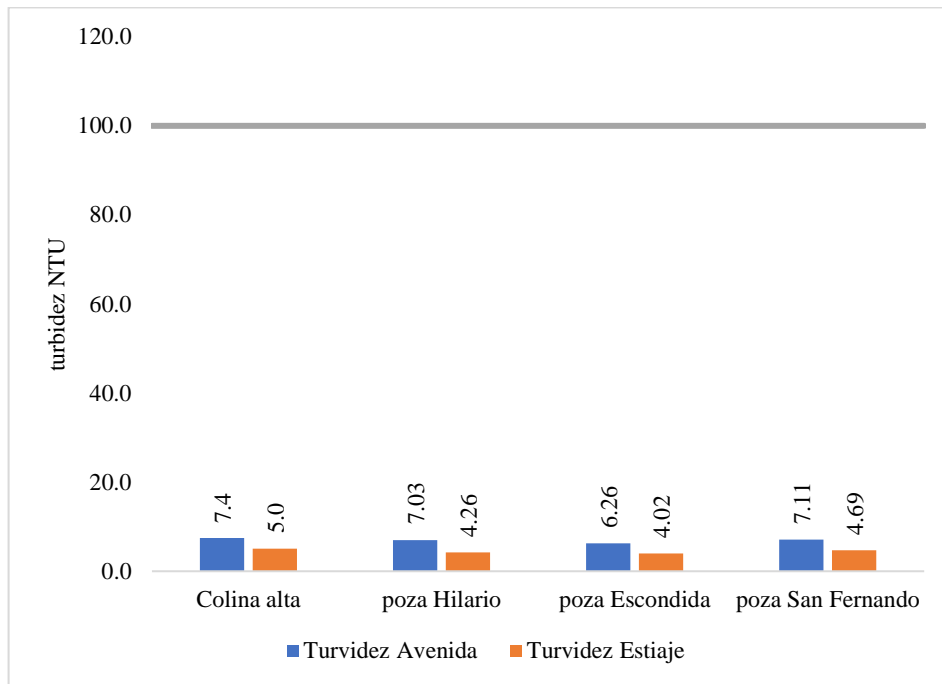


Figura 12. Análisis de la turbidez del punto referencial y los tres balnearios muestreados

En la figura 12 presenta el promedio de los valores de turbidez de las pozas de muestreo del Río Supte Grande, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango óptimo del ECA para el agua, subcategoría B1 (100 NTU). En tiempo de avenida el valor de turbidez fue mayor teniendo valores de hasta 7.4 NTU, en tiempo de avenida los valores estuvieron por debajo de 5 NTU, el valor promedio de turbidez fue de 5.7 NTU y un C.V de 8.0. De acuerdo con Palacios y Velastegui (2020) la escorrentía generada por la presencia de lluvias constantes en época de avenida genera una variación considerable de los niveles de turbidez del agua, debido a que mediante la escorrentía se arrastran todo tipo de partículas ubicadas en la superficie del suelo, como son la tierra, hojas y sedimentos que se encuentran en el lecho del canal. Noboa (2021) la turbiedad en el agua es causada por la presencia de materiales en suspensión como arena, limo, arcilla, coloides orgánicos, plancton y otros microorganismos. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), establece que el rango aceptable para las aguas de consumo humano varía entre 1 UNT hasta 5 UNT, en ningún caso debería ser mayor.

4.2. Parámetro microbiológico de las zonas de muestreo y comparación con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

A continuación, se muestran los resultados de los parámetros microbiológicos evaluados en las cuatro pozas de muestreo colina alta, balneario 1, balneario 2 y balneario 3 del río Supte Grande. Los datos ahí mostrados representan el promedio de todos los datos obtenidos en campo de cada punto de muestreo tanto en tiempo de estiaje y tiempo de avenida, así mismo también se muestra el coeficiente de variación. En colina alta y balneario 1 no se tuvo presencia de coliformes totales en ningún muestreo mientras que en balneario 2 y 3 si se tubo presencia de coliformes totales, pero no de coliformes termotolerantes ni *Escherichia coli*.

Tabla 8. Resultados de los promedios de parámetros microbiológicos de las pozas de muestreo evaluados del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Puntos de muestreo				\bar{X}	C.V (%)	ECAs
		P1	P2	P3	P4			
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	0	0.75	2.75	0.88	148.5	50
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0.0	200
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0.0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según el análisis de varianza, que se muestra en la tabla 36 del anexo B, que tiene un valor $P= 0.0226$ menor a 0.05 y la prueba de Tukey de la tabla 37 en los puntos PA-PD y PB-PD, reflejan que existe diferencia significativa con respecto al contenido de coliformes totales entre las cuatro pozas de muestreo con una confiabilidad al 95%. Esto también se refleja en la figura 21 del gráfico de medias, el punto D es diferente a los demás puntos. De acuerdo con ello se puede indicar que la calidad del agua referente a coliformes totales en el balneario 3 ha sufrido una variación con referente a los otros balnearios de muestreo aguas arriba.

4.2.1. Coliformes totales

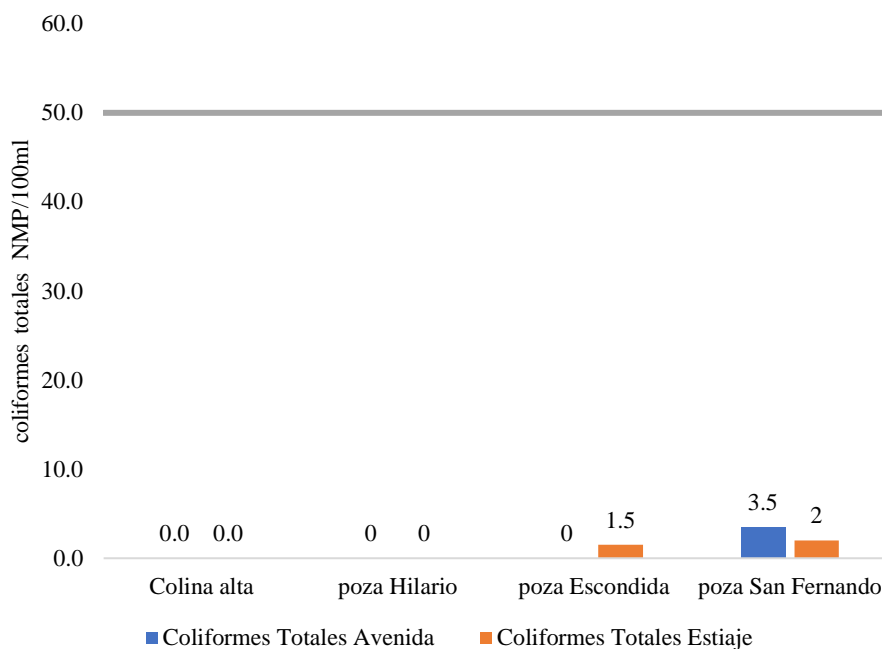


Figura 13. Análisis de coliformes totales del punto referencial y los tres balnearios muestreados

