

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SUPTE EN UN TRAMO DE INFLUENCIA DEL
SECTOR SUPTE SAN JORGE EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO - 2021

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

JULIO CESAR RAYMUNDO AGUI

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°016-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de febrero de 2023, a horas 7:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SUPTE EN UN TRAMO DE INFLUENCIA DEL SECTOR SUPTE SAN JORGE EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO-2021”

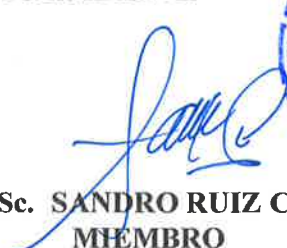
Presentado por el Bachiller: **RAYMUNDO AGUI, Julio Cesar**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENO**”

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 13 de marzo de 2023


Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO


Ing. M.Sc. SANDRO RUIZ CASTRE
MIEMBRO


Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 058 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital 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).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SUPTTE EN UN TRAMO DE INFLUENCIA DEL SECTOR SUPTTE SAN JORGE EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO - 2021	JULIO CESAR RAYMUNDO AGUI	21% Veintiuno

Tingo María, 23 de marzo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SUPTE EN UN TRAMO DE INFLUENCIA DEL SECTOR SUPTE SAN JORGE EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO-2021.

Autor : Raymundo Agui Julio Cesar

Asesor : Dr. Manrique De Lara Suarez, Lucio.

Programa de investigación : Ciencias básicas

Línea de investigación : Calidad del Agua

Eje temático : Análisis de la calidad del agua

Lugar de ejecución : Rio Supte-sector supte san Jorge

Duración : 6 meses

Financiamiento : s/. 6 309.00

FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del autor, Raymundo Agui Julio Cesar.

Tingo María – Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la sabiduría,
la familia y los amigos, por el apoyo
incondicional en el transcurso de mi vida,
dándome fuerzas para continuar mis metas
trazadas sin desfallecer.

A mis padres con mucho amor, Zacarias
Raymundo y Dina Agui, por ser mi motor y
mayor inspiración, porque a través de su amor,
paciencia y apoyo me han permitido concluir
con éxito cada etapa de mi vida.

A mis hermanos(as) Paolina
Raymundo, Rolén Raymundo, Juan Carlos
Raymundo, Favio David Raymundo, por ser
ejemplo de perseverancia y lucha ante las
adversidades y por su comprensión, apoyo
moral y espiritual.

AGRADECIMIENTOS

- A La Universidad Nacional Agraria de La Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por darme la oportunidad de ser profesional, brindarme su acogedor calor en cada una de sus instalaciones durante toda mi formación profesional.
- A los miembros de jurado: Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo presidente; Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo; Ing. MSc. Sandro Jr. Ruíz Castre, por tomarse su tiempo en la revisión del informe de tesis.
- A mi asesor Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez, por toda la experiencia y conocimientos compartidos.
- Al Ing. Richard Sias Rodríguez, por su amistad y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A mis amigos (as) Richard Loayza, Nélida Espinoza, Alexander Pérez, John Carlos, Julio Gómez, James del Castillo y demás colegas por su apoyo, compañía y amistad.
- Gracias a todas las personas que aportaron directa e indirectamente en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos de investigación.....	2
1.1.1. Objetivos específicos.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	5
2.2.1. Calidad de agua	5
2.2.1.1. Calidad de agua en el Perú.....	6
2.2.1.2. La contaminación de los ríos	7
2.2.2. Marco legal para la evaluación de la calidad del agua	7
2.2.3. Índice de calidad de agua.....	9
2.2.4. El ICA de la fundación nacional de saneamiento (NSF).....	10
2.2.5. Curvas de función.....	10
2.2.6. Formulaciones y cálculo del ICA (NSF)	15
2.2.7. Parámetros fisicoquímicos del agua	18
2.2.7.1. pH	18
2.2.7.2. Nitrato	19
2.2.7.3. Fosfato total.....	20
2.2.7.4. Turbidez	20
2.2.7.5. Oxígeno disuelto	21

2.2.7.6.	Demanda bioquímica de oxígeno	22
2.2.7.7.	Sólidos totales disueltos.....	22
2.2.7.8.	Temperatura	23
2.2.8.	Parámetros microbiológicos del agua.....	23
2.2.8.1.	Coliformes fecales	23
2.2.9.	Monitoreo de la calidad del agua	24
2.2.9.1.	Red de puntos de monitoreo.....	24
2.2.9.2.	Puntos de monitoreo	24
2.2.9.3.	Muestra	24
2.2.9.3.1.	Muestra simple o puntual.....	24
2.2.9.3.2.	Muestra compuesta.....	25
2.2.9.3.3.	Muestra integrada.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Lugar de ejecución	26
3.1.1.	Descripción de la zona de estudio	26
3.1.2.	Características climáticas.....	27
3.1.3.	Ecología	28
3.1.4.	Geología.....	28
3.1.5.	Fisiografía	28
3.1.6.	Hidrografía.....	28
3.1.7.	Accesibilidad.....	28
3.2.	Materiales y equipos.....	28
3.2.1.	Materiales.....	28
3.2.2.	Equipos	29
3.3.	Componentes de la investigación.....	29

3.3.1. Tipo de la investigación.....	29
3.3.2. Nivel de investigación	29
3.3.3. Diseño de la investigación	29
3.3.4. Población	30
3.3.5. Muestra	30
3.4. Variables en estudio	30
3.4.1. Variable independiente	30
3.4.2. Variable dependiente	30
3.5. Metodología	30
3.5.1. Analizar los índices fisicoquímicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge.....	30
3.5.2. Analizar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge	34
3.5.3. Comparar la calidad del agua a través de los ICA-NFS en los distintos puntos de control, durante el periodo de evaluación del tramo de influencia del sector Supte San Jorge	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. Determinar los indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge.....	37
4.2. Determinar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte Sam Jorge	54
4.3. Comparar la calidad del agua a través del ICA-NSF en los distintos puntos de control, durante el periodo de evaluación del tramo de influencia del sector Supte San Jorge.....	57

V. CONCLUSIONES.....	71
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	72
VII. REFERENCIAS	73
ANEXO	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA).	16
Tabla 2. Parámetros evaluados del índice NSF	18
Tabla 3. Ejemplo de cálculo del índice NSF	19
Tabla 4. Localización de los puntos de muestreo según sus coordenadas en UTM	19
Tabla 5. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del río supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022	19
Tabla 6. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del río supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022.....	20
Tabla 7. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del río supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022	20
Tabla 8. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del río supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022	21
Tabla 9. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del río supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022.....	21
Tabla 10. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del río supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022	22
Tabla 11. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del río supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022.....	35

Tabla 12. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del río supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022	35
Tabla 13. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del río supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022	35
Tabla 14. Valores estadísticos para el ICA-NSF para el periodo Agosto-octubre del 2022	36
Tabla 15. Prueba de T de student para el ICA-NSF para el periodo Agosto-octubre en los tres puntos de muestreo	36
Tabla 16. Parámetros físicos, químicos y microbiológico del Río supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de agosto	36
Tabla 17. Parámetros físicos, químicos y microbiológico de Río supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de septiembre	36
Tabla 18. Parámetros físicos, químicos y microbiológico de Río supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de octubre	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	pagina
Figura 1. Función de la calidad NFS, Demanda Bioquímica de Oxígeno	31
Figura 2. Función de la calidad NFS, Porcentaje de saturación de oxígeno Disuelto	44
Figura 3. Función de la calidad NFS, Coliformes Fecales	44
Figura 4. Función de la calidad NFS, Nitratos	45
Figura 5. Función de la calidad NFS, Potencial de Hidrogeno(pH).	46
Figura 6. Función de la calidad NFS, Temperatura °C.	46
Figura 7. Función de la calidad NFS, Solidos Disueltos.....	47
Figura 8. Función de la calidad NFS, Fosfatos.....	48
Figura 9. Función de la calidad NFS, Turbidez.....	48
Figura 10. Escala de clasificación del ICA-NSF	49
Figura 11. Coordenadas UTM de la primera estación (parte alta del Rio supte)..	50
Figura 12. Medición con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte..	50
Figura 13. Medición del pH y la Temperatura con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte	51
Figura 14. Medición de Solidos Totales D. con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte en el mes de agosto.....	52
Figura 15. Medición del Oxígeno Disuelto con el Oxímetro HANNA-419146. .	52
Figura 16. Resultado del Oxímetro HANNA-419146, para la tercera muestra, de la parte alta del Rio supte (Estación de control 1.	53
Figura 17. Conservación de las muestras, para la evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	54
Figura 18. Muestras de agua del Rio supte de las 3 estaciones de control, para su próxima evaluación microbiológica.	54
Figura 19. Preparación de los caldos E.coli y Coliforme en los tubos de ensayo.	55

figura 20. Observación del resultado de la prueba de E.coli en las 3 estaciones de control del mes de agosto del Rio supte	56
Figura 21. Preparación de las muestras para ser evaluadas en el turbidímetro HACH-TL2300	56
Figura 22. Resultado de la turbidez de la submuestra en la parte alta del Rio supte, mediante el turbidímetro HACH-TL2300.	57
Figura 23. Aplicación del decreto supremo N° 004-2017-MINAM.....	58

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivos determinar la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge en Rupa Rupa, de la provincia de Leoncio Prado, los indicadores de calidad del agua fueron (Temperatura, Turbidez, pH, Oxígeno Disuelto, DBO5, Nitratos, Fosfatos, STD y Coliformes termotolerantes - *Escherichia coli*), en 03 puntos de muestreo (parte alta, media y baja) de la fuente de agua del Río Supte, evaluados en época de estiaje (agosto y septiembre) y época de avenida (octubre). Se evaluó los parámetros del Río Supte, con los estándares de calidad ambiental (ECAs) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Donde se pudo determinar que para el mes de agosto, setiembre según la clasificación del ICA-NSF la calidad del agua es “Buena” en los tres puntos de muestreo, mientras que, en el mes de octubre, en el punto de muestreo 1 y 2 según ICA-NSF la calidad del agua es “Buena” y en el punto de muestreo 3 la calidad resultó “Media o Regular”, el índice microbiológico del Río Supte, *E. coli* o coliformes fecales en el mes de octubre en los 3 puntos de muestreo cumplen con los parámetros establecidos para ser agua potabilizado con simple desinfección. Se realizó la comparación de los parámetros evaluados del Río supte, con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, identificando que, parámetros como Nitratos superan lo establecido en el estándar de calidad en los 3 puntos de monitoreo. Oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno superan lo establecido por el ECA en el tercer punto de muestreo. El cálculo del índice ICA-NSF mostro que el agua del Río Supte puede ser considerada íntegramente Buena para los meses de agosto y septiembre, según el ECA identificándose como de categoría A1 por lo que puede ser aprovechado con simple desinfección para el consumo de la población. En el tercer punto de muestreo (parte baja del Río supte) el índice ICA-NSF fue Regular, mostrando una leve tendencia a la disminución en el mes de octubre, clasificado según el ECA como de categoría A3,

Palabra claves: Calidad del agua, Estándares de calidad de agua, índices, fuentes de agua, época de estiaje y época de avenida.

ABSTRACT

The research aimed to determine water quality of the Supte River was determined in a section of influence of the Supte San Jorge sector in Rupa Rupa, in the province of Leoncio Prado, the water quality indicators were (Temperature, Turbidity, pH, Dissolved Oxygen, BOD5, Nitrates, Phosphates, STD and Thermotolerant Coliforms - *Escherichia coli*), in 03 sampling points (upper, middle and lower part) of the Supte River water source, evaluated in the dry season (August and September) and flood season (October). The parameters of the Supte River were evaluated, with the environmental quality standards (ECAs) established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. Where it was possible to determine that for the month of August, September according to the ICA-NSF classification, the water quality is "Good" in the three sampling points, while, in the month of October, in the sampling point 1 and 2 according to ICA-NSF the quality of the water is "Good" and at sampling point 3 the quality was "Medium or Regular", the microbiological index of the Rio Supte, *E. coli* or fecal coliforms in the month of October in the 3 Sampling points comply with the established parameters for drinking water with simple disinfection. The comparison of the evaluated parameters of the Rio supte was made, with the environmental quality standards (ECA) established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM, identifying that parameters such as Nitrates exceed what is established in the quality standard in the 3 monitoring points. Dissolved oxygen and the biochemical oxygen demand exceed the ECA established in the third sampling point. The calculation of the ICA-NSF index showed that the water of the Supte River can be considered entirely Good for the months of August and September, according to the ECA, identifying itself as category A1, so it can be used with simple disinfection for consumption by the population. . In the third sampling point (lower part of the Rio supte) the ICA-NSF index was Regular, showing a slight downward trend in the month of October, classified according to the ECA as category A3,

Keywords: Water quality, Water quality standards, indices, water sources, dry season, and flood season.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, uno de los principales impactos se manifiesta en la escasez del agua. Esto sumado al problema de la calidad del agua que enfrenta nuestro país, hace que el Estado se plantee una serie de retos; al ser este recurso un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural indispensable en la configuración de los ecosistemas. De no tomarse decisiones claves al respecto, seguiremos con serias amenazas en la salud pública, la seguridad alimentaria, la pérdida de ecosistemas y la sostenibilidad del desarrollo económico (Aquino, 2017).

El agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante, considerando su desigual distribución espacial. Sin embargo, su calidad es crítica en algunas regiones hidrográficas. Las principales causas de esta deficiente calidad del agua son el insuficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, el vertimiento de aguas residuales no tratadas, el manejo inadecuado de los residuos sólidos, los pasivos ambientales (mineros, hidrocarburíferos, agrícolas y poblacionales) y características naturales.

La evaluación de la calidad del agua basada en el monitoreo espacial y temporal es fundamental para el estudio de la demanda y suministro del agua con múltiples usos, a su vez, constituye un elemento primario de los planes de manejo sostenible a nivel de cuenca hidrográfica, regularmente es estudiada a través de la cuantificación de características físico, químicas y biológicas.

Actualmente, el índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos Americanos (ICA-NFS), es uno de los más ampliamente utilizados a nivel mundial (Coello et al. 2013; Javid, 2014; Morales et al., 2014). El ICA-NSF es un índice público ya que ignora tanto el tipo de uso que se le dará al agua, como el o los métodos utilizados para determinar las características fisicoquímicas y biológicas. Presenta una cualificación general del estado del agua y resulta un instrumento que permite identificar el deterioro o mejora de la calidad en un cuerpo de agua y utiliza nueve características, como variables de respuesta, que son: potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, turbiedad, coliformes fecales (de forma cuantitativa), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fósforo total, nitratos y sólidos suspendidos totales (Oram, 2015)

En este contexto, la investigación se justifica en la necesidad de generar información sobre la calidad del agua, a través de los ICA-NFS, que favorecen o limitan el aprovechamiento de este recurso, por ello, la investigación plantea como interrogante “¿Cuál será la calidad del agua del Rio Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge en

Rupa Rupa, Leoncio Prado-2021?”, y la respuesta hipotética a la interrogante “La calidad del agua del Río Supte es de muy mala calidad por estar contaminada por la población, según el ICA-NFC, en el tramo de influencia del sector Supte San Jorge en Rupa Rupa- Leoncio Prado”. Los resultados contribuirán a la generación de conocimientos y permitirán a los pobladores y a las instituciones públicas y privadas tomar decisiones en el aprovechamiento del agua que favorezcan la sostenibilidad de los proyectos sobre este recurso natural. Para demostrar la hipótesis planteada la investigación trabajara con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos de investigación

1.1.1. Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua del rio supte en un tramo de influencia del sector supte san Jorge en Rupa Rupa, Leoncio Prado-2021

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua del Rio Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge.
- Analizar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua del Rio Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge.
- Comparar la calidad del agua a través de los ICA-NFS en los distintos puntos control, durante el periodo de evaluación del tramo de influencia del sector Supte San Jorge.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Mancera (2017), realizó la investigación: Obtención de un índice de calidad de agua (ICA) para las ciénegas que forman parte de la zona inundable del río Magdalena en el Departamento del Atlántico-Colombia, a través del método Delphi, en la Universidad Internacional de Andalucía, determinando los valores de calidad de cada variable aportados por los expertos los que fueron ingresados y procesados a través del programa CURVE EXPERT V1.4, obteniéndose de él las curvas y ecuaciones de cada variable. La principal conclusión es que el índice de calidad de aguas ICA es un indicador que permite evaluar adecuadamente el estado de calidad general de las aguas de las ciénegas que forman parte de la zona inundable del río Magdalena, Este estudio resulta trascendental para el procedimiento de la aplicación del índice ICA.

Torres (2016), elaboró la investigación: Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico, en la Universidad de Puerto Rico, pretendiendo clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua. El ICA desarrollado considera once indicadores, los cuales fueron determinados mediante un grupo de expertos en calidad del agua. Este examen reveló la variación de la calidad del agua a través del tiempo permitiendo inferir sobre las tendencias deterioro o recuperación del río en donde están localizadas estas estaciones. Se concluyó que ambas estaciones poseen un ICA en estado alerta. Este trabajo es importante para la aplicación del índice ICA.

Martínez y Barrero (2018), efectuaron la investigación: Evaluación de las condiciones de calidad del agua, para la formulación de estrategias de aprovechamiento y conservación de la microcuenca quebrada La Argentina, Villavicencio-Meta, en la Universidad Santo Tomás, con el objetivo de evaluar las condiciones de calidad del agua, identificando el uso actual del suelo dentro del área de estudio. El tratamiento e interpretación de los datos físicos, químicos y microbiológicos se llevó a cabo mediante el uso del índice ICA. Los resultados demostraron que las condiciones de calidad del agua de la microcuenca en temporada húmeda, para cuenca alta y baja son aceptables. Como conclusión relevante se estableció que los índices de calidad del agua y de contaminación presentaron una opción viable. Este trabajo es importante ya que nos permite definir algunas acciones estratégicas para la conservación del agua.