De la figura 13, resultado de coliformes totales de las cuatro pozas de muestreo del río Supte Grande en la temporada de estiaje y avenida, se puede decir primero que los valores se encuentran en rango óptimo del ECA subcategoría A1 (50 NMP/100 ml), segundo que en el punto de muestreo colina alta y balneario 1 el resultado fue cero, en balneario 2 y 3 si se tuvo presencia de coliformes totales. Los valores reflejan que los balnearios 2 y 3 tienen una ligera contaminación por coliformes totales, pero están dentro del rango óptimo del ECA para el agua, subcategoría A1. Así mismo de los resultados se puede descifrar que la concentración de coliformes totales en estiaje y avenida es similar, a diferencia de Lloclla (2020) en su investigación calidad del agua del río Uquihua – Rioja, obtuvo un valor promedio de coliformes totales en tiempo de avenida de 5.3×10^3 NMP/100 ml y en tiempo de estiaje de 4.93×10^3 NMP/100 ml, se observa un valor superior en tiempo de avenida.

El río Supte Grande a través de sus pozas generan actividades recreacionales que generan beneficios importantes para el turismo y para la salud y el bienestar de los bañistas. Sin embargo, si tales cuerpos de agua presentan contaminación representan riesgos para la salud que puede conllevar infecciones o daños a la salud. Los valores obtenidos de coliformes totales a pesar de encontrarse dentro de los ECAs es una alerta que en 2 puntos de muestreo balneario 2 y 3 se encuentran presentes coliformes totales, ya que agua arriba de estos puntos existe

presencia de mayor actividad humana, y viviendas cerca del río producto del crecimiento de la población del centro poblado Supte San Jorge. Noboa (2021) las bacterias y virus pueden provocar náuseas, diarrea y dolores de cabeza, sumado a que por contacto genera infección en piel, ojos y oídos. Delgado (2019) los coliformes totales están formadas en parte por bacterias fecales, pero también se pueden encontrar en desechos vegetales, en el suelo o en las aguas superficiales.

4.3. Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)

Tabla 9. ICA-PE del punto referencial y los tres balnearios muestreados del río Supte Grande

Valor ICA-PE	Calificación	ICA - PE			
		Colina alta	Balneario 1	Balneario 2	Balneario 3
95 - 100	Excelente				
75 - 89	Bueno	76.96	75.60		
45 - 74	Regular			72.09	72.09
30 - 44	Malo				
0 - 29	Pésimo				

Fuente: Elaboración propia (2022)

En la tabla 9 indica el ICA-PE de los balnearios del río Supte Grande, en colina alta fue de 76.96, en balneario 1 fue 75.60, en balneario 2 y 3 fue de 72.09, los dos primeros clasificados dentro de la categoría de bueno y los 2 últimos clasificados como regular. Los resultados reflejan que la calidad natural del agua del río Supte Grande ocasionalmente es amenazada o dañada y a menudo se aleja de los valores deseables. Los resultados coinciden con la investigación realizada en Tingo Maria por Dionisio (2021) donde determinó el ICA-PE de la Quebrada Cocheros que tuvo un valor de 79.06, quebrada del Águila tuvo un valor de 85.36 y la quebrada Cushuro tuvo un valor de 76.08, encontrándose estos resultados dentro del rango 75-89 clasificada como “Buena”.

En la investigación una de las variables interesantes a analizar es el fósforo total debido a que sobrepasó el ECA en los cuatro puntos de muestreo, es importante resaltar que el primer punto de muestreo era un área aguas arriba donde no existía mayor presencia de pueblos o caseríos, pero si la existencia de cultivos propios de la zona (cacao, café, plátano coca y otros). Entonces se puede indicar que los valores altos de fósforo total obtenido se debe posiblemente a dos factores, la composición de las rocas de la cuenca o los agroquímicos usados en los cultivos que a través de la escorrentía llegan al río.

4.4. Propuestas de prevención de la contaminación del río Supte Grande.

Para Aureliano (2000), la balneabilidad de un cuerpo de agua usado para recreación puede verse afectado por factores como: d) descargas clandestinas de aguas residuales, baja cobertura de las redes de alcantarillado de aguas residuales, concentración urbana y política de desarrollo aplicada excesivamente económica.

Para plantearnos propuestas y alternativas para mantener la calidad natural del agua del río Supte Grande es importante primero; determinar que componentes conllevan al deterioro de la calidad del agua y segundo identificar los agentes responsables para administrar y sancionar a los implicados en el deterioro de la calidad natural del agua.

Los componentes implicados en el deterioro de la calidad del agua identificados fueron los siguientes, efluentes domésticos conectados directamente al río, arrojado de residuos a las orillas del río, uso de agroquímicos en los cultivos agrícolas. Los agentes responsables de administrar y sancionar y velar por mantener la calidad natural del agua identificadas son: La municipalidad provincial de Leoncio Prado a través de la Gerencia de Gestión Ambiental y Defensa Civil y sus subgerencias de Limpieza Pública, Parques, Jardines y Ornato, y la subgerencia de Calidad Ambiental y Proyectos, la autoridad Local del Agua (ALA), la municipalidad del centro poblado menor Supte San Jorge, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la población aledaña al río del Centro poblado.

Tabla 10. Fuentes de contaminación identificadas del río Supte Grande

Fuentes de contaminación identificadas en el tramo de estudio	Efluentes domésticos	Efluentes domésticos de poblaciones aledañas en el caserío de Chuyachaqui.
		Efluentes domésticos de poblaciones del caserío Atahualpa
		Efluentes domésticos de la población del sector San Fernando (Supte)
	Residuos sólidos arrojados en la franja del río	Arrojo de residuos sólidos al río en tramo de caserío Chuyachaqui.
		Arrojo de residuos sólidos en el tramo de balneario 2 al balneario 3
	Uso de agroquímicos y sus residuos	Residuos de agroquímicos usados en cultivos agrícolas en la cuenca del río.
Cultivo de hoja de coca aun no erradicada		

Tabla 11. Propuesta de acciones para conservar la calidad natural del agua del río Supte Grande