Cajas (2019), realizó la investigación: Determinación del índice de calidad del agua del manantial del Centro Poblado de Cochatama, 2019, en la Universidad de Huánuco, permitiendo ampliar los conocimientos teóricos y prácticos sobre los estándares de calidad (ECA) para el agua de acuerdo con los parámetros microbiológicos, físicos y químicos para tomar decisiones respecto al mejoramiento del agua. Los resultados de la investigación permitieron determinar los parámetros en los 4 puntos de análisis, donde se concluye que el punto 1 está dentro de los límites máximos permisibles según el DS 004-2017 MINAM en la subcategoría A1 que corresponde a aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. El estudio nos servirá para el cumplimiento de nuestro objetivo respecto a la comparación de índices ICA y ECA.

Moreno (2015), elaboró la investigación: Índice de calidad del agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural-Centro Poblado de Paria Willcahuain-Independencia, en la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo, determinando el índice de calidad (ICA) con el fin de disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad producidas por enfermedades de transmisión hídrica. Las muestras seleccionadas fueron 35 grifos de los hogares y 4 captaciones; se realizó siguiendo las normas internacionales. Para cuantificar el índice de calidad del agua se aplicó los métodos: de Brown, Dinius, Landwer y Deninger. Los resultados superaron los estándares máximos permisibles. Se concluye que la calidad del agua del sistema de abastecimiento no es apta para el consumo humano requiriéndose tratamiento del tipo A-2. Este trabajo servirá para la determinación del índice ICA.

Silva (2018), realizó la investigación: Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes y propuesta de recuperación sector peruano- año 2011 al 2014, en la Universidad Nacional de Tumbes, evaluando la calidad del agua a partir de monitoreos participativos, ordenando la información de cada año hidrológico. Toda la data fue procesada utilizando la aplicación de índice ICA-PE, donde se obtuvo el indicador de calidad del agua por punto de monitoreo, los mapas de índice de calidad y una propuesta técnica de recuperación de la calidad del agua según el tipo de uso. Se concluyó que el río Tumbes está muy afectado en el periodo hidrológico evaluado, obteniendo como resultado que la calidad del agua es mala. El aporte de este estudio nos permitirá delinear algunas acciones para la formulación de nuestra propuesta de recuperación del recurso hídrico.

Pérez (2017) aplica el método ICA – NSF en el río Moquegua durante el periodo 2014 – 2015. Los resultados de las 4 estaciones muestreadas fueron calificados como calidad “media” a “baja”.

El 16 de julio 2019, a las 07:00 horas aproximadamente, se produjo el desborde del río Supte en el sector Sausal, cerca del puente Cora Cora, afectando a viviendas, animales y terrenos de cultivo en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado. (Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Luyando).

Concha (2016), realizó una práctica preprofesional sobre el Mejoramiento de la calidad de agua de los pobladores en la localidad de Casacán de la Provincia de Ambo, para ello determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, instaló un sistema de cloración de tipo convencional, realizó el monitoreo de cloro residual en el sistema de abastecimiento y capacitó a la Junta Administradora de Servicio de Saneamiento, concluyendo que según el análisis de agua realizada, esta no es apto para consumo humano, sin embargo, la instalación del sistema de cloración y el uso del hipoclorito de calcio como desinfectante reduce el riesgo de enfermedades producidos por los microorganismos presentes en el agua.

Alarcón & Ñique (2016) realizaron una investigación en el humedal laguna Los Milagros (departamento de Huánuco – Perú), se aplicó el ICA – NSF, mediante el promedio de cuatro estaciones de muestreo en el área de estudio, con un valor de 62, calificado como calidad “media”.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Calidad de agua

La calidad del agua se define como la condición en la que se encuentra un cuerpo de agua disponible para un propósito en particular (Flores, 2017).

La disponibilidad de recursos hídricos está intrínsecamente ligada a la calidad del agua, ya que la contaminación de las fuentes de agua puede excluir diferentes usos. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria

El aumento en los vertidos de aguas residuales sin tratar, junto con la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales industriales con tratamiento inadecuado, han llevado al deterioro de la calidad del agua en el mundo. (UNESCO, 2017).

El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo con el sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo con características físicas, químicas y biológicas del agua. Siendo estas últimas las que determinan la calidad de esta y hacen que ésta sea apropiada para un uso determinado.

2.2.1.1. Calidad de agua en el Perú

La calidad del agua en el Perú es crítica en algunas regiones, a pesar de la abundante agua superficial disponible en el país. Este deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas más graves que sufre el país, pues constituye un impedimento para lograr un uso eficiente del recurso. Las causas principales de esta deficiente calidad del agua son la falta de tratamiento de las aguas servidas, la contaminación industrial, el uso indiscriminado de agroquímicos y el deterioro de las cuencas hidrográficas. La contaminación industrial más significativa proviene de la minería informal y del sector de hidrocarburos, Autoridad Nacional del Agua. (ANA, 2013).

La presencia de diversas formas de energía, elementos, compuestos orgánicos o inorgánicos, disueltos, dispersos o en suspensión alcanzan una concentración, la cual limita cualquier tipo de uso (consumo humano, agrícola, pecuario, industrial, recreativo, estético, conservación de fauna y flora acuática, etc.) por ello una elevada concentración se puede considerar como “contaminación” de un cuerpo de agua.

Según Ercilio, Rodríguez y Cabel (2017), “la calidad de las aguas en el Perú puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación”. Para los autores, la prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas constituye uno de los objetivos que deben plantearse en cualquier política avanzada de gestión de recursos hídricos.

En ese sentido, la Autoridad Nacional del Agua – ANA, de acuerdo con la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos, es el ente rector y máxima autoridad técnico -normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, y a su vez es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. La Autoridad Nacional del Agua realiza la

vigilancia y monitoreo del estado de la calidad de los recursos hídricos, lo que realiza en cada unidad hidrográfica o cuenca. Para establecer los puntos de monitoreo en una cuenca, se realiza la identificación de las fuentes contaminantes y se programa el monitoreo, la ruta y los implementos de muestreo. Se utilizan los servicios de un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad, INACAL, con la norma ISO 1725, el cual realiza el análisis de las muestras que se recolectan siguiendo un protocolo establecido.

2.2.1.2. La contaminación de los ríos

Bartholomew (2018), define la contaminación como “la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con su función ecológica”. En el Perú la influencia negativa de determinadas acciones antrópicas ha provocado que el estado natural de las aguas se haya deteriorado gravemente. En tal sentido, las normas relativas a la calidad de las aguas, descritas anteriormente, están destinadas a la producción de agua potable y sobre la frecuencia de los muestreos y los análisis a realizar (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), trata sobre la calidad que deben tener las aguas superficiales para que puedan utilizarse en la producción de agua potable tras recibir el tratamiento apropiado.

2.2.2. Marco legal para la evaluación de la calidad del agua

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) D.S N° 004-2017-MINAN establece el nivel de concentración de elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representen riesgos para la salud de las personas ni para el ambiente (EL PERUANO, 2017).

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental clasifican los cuerpos de agua del país respecto a sus usos, ya sean terrestres o marítimos. Para evaluar la calidad de las aguas de la quebrada situado en la localidad, se tomará como referencia la clasificación según la categoría 1: A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) y A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado). La Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 menciona que la protección de los recursos hídricos estuvo regulada anteriormente en el Perú por la Ley General de Aguas (Decreto Legislativo N° 17752 y sus modificaciones), desde el 31

de Marzo del 2009 entro en vigencia la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, que tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a ésta, promoviendo la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencias y sostenibilidad en la gestión por cuencas hidrográficas y acuíferos, para la conservación e incremento de la disponibilidad del agua, así como para asegurar la protección de su calidad. Posteriormente se publicó la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA promulgada por la Autoridad Nacional de Agua con vigencia hasta el 31 de marzo del 2010, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAN, en su artículo 8,1 establece que a partir del 1 de abril del 2010, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, son referente obligatorio para el otorgamiento de la Autorizaciones de Vertimiento; y en su artículo 3,1 indica que la Autoridad Nacional de Agua, a efecto de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto a su calidad, deberá utilizar las categoría establecidas en los ECA para agua vigentes, es por esto que la Dirección de Conservación y Parlamento de Recursos Hídricos propuso la clasificación de los cuerpos de agua tomando en cuenta el Decreto Supremo N° 202-2010-ANA (EL PERUANO, 2017).

Tabla 1. Valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Categoría 1: poblacional y recreacional				
Parámetro	Unidad	Aguas superficiales a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		Valor	Valor	Valor
Físico y químicos				
Oxígeno disuelto	mg/l	≥ 6	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad pH	6.5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
DBO	mg/l	3	5	10
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500
Turbiedad	UNT	5	100	**
Cambio de Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Fosfatos totales	mg/l	0.1	0.15	0.15
Nitratos	mg/l	50	50	50

Microbiológicos				
Coliformes Fecales (35-37 °C)	NMP/100 mL	20	2000	20000

Fuente: El Peruano (2017).

2.2.3. Índice de calidad de agua

Según Brown et al. (1970) desarrollaron, por primera vez, una metodología para crear un índice de calidad de agua debido a la necesidad de implantar un método uniforme que pudiera mediar la calidad del agua. Esta proporciona los efectos desfavorables de la contaminación al hombre y a la vida acuática. Además, como es característico de los índices, permite evaluar los cambios de la calidad del agua. Para evitar la subjetividad al momento de seleccionar los constituyentes, su escala de valores y el peso de cada parámetro, la metodología incorpora los métodos Delphi.

Los índices pueden ser usados para mejorar o aumentar la información de la calidad del agua y su difusión comunicativa, sin embargo, no pretenden reemplazar los medios de transición de la información existente. De acuerdo con OTT (1978), los posibles usos de los índices son seis.

- Manejo de los recursos, en este caso los índices pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- Clasificación de áreas, los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- Aplicación de normatividad, en situaciones específicas y de interés, es posible determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes
- Análisis de la tendencia, el análisis de los índices en un periodo de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- Información pública, en este sentido, los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.

- Investigación científica, tiene el propósito de simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

2.2.4. El ICA de la fundación nacional de saneamiento (NSF)

El índice de calidad del agua ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento, fue desarrollado por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi. Para Diaz (2019), “el INSF identifica nueve variables de mayor importancia: Oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO5, Nitratos, fosfatos, desviación de la temperatura, turbidez y sólidos totales”.

Para calcular el índice de calidad del agua se usa una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto ponderado. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente

2.2.5. Curvas de función

Los investigadores promediaron todas las curvas para producir, de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. Límites de confianza cercanos a la media representaba un contaminante variable, hecho que se verifica en los estudios, mientras que límites de confianza amplios representaba desacuerdos entre las respuestas. Por ejemplo. El Oxígeno Disuelto tuvo una banda estrecha y la turbidez una gráfica mucho más amplia, como es observada a continuación en las figuras correspondientes a cada variable. (figuras del 1 al 9) con su respectivo valor Q (valor de calidad), las cuales fueron tomadas y traducidas del URL: http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nfs.

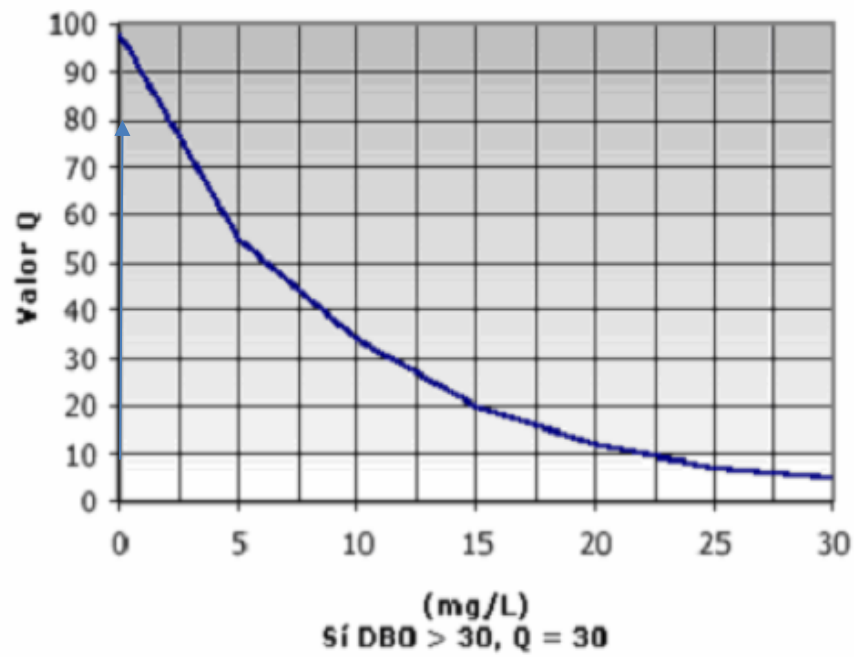


Figura 1. Función de la calidad NFS, Demanda Bioquímica de Oxígeno.

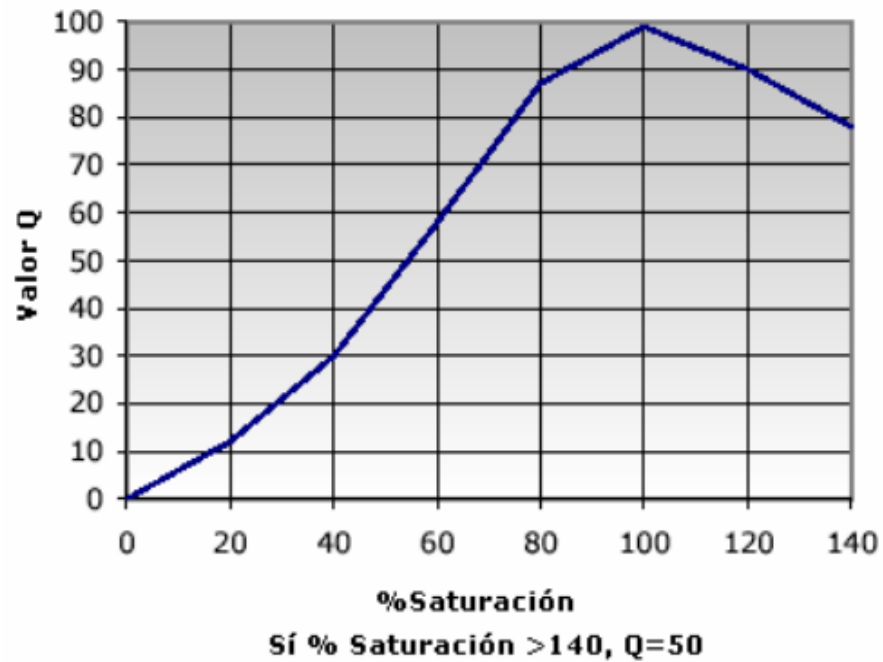


Figura 2. Función de la calidad NFS, Porcentaje de saturación de oxígeno Disuelto.

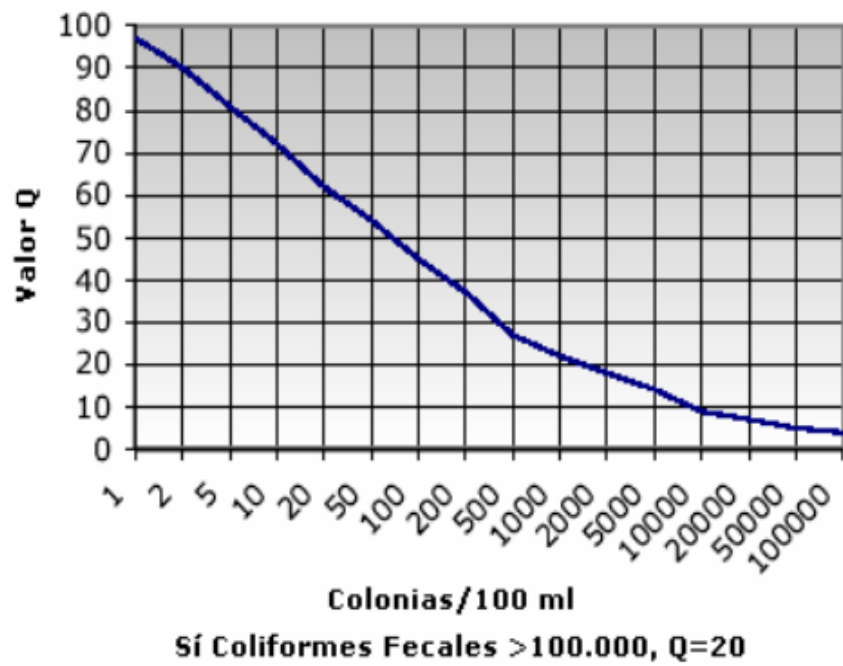


Figura 3. Función de la calidad NFS, Coliformes Fecales.