Agentes comprometidos en el deterioro	Entidades administradoras y sancionadoras	Propuestas de implementación para conservar la calidad natural del río Supte Grande.
Efluentes domésticos conectados directamente al río	ALA	Entablar una meza temática con los agentes involucrados.
		Coordinar con la población aledaña y sancionar al identificar efluentes domésticos.
	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Definir la faja marginal del río
		Proyecto de saneamiento alcantarillado agua y desagüe
Arrojo de residuos a las orillas del río	Población aledaña al río Supte Grande	Generar conciencia para el cuidado del río Supte Grande
		No disponer sus residuos en las orillas del río
	Subgerencias de Limpieza Pública, Parques, Jardines y Ornato	Incluir recojo de residuos no reciclables en las áreas aledañas al río, cercanas al área urbana.
		En coordinación con la municipalidad de Supte realizar campañas ambientales de recojo de residuos y concientización.
Subgerencia de Calidad Ambiental y Proyectos	Incluir en el plan de ruta de residuos las áreas aledañas al río Supte Grande.	
	Implementar letreros en puntos estratégicos a las orillas del río de prohibido desechar residuos	
La municipalidad del centro poblado menor Supte San Jorge	Coordinar continuamente con las subgerencias de Limpieza pública y Calidad ambiental de la municipalidad de Leoncio Prado para mejorar la gestión de los residuos sólidos.	
	Gestionar que el recojo de los residuos sea eficiente y completo	
Uso de agroquímicos en los cultivos agrícolas y de hoja de coca.	Población aledaña al río Supte Grande	No arrojar residuos al río y vigilar que otros no lo hagan
		Dar prioridad al uso de químicos orgánicos y ecoamigables en los cultivos, en lo posible eliminar el uso de productos que sean perjudiciales para el medio ambiente.
	DEVIDA	Promover proyectos de cultivo de productos orgánicos de alta calidad y promover el no uso de agroquímicos que tengan compuestos que puedan alterar la calidad natural del agua.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos de los puntos muestreados, la concentración de fosfato es el único parámetro que supera los estándares de calidad ambiental de agua para uso recreacional. los valores en los cuatro puntos muestreados fueron similares y no presentan diferencias estadísticamente significativas.
2. Se determinó la concentración de los parámetros microbiológicos, encontrando presencia de coliformes totales 0.75 NMP/100ml en el balneario poza Escondida y 2.75 NMP en balneario poza San Fernando, no se tuvo presencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Los valores en los cuatro puntos muestreados presentan diferencias estadísticamente significativas.
3. Se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) de los cuatro puntos de muestreo, el punto referencial y la poza Hilario se clasificaron como bueno y la poza Escondida y poza San Fernando se clasificaron como regular.
4. Se propuso acciones para conservar la calidad natural del río Supte Grande, 3 con la ALA, 1 con MVCS, 2 con la Subgerencias de Limpieza Publica, Parques, Jardines y Ornato, 2 con la Subgerencia de Calidad Ambiental y Proyectos, 2 con la municipalidad del centro poblado menor Supte San Jorge, 1 con DEVIDA y 3 programas de concientización a las poblaciones aledañas al río Supte Grande.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar otros estudios a mayor detalle del parámetro de fosforo total y nitratos con equipos de fotometría que permitan resultados más precisos, así mismo evaluar el efecto y nivel de riesgo que este puede significar para la salud de las personas que hacen uso recreativo de los balnearios del rio.
2. Evaluar los parámetros de metales establecidos en el ICARHS (Arsénico, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cadmio, Plomo, Boro 5/, Cobre, Mercurio y Zinc) y otros parámetros como Hidrocarburos totales de petróleo 4/ y Amoniaco - N.
3. Evaluar el parámetro fosforo total en el suelo de la cuenca del rio Supte Grande en áreas no intervenidas por el hombre y áreas con cultivos, para determinar si existe relación con la concentración de fosforo total del rio.
4. Evaluar *Streptococcus fecales*. como parte del estudio microbiológico del rio Supte Grande, y realizar evaluaciones periódicas de los coliformes totales, fecales y *E. coli*,
5. La ANA debería implementar un punto de muestreo en el rio Supte Grande y realizar el seguimiento consecutivo.
6. Se debe establecer una mesa temática con todos los involucrados e interesados para tomar acciones preventivas y correctivas para mantener la calidad natural del agua del rio Supte Grande, de esta forma mantener su capacidad paisajística y recreativa.

VII. REFERENCIAS

- Alva P. (2018). *Determinación de la calidad del agua de la Laguna Azul de Sauce para su uso según estándares de calidad ambiental (ECAS)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Perú]. Repositorio institucional <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2891>
- Andrade C. A., Oliveira L., Alencar M., Zanella T. R., Meneses B. L., Alves M. A., Almeida I. y França J. F. (2021). Análise da qualidade da água recreativa em balneários da Cidade de Açailândia, Maranhão, Brasil. *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 10(13), 1-15.
- Aparicio, R. (2020). *Evaluación mediante el índice de calidad de agua (ICA) del río Santa con vertimientos de aguas servidas domésticas, para la conservación del ambiente acuático. sector Huaraz-Jangas, Ancash 2019*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio institucional
- APHA. (2017). *Standard Methods*. California, USA: American Public Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 23 edition. Method 5210 B.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018) Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA- PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Lima 2018.
- Cajahuaman A. M. y Vásquez T. (2022). *Determinación de la calidad del agua del río Shanaytimpishka del distrito de Honoría, departamento de Huánuco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5216>
- Carbotecnia (2014). ¿Qué es el pH del agua? Recuperado de: www.carbotecnia.info
- Delgado, M. (2019). *Diagnóstico de la calidad del agua y diseño de propuesta de solución para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA) en el río Colca*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa., Perú]
- Díaz Y. (2019). *Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional

- Dionisio A. I. (2021). Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua Cocheros, quebrada del Águila y Cushuro en la ciudad de Tingo María – Leoncio Prado. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2111>
- EPA. (2000). *Volunteer Stream Monitoring*. Washington 1265 pp: United States Environmental Protection Agency.
- Gil J. A., Vizcaino C. y Montaña N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111 – 119.
- Hernández N. C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra. Nueva Etapa*, 34(56), 1-30.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2014). Metodología de la investigación. 6 ed. México: McGraw-Hill. p.839.
- Kachroud M., Trolard F., Kefi M., Jebari S. y Bourrié G. (2019). Water quality indices: Challenges and application limits in the literature. *Water* 11 (2), 1-26.
- Lloclla R. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del río Uquihua, en uso como aguas recreativas Rioja – San Martín. Moyobamba 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad nacional de San Martín – Tarapoto. Perú]. Repositorio Institucional
- Mendez C. y Cardona O. (2020). *Metodología para determinar el riesgo a la salud humana por agua de fuentes hídricas para uso recreativo, por contacto primario y secundario – indicador GESDAO*. [tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9475>.
- Noboa V. (2021). Análisis y propuesta de mejoras de la calidad del agua del río Chimbo en la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador (Tesis de maestría, Universidad Nacional de la Plata). Repositorio Institucional UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128012>
- Osorio M. A., Carrillo W.E., Llor X. A., Negrete J. H. y Riera E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 6(3), 228 – 245.
- Palacios R. F. y Velastegui L. C. (2020). *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21047>.