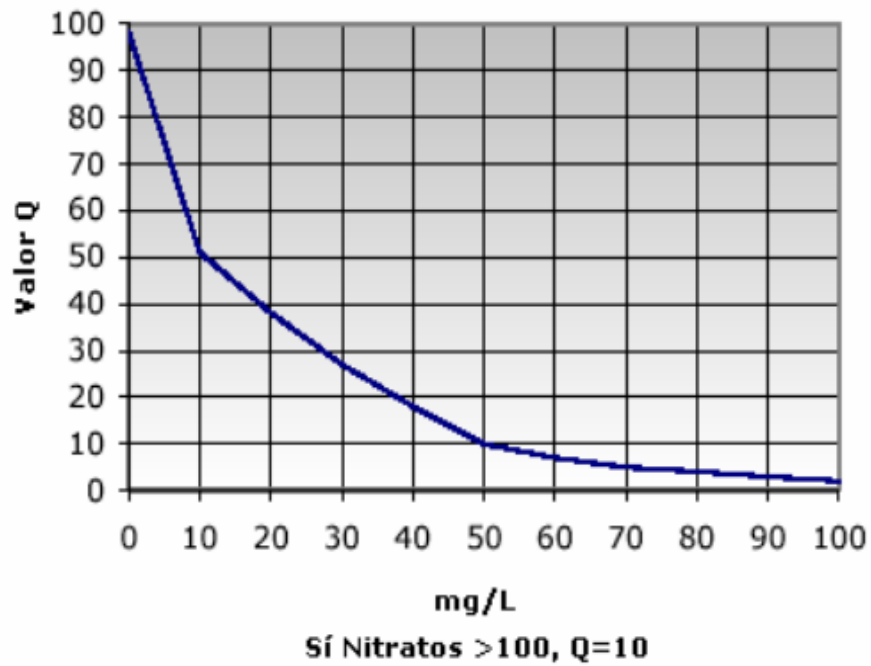


Figura 4. Función de la calidad NFS, Nitratos.

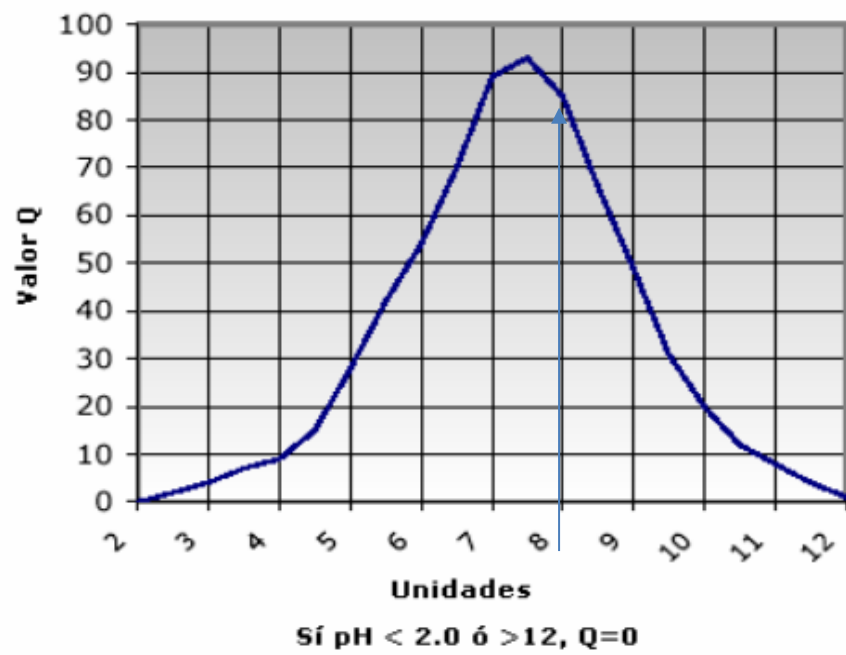


Figura 5. Función de la calidad NFS, Potencial de Hidrogeno(pH).

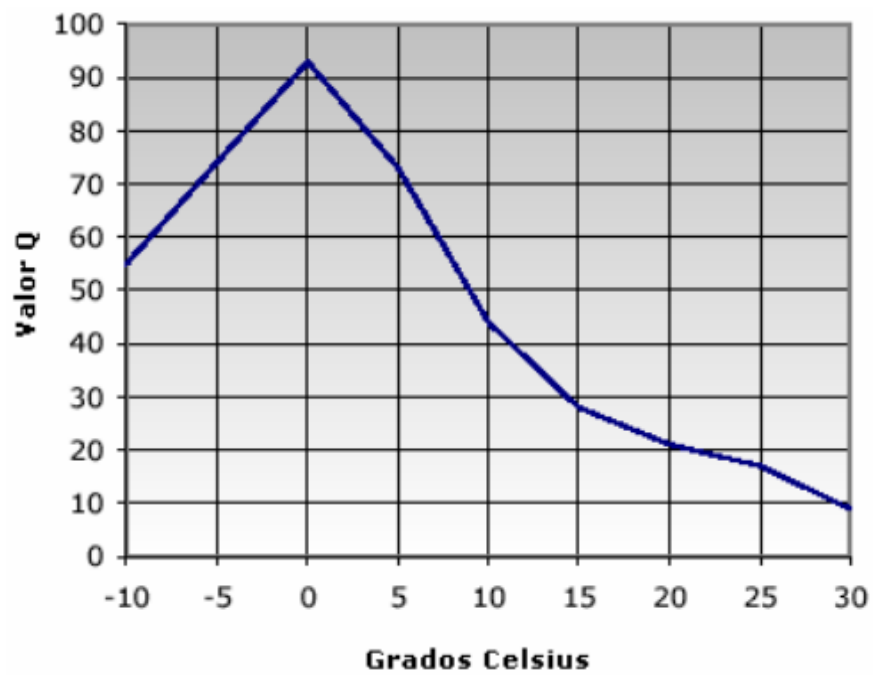


Figura 6. Función de la calidad NFS, Temperatura °C.

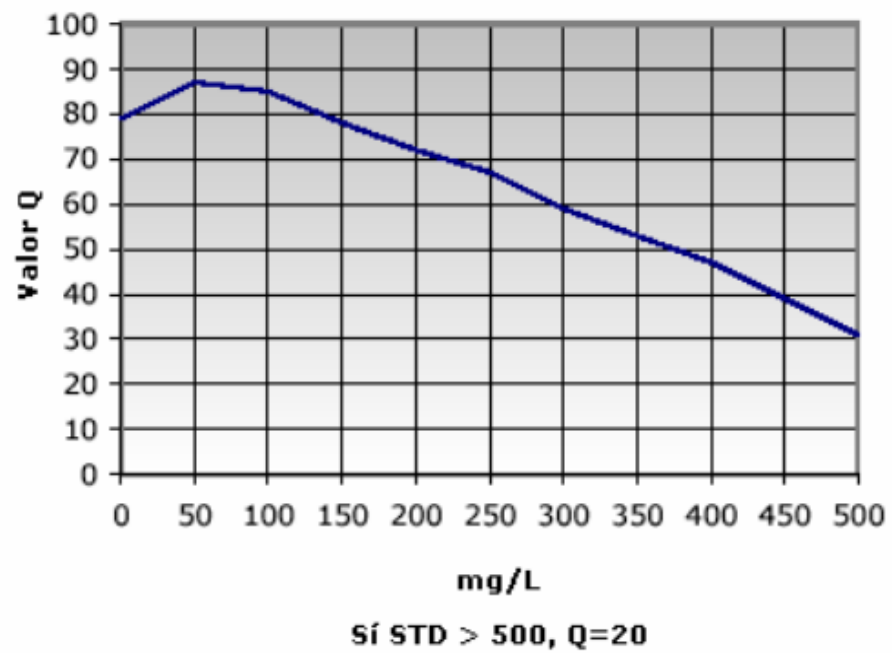


Figura 7. Función de la calidad NFS, Solidos Disueltos.

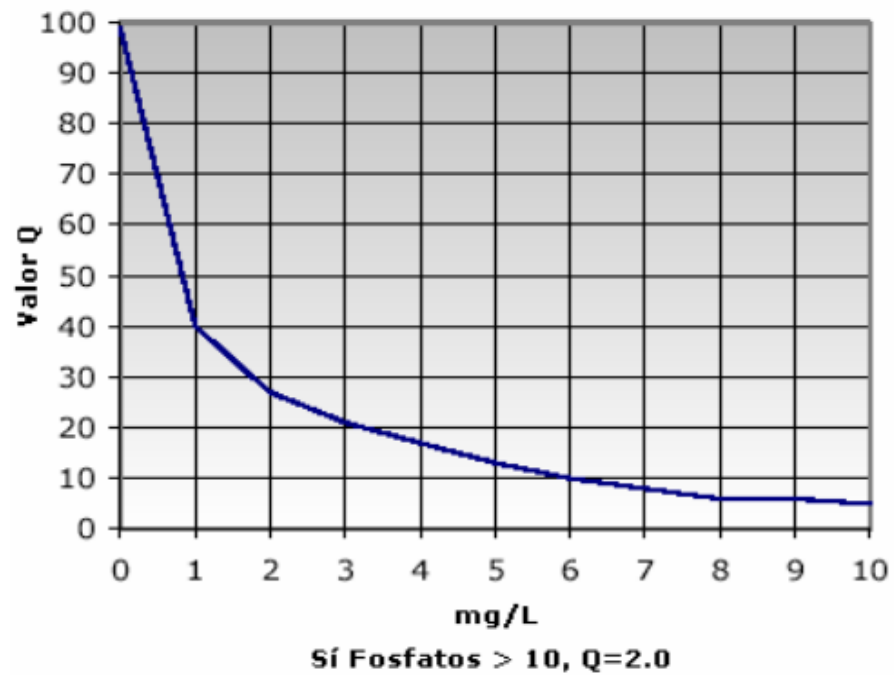


Figura 8. Función de la calidad NFS, Fosfatos.

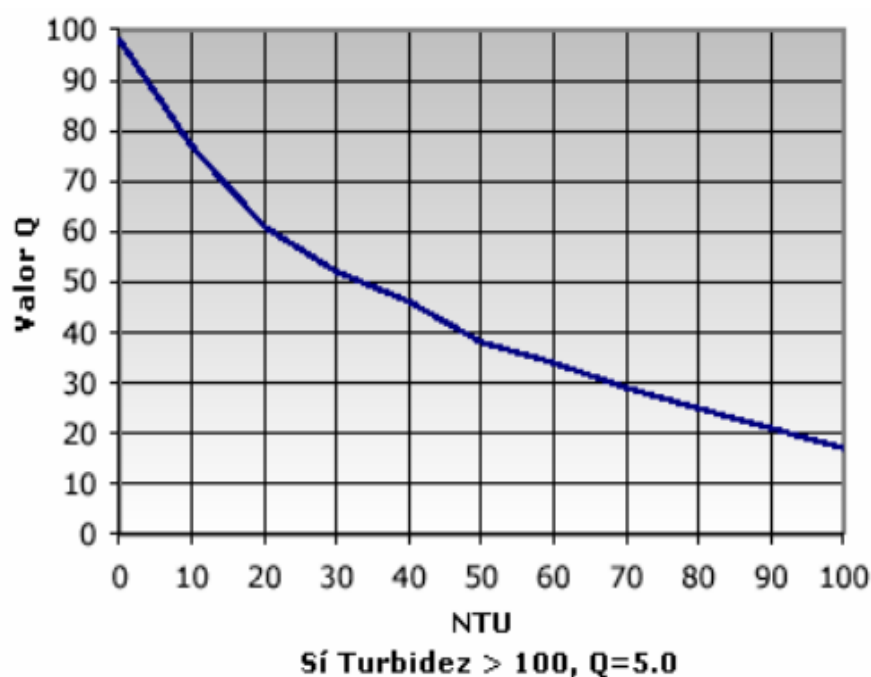


Figura 9. Función de la calidad NFS, Turbidez.

2.2.6. Formulaciones y cálculo del ICA (NSF)

El establecimiento de los valores para los subíndices fue una tarea crítica. Era importante que los pesos sumaran uno, con la atenuante de tener en cuenta las valoraciones dadas por los expertos. Para lograr esto, se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia, es decir, el oxígeno disuelto. Así, los pesos temporales eran divididos individualmente entre la suma de los pesos temporales, lo que produjo los pesos finales. Estos pesos fueron: oxígeno disuelto, 0.17; Coliformes fecales, 0.15; pH, 0.12; DBO5, 0.10; nitratos, 0.10; fosfatos, 0.10; desviación de temperatura, 0.10; turbiedad, 0.08; y sólidos totales, 0.08 (OTT, 1978).

Para calcular el índice de calidad del agua agregado, se usa una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto ponderado. El NSF usó una suma lineal ponderada. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente. Esto encaja con el concepto del público general de valoraciones. La primera ecuación del índice fue un promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Dónde: WQI: índice de Calidad de Agua

SI_i: Subíndice del Parámetro i

W_i: Factor de Ponderación para el Subíndice i

Tabla 2. Parámetros evaluados del índice NSF

Parámetros	Unidad	Peso NSF	Descripción
Temperatura	°C	0.1	Muestra la temperatura del agua al momento de tomar la muestra
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.17	Indica la cantidad de oxígeno disuelto en agua y puede ser un indicador inmediato de contaminación.
DBO	mg O ₂ /L	0.11	Es la demanda bioquímica de oxígeno para que los organismos degraden materia orgánica.
Sólidos disueltos totales	mg/L	0.07	Es la cantidad de materia que se encuentra disuelta en solución
Turbidez	UNT	0.08	Hace referencia a la cantidad de materia en suspensión y materia coloidal presente.
Fosfatos	mg PO ₄ /L	0.1	Indica la cantidad de fósforo presente
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	0.1	Indica la cantidad de nitrógeno en agua.
pH	unidades	0.11	En una escala de 1 a 14 indica el grado de acidez del agua

Coliformes fecales NMP/100mL 0.16 El número más probable hace referencia a la cantidad de coliformes presentes, en especial *Escherichia coli* (*E. coli*) indicador de desechos fecales

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente, la agregación del producto ponderado evita eclipsar el resultado, porque si un sub-índice es cero, entonces el índice es automáticamente cero (OTT, 1978).

Tabla 3. Ejemplo de cálculo del índice NSF

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	82	% sat	90	0.17	15.3
Coliformes fecales	12	#/100 ml	72	0.16	11.52
pH	7.67	Unidades	92	0.11	10.12
DBO	2	mg/l	80	0.11	8.8
Cambio de temperatura	5	°C	72	0.1	7.2
Fosfatos totales	0.5	mg/l	60	0.1	6
Nitratos	5	mg/l	67	0.1	6.7
Turbidez	5	NTU	85	0.08	6.8
Sólidos totales	150	mg/l	78	0.07	5.46
Sumatoria índice					77.9

Fuente: Díaz (2019)

En correspondencia con el ejemplo anterior, si alguno de estas variables falta, el valor total del índice puede ser calculado por la distribución de su peso entre las demás variables y su posterior recálculo. Por ejemplo, si la DBO y la temperatura no pudieran ser registradas, sus pesos 0.11 y 0.10 suman 0.21, que será dividido entre 7 lo que dará: 0.03, que se suma a cada uno de los factores de ponderación y a continuación se procede como de costumbre, y se obtiene un índice de 78.4.

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango:

Excelente: 91 – 100
Buena: 71 – 90
Media: 51 – 70
Mala: 26 - 50
Muy mala: 0 – 25

Figura 10. Escala de clasificación del ICA-NSF

Fuente: Diaz (2019)

Este índice tiene la particularidad de ser ampliamente usado en estudios ambientales. Así según Escobar y Pérez (2016, p.51), “en los Estados Unidos en 1977, 12 de los 60 Estados y agencias interestatales lo usaron”. Inclusive se han utilizado gráficas tridimensionales para mostrar perfiles de calidad del agua. Asimismo, Aguirre, Vanegas y García (2016) manifiestan que: “El índice se coloca en el eje vertical y el tiempo y la distancia en los ejes horizontales, con el fin de detectar tendencias y observar el comportamiento de la contaminación” (p.62).

2.2.7. Parámetros fisicoquímicos del agua

Según Orozco et al. (2005), citado por Samboni (2007), los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico.

2.2.7.1. pH

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico (Universidad Complutense Madrid, 2015).

El pH se puede ver afectado por la sedimentación atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas y el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada. Aguas

fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática. Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática (Barreto, 2010).

El desarrollo de algas en un curso de agua consume CO_2 y eleva el pH. Un pH por encima de 9 favorece el desarrollo de cianobacterias que no solo afectan la coloración del agua, sino que también pueden generar toxinas como las microcistinas (hepatotoxinas), anatoxinas (neurotoxinas) y toxinas irritantes de piel y mucosas (López, 2016).

Los cambios en el pH pueden indicar el ingreso de fertilizantes, particularmente cuando se registran mediciones continuas junto con la conductividad del cuerpo de agua y; de procesos de eutrofización, si se asocian con los ciclos de fotosíntesis y respiración de las algas (Pérez y Rodríguez, 2008).

El descenso del pH en los meses cálidos puede deberse a un predominio de los procesos de descomposición, mientras que el aumento de la alcalinidad en la época más fría puede obedecer a un mayor aporte de carbonatos desde la cuenca cuando la escorrentía es mayor (Arocena, 1996).

2.2.7.2. Nitrato

El nitrato es un compuesto inorgánico combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico es NO_3^- . Normalmente, el nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2).

Con frecuencia la contaminación por nitratos procede, principalmente, de fuentes no puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian, mayormente, a actividades agrícolas y ganaderas, aunque en determinadas áreas, también pueden estar relacionadas a ciertas actividades industriales, especialmente las del sector agrícola (PREQB, 2004).

Su presencia debe ser controlada en el agua potable fundamentalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobina, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, si indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas (Mamani, 2012; PREQB, 2004). D.S. N° 002 – 2008 – MINAM: en la tabla de Aguas Superficiales para la producción de Agua Potable en la categoría A-1 y A-2 se establece un

valor similar de 10 y 1 mg/L para los Nitratos y Nitritos respectivamente; mientras que para el agua subterránea, entendiéndose que aún no se cuenta con estudios respectivos que sin embargo en estudios de otros países sugieren que estos parámetros suelen ser mayores se ha establecido en un valor similar, pero solo para una exposición corta, siendo estos valores para las sub categorías A-1 y A-2 de 10 y 1 mg/L para el Nitrato y Nitrito respectivamente (Mamani, 2012).