- Pavan J. V., Masachessi G., Prez V. E., Di Cola G., Re V. E. y Nates S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 72(2) 210 – 2014.
- Pinedo G. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy -Yurimaguas*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1041>
- Puente D. G., Valenzuela L. I. y Alarcón M. T. (2023). Determinación histórica de Índices de Calidad del Agua en observatorios participativos en el norte de México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 39(1), 127-137.
- Quintanilla A. (2020). Diagnóstico de la calidad físico química y biológica del agua en el golfo de Fonseca, la Unión, el Salvador. propuestas para el desarrollo sostenible, 17-31.
- Ríos S., Agudelo R. M., y Gutiérrez L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>.
- Suarez J. A. (2020). Calidad del agua del sistema de abastecimiento y el nivel de satisfacción de la comunidad universitaria de las quebradas Naranjal, Cochero y Cordova del BRUNAS – Tingo María, 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
Repositorio Institucional
<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1822>
- Swistock B. R., Clemens S. y Sharpe W. (2023). Bacterias coliformes. *The Pennsylvania State University*, Code: ART-6742.

VIII. ANEXOS

Apéndice 1. Tabulación de los parámetros fisicoquímico y microbiológico

Anexo A. Tabulación de resultado de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Tabla 12. Resultados del pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	PH
PA	0	8.35
PA	25	8.12
PA	74	8.24
PA	99	8.36
PB	0	8.32
PB	25	7.94
PB	74	8.31
PB	99	8.34
PC	0	7.94
PC	25	7.84
PC	74	8.18
PC	99	8.34
PD	0	8.08
PD	25	8.16
PD	74	8.12
PD	99	8.28

Tabla 13. Resultados de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	T
PA	0	22.4
PA	25	24.5
PA	74	25.8
PA	99	25.5
PB	0	23.8
PB	25	24.8
PB	74	25.9
PB	99	25.6
PC	0	23.6
PC	25	24.5
PC	74	25.8
PC	99	25.3
PD	0	23.4
PD	25	25.1
PD	74	26.1
PD	99	25.4

Tabla 14. Resultados de la conductividad de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

Puntos de muestreo	Tiempo	Conductividad (us/cm)
PA	0	300.0
PA	25	312.2
PA	74	296.2
PA	99	295.0
PB	0	284.6
PB	25	294.6
PB	74	312.5
PB	99	329.5
PC	0	295.5
PC	25	298.1
PC	74	308.8
PC	99	321.2
PD	0	278.1
PD	25	302.8
PD	74	294.2
PD	99	338.7

Tabla 15. Resultados de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	OD
PA	0	8.72
PA	25	8.65
PA	74	8.35
PA	99	8.81
PB	0	8.45
PB	25	8.97
PB	74	8.72
PB	99	8.4
PC	0	8.22
PC	25	9.30
PC	74	8.49
PC	99	8.38
PD	0	8.47
PD	25	8.97
PD	74	8.86
PD	99	8.66

Tabla 16. Resultados de la demanda bioquímica oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	DBO₅
PA	0	2.7
PA	25	1.44
PA	74	1.72
PA	99	1.28
PB	0	2.8
PB	25	1.96
PB	74	1.72
PB	99	1.11
PC	0	2.70
PC	25	1.51
PC	74	1.59
PC	99	1.33
PD	0	2.55
PD	25	1.5
PD	74	2.1
PD	99	1.36

Tabla 17. Resultados de los sólidos totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	ST (ppm)
PA	0	145.9
PA	25	229.03
PA	74	112.8
PA	99	98.6
PB	0	142.3
PB	25	263.78
PB	74	108.1
PB	99	74.1
PC	0	148.4
PC	25	284.58
PC	74	107.4
PC	99	81.4
PD	0	138.2
PD	25	277.72
PD	74	109.2
PD	99	104.2

Tabla 18. Resultados del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	P (mg/L)
PA	0	4
PA	25	2
PA	74	3
PA	99	2
PB	0	2
PB	25	4
PB	74	3
PB	99	3
PC	0	4
PC	25	4
PC	74	3
PC	99	4
PD	0	4
PD	25	4
PD	74	4
PD	99	3

Tabla 19. Resultados de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	Turbidez (NTU)
PA	0	9
PA	25	5.82
PA	74	5.04
PA	99	5.02
PB	0	7.93
PB	25	6.12
PB	74	4.63
PB	99	3.89
PC	0	7.17
PC	25	5.34
PC	74	4.84
PC	99	3.2
PD	0	8.55
PD	25	5.67
PD	74	5.14
PD	99	4.24

Tabla 20. Resultados de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Puntos de muestreo	Tiempo	CT (NMP / 100ml)
PA	0	0
PA	25	0
PA	74	0
PA	99	0
PB	0	0
PB	25	0
PB	74	0
PB	99	0
PC	0	0
PC	25	0
PC	74	0
PC	99	3
PD	0	3
PD	25	4
PD	74	0
PD	99	4

Anexo B. Análisis estadístico, análisis de varianza y prueba de tukey

Tabla 21. Análisis de varianza del pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.08525	3	0.0284167	1.05	0.4072
Intra grupos	0.32565	12	0.0271375		
Total (Corr.)	0.4109	15			

Tabla 22. Análisis de varianza de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.581875	3	0.193958	0.14	0.9332
Intra grupos	16.4575	12	1.37146		
Total (Corr.)	17.0394	15			

Tabla 23. Análisis de varianza de la conductividad de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	61.85	3	20.6167	0.07	0.9769
Intra grupos	3748.52	12	312.377		
Total (Corr.)	3810.37	15			

Tabla 24. Análisis de varianza de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.045525	3	0.015175	0.16	0.9240
Intra grupos	1.16965	12	0.0974708		
Total (Corr.)	1.21518	15			

Tabla 25. Análisis de varianza de la demanda bioquímica de oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0438688	3	0.0146229	0.04	0.9900
Intra grupos	4.75553	12	0.396294		
Total (Corr.)	4.79939	15			

Tabla 26. Análisis de varianza de lo solidos totales disueltos de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	373.252	3	124.417	0.02	0.9960
Intra grupos	75244.4	12	6270.36		
Total (Corr.)	75617.6	15			

Tabla 27. Análisis de varianza del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.6875	3	1.22917	0.58	0.6367
Intra grupos	25.25	12	2.10417		
Total (Corr.)	28.9375	15			

Tabla 28. Análisis de varianza de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.51045	3	0.836817	0.26	0.8532
Intra grupos	38.7009	12	3.22508		
Total (Corr.)	41.2114	15			

Tabla 29. Análisis de varianza de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	20.25	3	6.75	4.63	0.0226
Intra grupos	17.5	12	1.45833		
Total (Corr.)	37.75	15			

Tabla 30. Prueba de tukey de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PA - PB		0	2.54291
PA - PC		-0.75	2.54291
PA - PD	*	-2.75	2.54291
PB - PC		-0.75	2.54291
PB - PD	*	-2.75	2.54291
PC - PD		-2	2.54291