2.2.7.3. Fosfato total

El fosfato total es una medida de todas las formas de fosfatos existentes, ya sean disueltas o en partículas que incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fosforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se obtienen por análisis químico. Por otro lado, el fosforo es un nutriente requerido por todos los organismos generalmente fotosintéticos para sus procesos básicos de vida, contribuyendo a la eutrofización de lagos, ríos y pozos. Es un elemento natural que puede estar en rocas y en materia orgánica. Es utilizado extensivamente en fertilizantes y en otros químicos, por lo que puede ser hallado con concentraciones altas en áreas de actividad humana. Su exceso en el agua puede provocar eutrofización. Fosforo puede existir en el agua como fase particulada o como una fase disuelta.

El material particulado puede incluir el plancton vivo y muerto, precipitados de fosforo, fosforo absorbido a partículas y fosforo amorfo. La fase disuelta incluye fosforo inorgánico y fosforo orgánico. Fosforo en las aguas naturales normalmente se encuentra en forma de fosfato (PO_4^{3-}). El estándar de calidad de agua para el fosforo total, según la JCA, es de 1mg/L conforme establecido por la clasificación SD (PREQB, 2004).

2.2.7.4. Turbidez

Puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones, la estética, la filtrabilidad y la desinfección. El límite máximo recomendado por la OMS para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), el cual tiene un alto índice de dispersión sobre todo en algunos de los países Centro y Sur Americanos. Por encima del límite recomendado por las guías de la OMS se encuentran 10 % de los países, conformado por Guatemala con 15 UNT y Republica Dominicana con 10 UNT. Por 18 debajo del límite de la

OMS se encuentra el 15 % conformado por Argentina con 3 UNT y Brasil y Panamá con 1 UNT. Finalmente, y acogiendo la recomendación de las guías de la OMS se encuentra el 75%, demostrando gran acogida de las respectivas normas nacionales, en la apariencia del agua que las diferentes legislaciones buscan proporcionar a los consumidores.

Para evaluar la calidad de agua se debe tomar en cuenta la turbidez, la misma es una característica física que causa la interrupción de la luz por las partículas presentes, normalmente materia suspendida o impurezas que interfieran con la claridad del agua (EPA, 1999). Las aguas negras y las escorrentías son conocidas como fuentes típicas de turbidez. Se establece como valor recomendado para turbidez 1 UNT y para valor máximo admisible 5 UNT.

2.2.7.5. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es la cantidad presente en el agua y que es esencial para los ríos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuan contaminada está el agua y de cuanto sustento puede dar esa agua a la vida animal y vegetal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad de agua. Si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (PREQB, 2004).

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire, del producto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y también podría resultar de la turbulencia en las corrientes debido a que el oxígeno en el aire que queda atrapado bajo el agua en movimiento rápido se disuelve en esta.

Otro factor que, además, puede afectar la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua es la temperatura. El agua fría guarda más oxígeno que la caliente.

El oxígeno disuelto en el agua no se clasifica como un contaminante, sin embargo, su escasez o exceso puede traer condiciones no favorables al agua, por lo que es un indicador de la contaminación. La escasez del oxígeno disuelto en el agua es lo que crea más problemas ya que pueden aumentar los olores y sabores como consecuencia de la descomposición anaeróbica. El estándar de calidad de agua para oxígeno disuelto, según el ICA, es no menos de 5 mg/L (PREQB, 2004). Tomando en cuenta una temperatura estándar de 20°C, el porcentaje de saturación corresponde a 5 mg/L de oxígeno disuelto es de $(5/9.17) \times 100 = 54.33\%$.

2.2.7.6. Demanda bioquímica de oxígeno

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba usada en la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores (Davis y Cornwell, 1998).

Representa una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica. Es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismo y por la cantidad y el tipo de elemento nutritivo presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media del elemento nutritivo.

2.2.7.7. Sólidos totales disueltos

Desde el punto de vista ambiental, una sustancia puede existir en el agua en una de las siguientes formas: disuelta, suspendida o como coloide. Una sustancia disuelta es aquella que se encuentra dispersa homogéneamente en el líquido. Pueden ser simples átomos o compuestos moleculares complejos mayores de $1\mu\text{m}$ en tamaño. Las sustancias disueltas se hallan presentes en el líquido en una sola fase, por lo que no pueden ser removidas del líquido sin lograr un cambio de fase como la destilación, precipitación, adsorción o extracción (Davis y Cornwell, 1998).

Los sólidos suspendidos son lo suficientemente grandes como para permanecer en suspensión o ser removidos por filtración. En este caso hay dos fases: la líquida y la de partículas sólidas suspendida. La escala de tamaño para los sólidos suspendidos varía entre $0.1\mu\text{m}$ hasta $1.0\mu\text{m}$. en general, se define a los sedimentos suspendidos como aquellos sólidos que pueden ser removidos por filtración. Las partículas coloides tienen un rango de tamaño que varía sustancias disueltas y sedimentos suspendidos (Davis y Cornwell, 1998).

D.S. N° 002 – 2008 – MINAM: en la tabla de Aguas Superficiales para la producción de Agua Potable en la categoría A-1 se establece un valor de $1500\mu\text{S/cm}$ mientras la categoría A-2 tiene un valor de $1600\mu\text{S/cm}$, el valor para la subcategoría A-1 de aguas subterráneas se establece un valor de $1600\mu\text{S/cm}$ que supera a la de

aguas superficiales en 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ debido a los estudios del INRENA y otros que demuestran valores superiores de este parámetro. Para la subcategoría A-2 el valor es de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual es similar al valor propuesto por el mismo D.S. N° 002 – 2008 – MINAM, en la tabla de Parámetros para riego de vegetales Bajo y Tallo Alto, en donde se fija este valor en 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para este parámetro no se establecen valores para las categorías B y C.

2.2.7.8. Temperatura

Según Watch (2003) citado por Díaz y Sotomayor (2013), la temperatura es uno de los factores que determinan la cantidad de oxígeno que el agua puede mantener en disolución, como así también afecta la velocidad de reciclado de los nutrientes en un sistema acuático. Las variaciones de temperatura del agua se producen debido a las variaciones de la temperatura ambiente originadas en el ciclo natural de las estaciones (Fernández, 2012).

Según Vásquez et al. (2012), la temperatura actúa como un parámetro que puede en un momento dado acelerar o disminuir la velocidad de las reacciones químicas, incluyendo los ciclos de degradación de materia orgánica que se presenten tanto en la columna de agua como en las zonas bentónicas de los ecosistemas acuáticos, incluyendo en estas últimas los sedimentos.

2.2.8. Parámetros microbiológicos del agua

Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (OPS 1999).

Coliformes fecales: la bacteria coliforme fecal presente en las heces humanas y animales de sangre tibia. Puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreado desechos y del agua de drenaje.

2.2.8.1. Coliformes fecales

Así también las bacterias representan la causa de varias enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. Las diversas enfermedades causadas por estos microorganismos son transmitidas dentro de los miembros de una misma especie, sin

embargo, existen bacterias que pueden pasar esta frontera biológica, por ejemplo, a través de las heces de los animales. Entre estas bacterias una de las más conocidas es *Escherichia coli*. Esta particularidad le brinda una alta movilidad, impactando la salud de los seres humanos expuestos al agua contaminada con estiércol (OPS, 1988).

De acuerdo con los estándares peruanos el abastecimiento con agua no entubada tiene un valor recomendado de 0 UFC 100 ml⁻¹ y un máximo admisible de 10 UFC 100ml⁻¹ para coliformes termotolérantes o fecales (OPS, 1988).

2.2.9. Monitoreo de la calidad del agua

Proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua, con el objetivo de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los ecosistemas acuáticos, los puntos de monitoreo deben estar establecidos o circunscritos en cada uno de las “Zonas de importancia”. (ANA, 2016).

También INAGEP (2019) menciona que los monitoreos de calidad del agua permiten verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades humanas.

2.2.9.1. Red de puntos de monitoreo

Conjunto de puntos de monitoreo establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en el marco de la vigilancia de la calidad de los recursos hídricos (ANA, 2016)

2.2.9.2. Puntos de monitoreo

Ubicación geográfica en una zona específica de un cuerpo de agua donde se realiza la toma de muestras de parámetros para la determinación de la calidad del agua (ANA, 2016).

2.2.9.3. Muestra

Parte representativa del cuerpo de agua a estudiar, en la cual se analizarán los parámetros de interés (ANA, 2016), Tipos de muestras:

2.2.9.3.1. Muestra simple o puntual

Consiste en la toma de una porción de agua en punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de

la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante que se realizó su recolección (ANA, 2016).

2.2.9.3.2. Muestra compuesta

Es el resultado de la muestra homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas. Este tipo de muestras se utiliza cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo (ANA, 2016).