Anexo C. Gráfico de medias y prueba de tukey

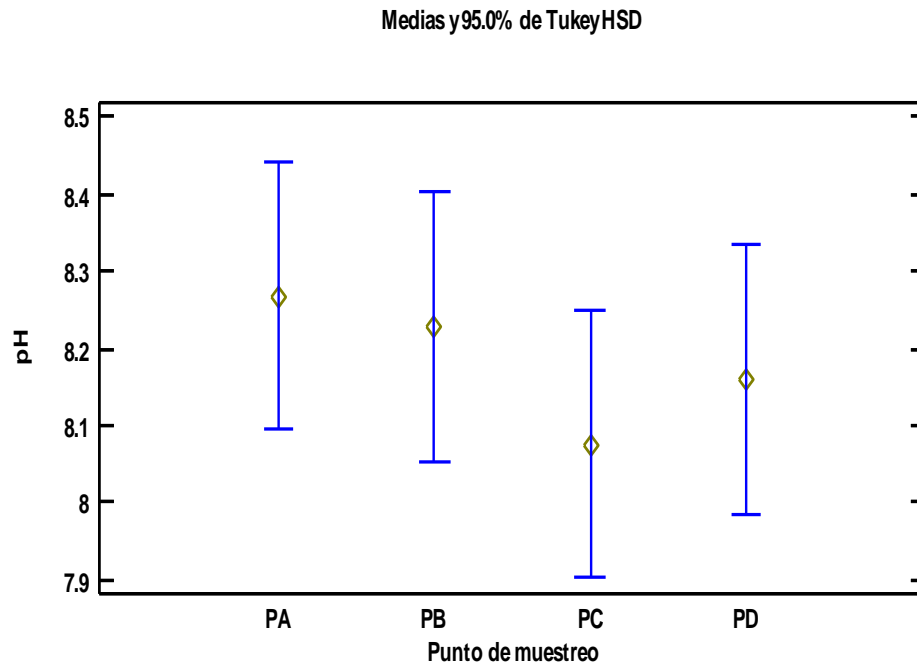


Figura 14. Gráfico de medias de los pH de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

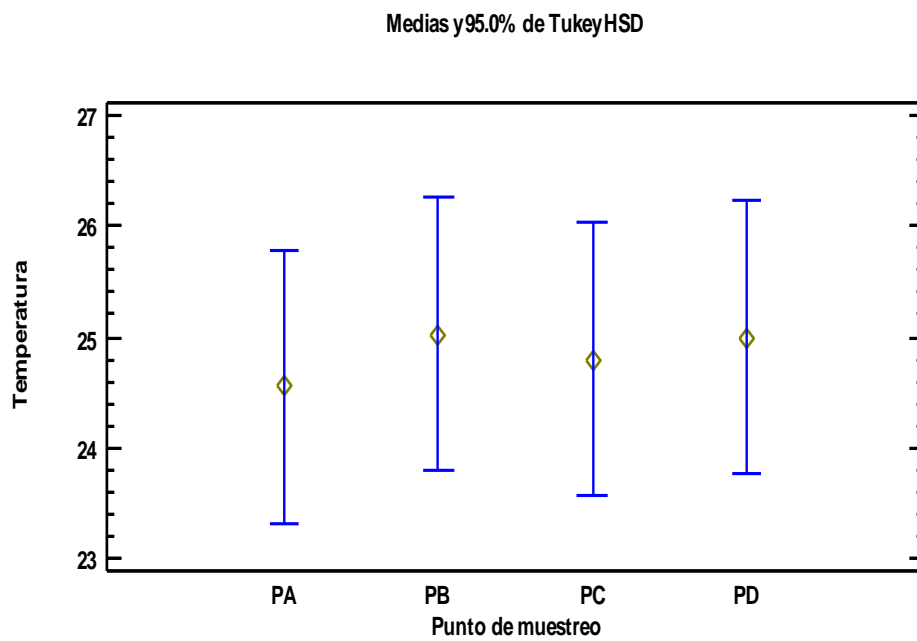


Figura 15. Gráfico de medias de la temperatura de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

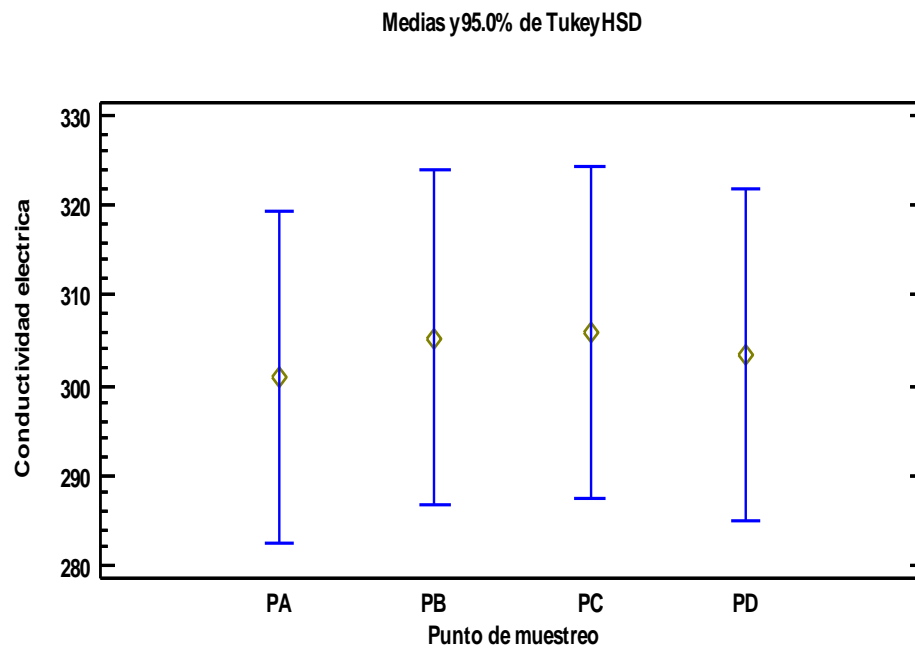


Figura 16. Gráfico de medias de la conductividad e las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

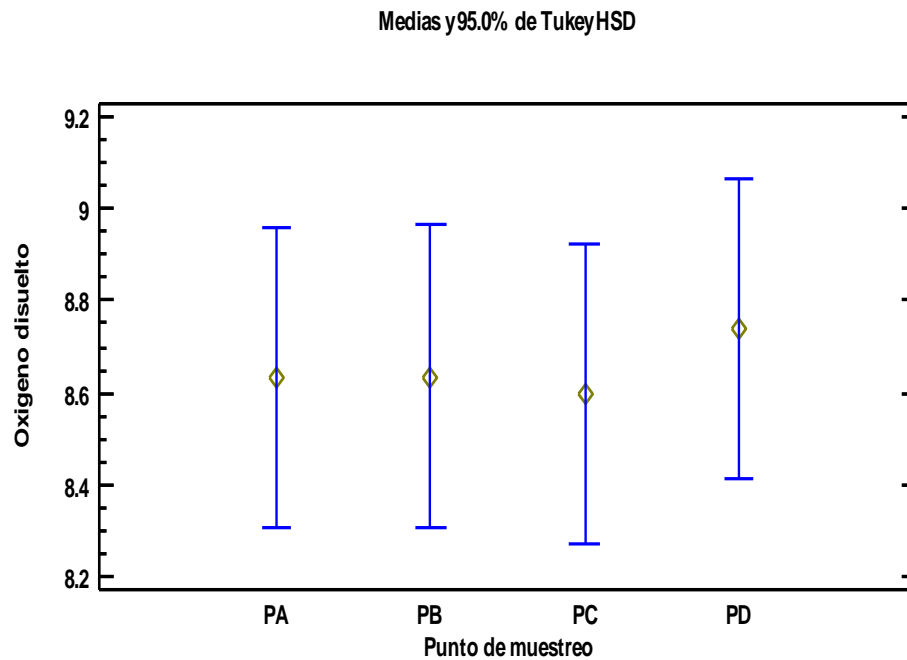


Figura 17. Gráfico de medias de la oxígeno disuelto de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

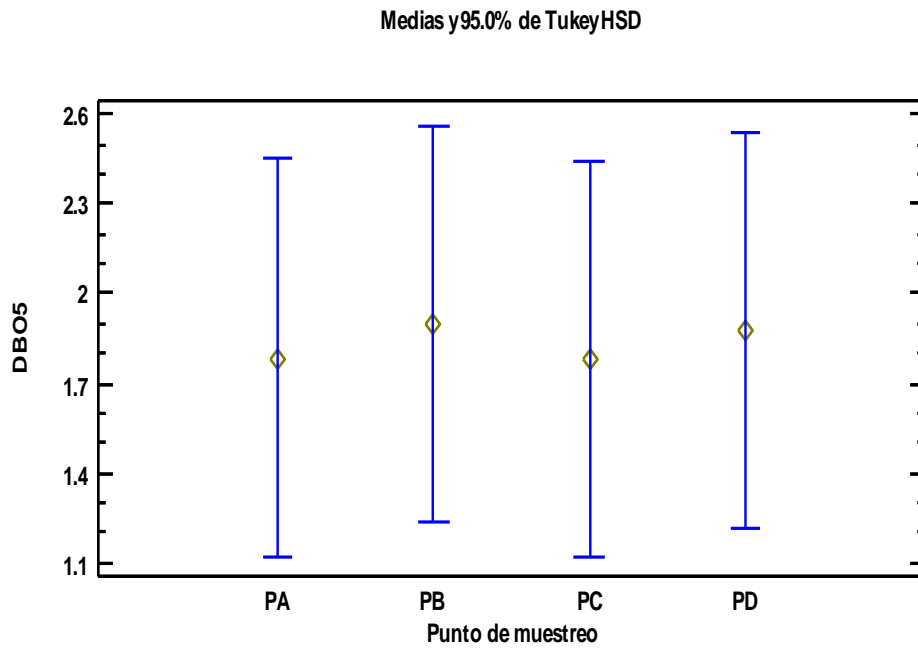


Figura 18. Gráfico de medias de la demanda bioquímica de oxígeno de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

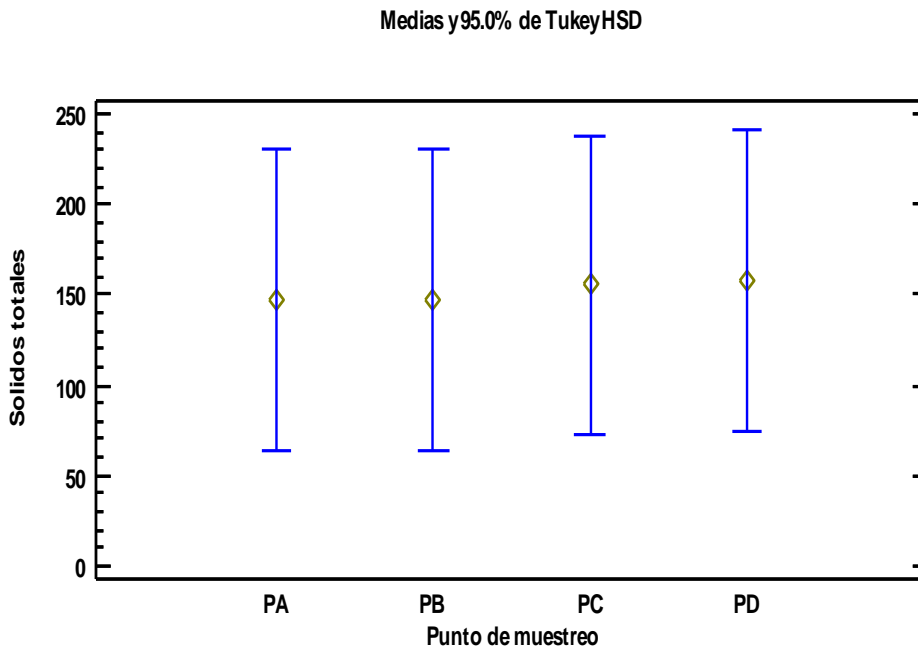


Figura 19. Gráfico de medias de los sólidos totales disueltos de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

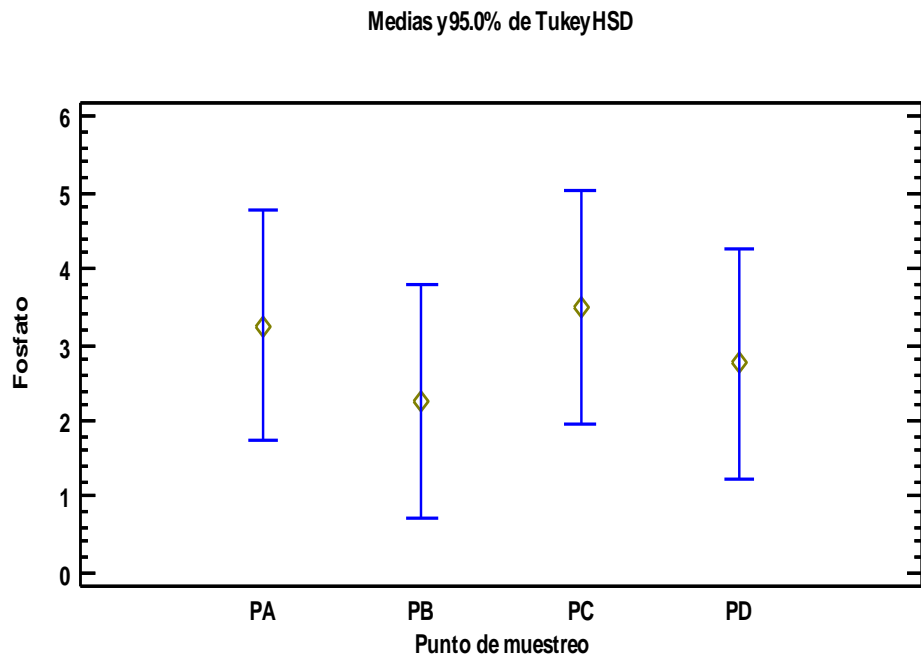


Figura 20. Gráfico de medias del fosfato de las zonas de muestreo del Río Supte Grande

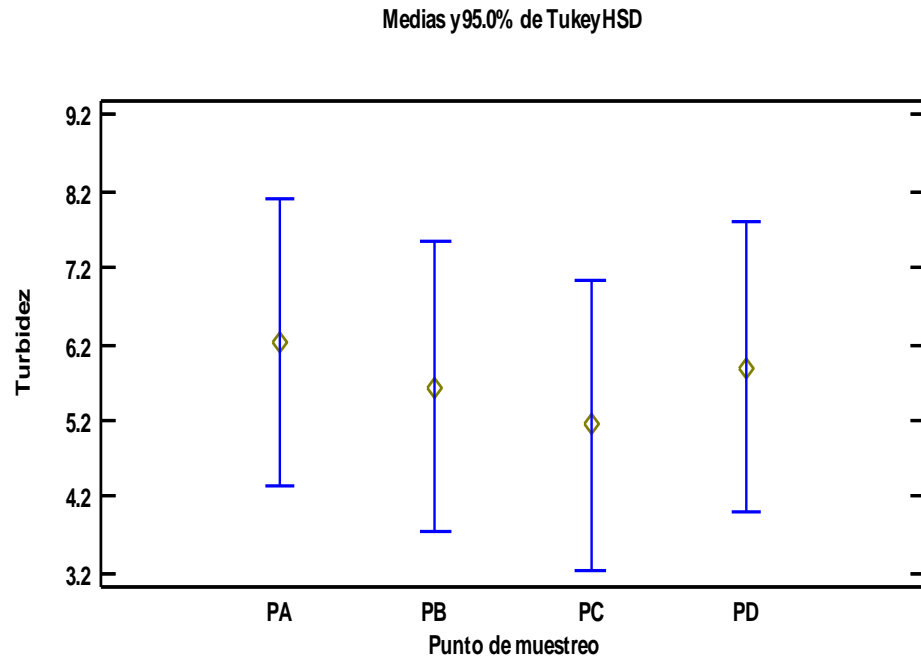


Figura 21. Gráfico de medias de la turbidez de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

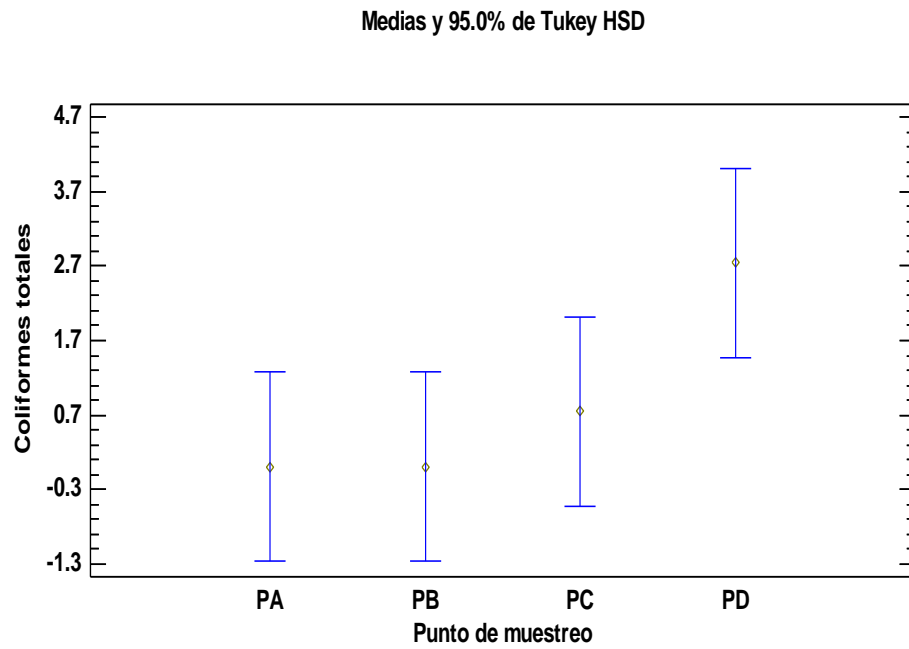


Figura 22. Gráfico de medias de los coliformes totales de las zonas de muestreo del Río Supte Grande.

Anexo E. Análisis parámetros fisicoquímicos

Tabla 31. Valores de caudal del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Promedio	Coefficiente de variación (%)
Caudal	m3/s	0.774	0.81	0.624	0.56	0.7	17.1

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 32. Valores de parámetros fisicoquímicos de colina alta (punto de muestreo 1) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Colina alta				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
pH	Unidades	8.35	8.12	8.24	8.36	8.2	8.3	8.3	1.4
Temperatura	°C	22.4	24.5	25.8	25.5	23.5	25.65	24.6	6.3
Conductividad	uS/cm	300.0	312.2	296.2	295.0	306.1	295.6	300.9	2.6
Oxígeno disuelto	mg/L	8.72	8.65	8.35	8.81	8.7	8.58	8.6	2.3
DBO ₅	mg/L	2.7	1.44	1.72	1.28	2.1	1.5	1.8	35.7
STD	mg/L	145.9	229.03	112.8	98.6	187.5	105.7	146.6	39.9
Fosforo total	mg/L	0.33	1.63	0.98	1.30	1.0	1.14149	1.1	52.5
Nitrato	mg/L	0	0	0	0	0.0	0	0.0	0.0
Turbidez	NTU	9	5.82	5.04	5.02	7.4	5.03	6.2	30.4

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 33. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 1 (punto de muestreo 2) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Balneario 1				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
pH	Unidades	8.32	7.94	8.31	8.34	8.1	8.3	8.2	2.3
Temperatura	°C	23.8	24.8	25.9	25.6	24.3	25.8	25.0	3.8
Conductividad	uS/cm	284.6	294.6	312.5	329.5	289.6	321.0	305.3	6.5
Oxígeno disuelto	mg/L	8.45	8.97	8.72	8.4	8.7	8.6	8.6	3.1
DBO ₅	mg/L	2.8	1.96	1.72	1.11	2.4	1.4	1.9	36.9
STD	mg/L	142.3	263.78	108.1	74.1	203.0	91.1	147.1	56.2
Fosforo total	mg/L	0.33	1.30	0.65	0.65	0.8	0.7	0.7	55.9
Nitrato	mg/L	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turbidez	NTU	7.93	6.12	4.63	3.89	7.0	4.3	5.6	31.6

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 34. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 2 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Balneario 2				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo o 1	Muestreo o 2	Muestreo o 3	Muestreo o 4				
pH	Unidades	7.94	7.84	8.18	8.34	7.9	8.3	8.1	2.8
Temperatura	°C	23.6	24.5	25.8	25.3	24.1	25.6	24.8	3.9
Conductividad	uS/cm	295.5	298.1	308.8	321.2	296.8	315.0	305.9	3.8
Oxígeno disuelto	mg/L	8.22	9.30	8.49	8.38	8.8	8.4	8.6	5.6
DBO ₅	mg/L	2.70	1.51	1.59	1.33	2.1	1.5	1.8	34.9
STD	mg/L	148.4	284.58	107.4	81.4	216.5	94.4	155.4	58.2
Fosforo total	mg/L	0.33	1.30	1.30	1.63	0.8	1.5	1.1	49.5
Nitrato	mg/L	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turbidez	NTU	7.17	5.34	4.84	3.2	6.3	4.0	5.1	31.8

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 35. Valores de parámetros fisicoquímicos de Balneario 3 (punto de muestreo 4) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Balneario 3				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo o 1	Muestreo o 2	Muestreo o 3	Muestreo o 4				
pH	Unidades	8.08	8.16	8.12	8.28	8.1	8.2	8.2	1.1
Temperatura	°C	23.4	25.1	26.1	25.4	24.3	25.75	25.0	4.6
Conductividad	uS/cm	278.1	302.8	294.2	338.7	290.5	316.45	303.5	8.4
Oxígeno disuelto	mg/L	8.47	8.97	8.86	8.66	8.7	8.76	8.7	2.5
DBO ₅	mg/L	2.55	1.5	2.1	1.36	2.0	1.73	1.9	29.4
STD	mg/L	138.2	277.72	109.2	104.2	208.0	106.7	157.3	51.9
Fosforo total	mg/L	0.65	0.98	0.65	1.30	0.8	0.97842	0.9	34.8
Nitrato	mg/L	0	0	0	0	0.0	0	0.0	0.0
Turbidez	NTU	8.55	5.67	5.14	4.24	7.1	4.69	5.9	31.6

Fuente: Elaboración propia (2022)

Anexo F. Análisis parámetros microbiológicos

Tabla 36. Valores de parámetros microbiológicos de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Puntos de muestreo				Promedio	Coeficiente de variación (%)	ECAs
		Colina alta	Balneario 1	Balneario 2	Balneario 3			
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0	0	0.75	2.75	0.88	148.5	50
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0.0	200

<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	Ausencia
-------------------------	------------	---	---	---	---	---	---	-----	----------

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 37. Valores de parámetros microbiológicos colina alta (punto de muestreo 1) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros Microbiológicos	Unidad de medida	Colina alta				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 38. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 1 (punto de muestreo 2) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros microbiológicos	Unidad de medida	Balneario 1				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 39. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 2 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande

Parámetros microbiológicos	Unidad de medida	Balneario 2				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	0	0	0	3	0	1.5	0.8	200.0
Coliformes termotolerante	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 40. Valores de parámetros microbiológicos Balneario 3 (punto de muestreo 3) de los 4 muestreos del Río Supte Grande.

Parámetros microbiológicos	Unidad de medida	Balneario 3				Promedio Avenida	Promedio Estiaje	Promedio	Coeficiente de variación (%)
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3	4	0	4	3.5	2	2.8	68.8
Coliformes termotolerante	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 42. Interpretación de la calificación ICA-PE

ICA-PE	Calificación	Interpretación
90- 100	EXCELENTE	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75- 89	BUENO	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45- 74	REGULAR	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. muchos de los usos necesitan tratamiento.
30- 44	MALO	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento
0- 29	PÉSIMO	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: ANA (2018)

Anexo G. Panel fotográfico



Figura 23. Muestreo de agua en avenida en punto 1 (colina alta)



Figura 24. Muestreo de agua en avenida punto numero 3 (balneario 2)



Figura 25. Muestreo de agua en avenida punto numero 4 (balneario 3)



Figura 26. Toma de datos en campo con equipo medidor de conductividad eléctrica, temperatura y PH



Figura 27. Toma de datos de pH y turbidez en la empresa Seda Huánuco SA.



Figura 28. Análisis microbiológico, preparación de caldo peptonado



Figura 29. Colocación de diluciones en caldo



Figura 30. Colocación de diluciones en caldo lactosa bilis verde brillante (brila) muestreo 1



Figura 31. Colocación de diluciones en caldo lactosa bilis verde brillante (brila) muestreo 2



Figura 32. Evaluación de microorganismo coliforme totales, caldo lactosa bilis verde brillante (brila).



Figura 33. Evaluación de coliforme termotolerantes (*Escherichia coli*)



Figura 34. Toma de valores de TDS con multiparámetro HI 2550



Figura 35. Kit de fosfato HI3833HANNA y kit de nitrato HI3874HANNA

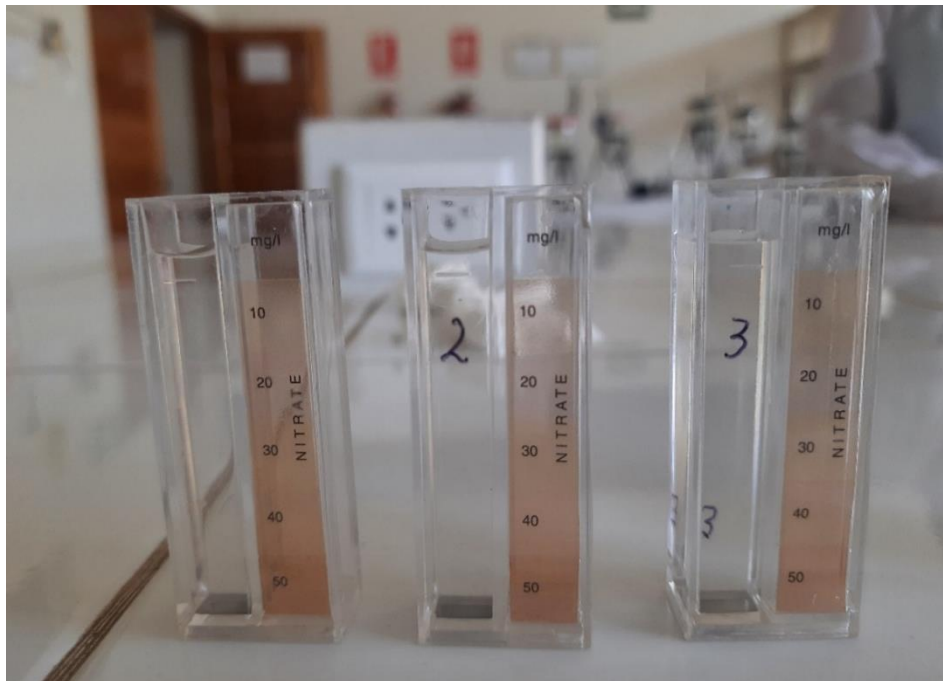


Figura 36. Análisis de nitrato en cubetas de cristal



Figura 37. Análisis de fosfato en cubetas de cristal



Figura 38. Muestreo de agua en estiaje de punto numero 1 (colina alta)



Figura 39. Muestreo de agua en estiaje de punto numero 2 (balneario 1)



Figura 40. Recolección de datos para determinación de caudal



Figura 41. Variedad de residuos de agroquímicos usados en cultivos.



Figura 42. Residuos colocados al borde de la carretera cerca al río.



Figura 43. Residuos en el acceso al balneario numero 2