2.2.9.3.3. Muestra integrada

Es el resultado de la muestra homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas. Este tipo de muestras se utiliza cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo (ANA, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Descripción de la zona de estudio

El lugar donde se desarrolló la investigación fue en un tramo de 5.239 km aproximadamente de la cuenca del río Supte en una extensión de 7 945.18 ha, se ubica dentro de la jurisdicción del distrito de Rupa Rupa en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, se encuentra aproximadamente a 15 minutos de la ciudad de Tingo María, localizada en coordenadas geográficas proyectadas (UTM WGS 84, Zona 18 S) cuya coordenada UTM es: 393420 mE, 8973571 mN a una altitud de 640 m.s.n.m.

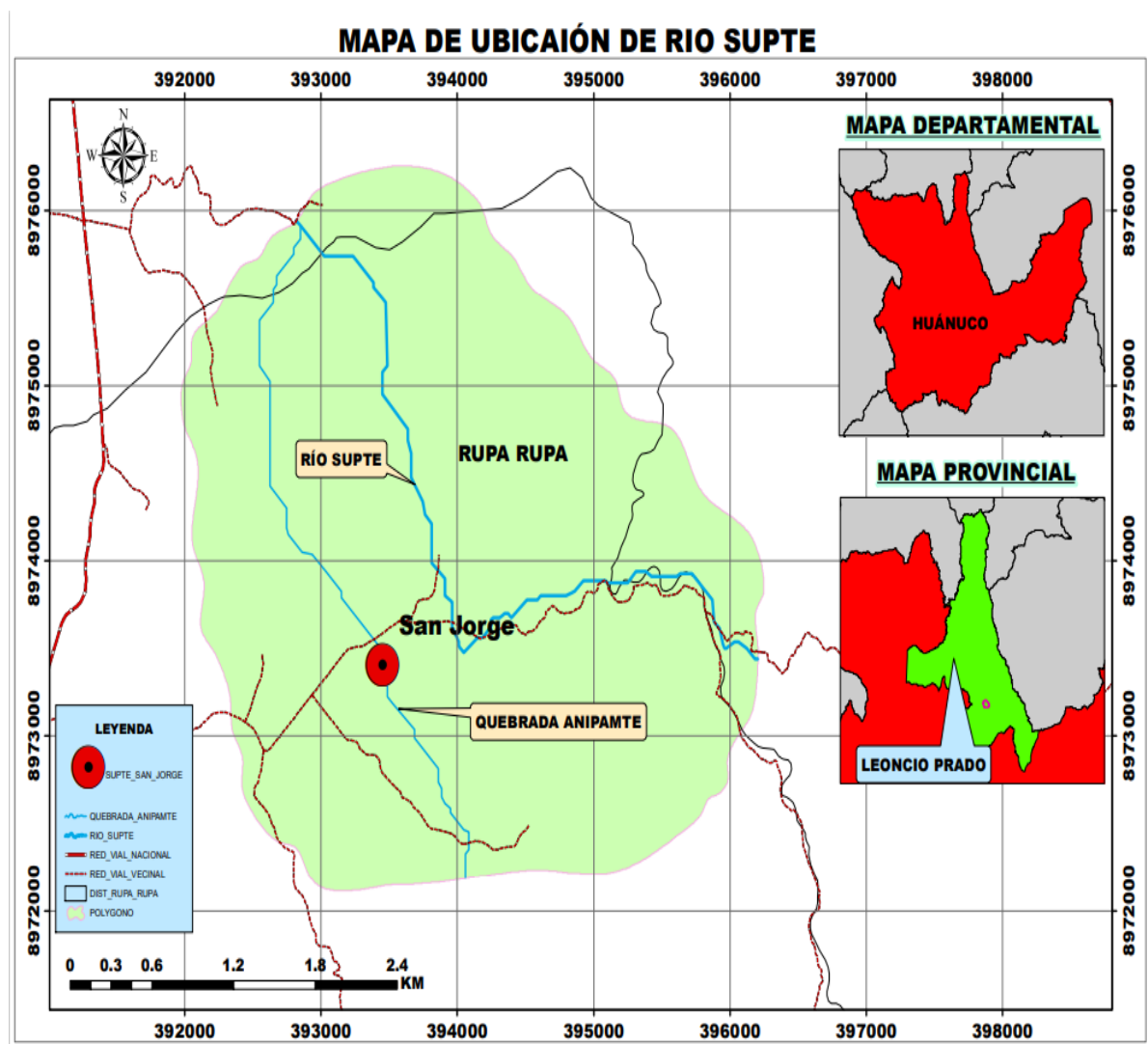


Figura 11. Mapa de ubicación del Río supte.

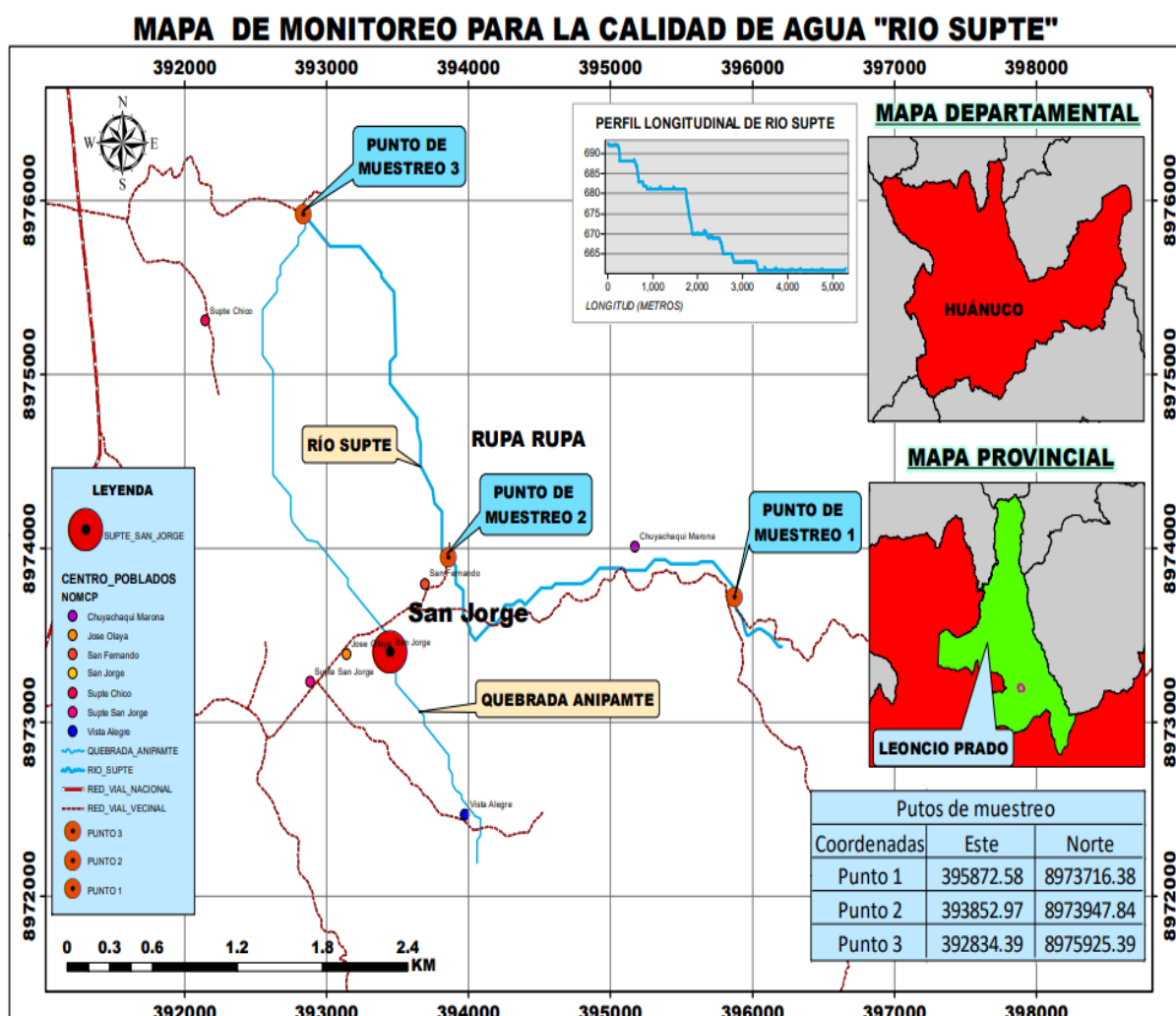


Figura 12. Puntos de control en el Rio supte.

Tabla 4. Localización de los puntos de muestreo según sus coordenadas en UTM.

Muestreo	Norte	Este
Punto 1	8973716.38	395872.58
Punto 2	8973947.84	393852.97
Punto 3	8975925.39	392834.39

3.1.2. Características climáticas

Según los registros de la estación meteorológica Supte, la precipitación promedio anual alcanza los 3 179 mm, para un año húmedo 3 860 mm, asimismo la temperatura promedio es 24.31 °C, la temperatura máxima 25.70 °C y la temperatura mínima 19.5 °C, mientras la humedad relativa mensual 85.67 % (Holdrigue, 1993) y (INRENA, 1995)

3.1.3. Ecología

Según la clasificación climática del Perú, la provincia de Leoncio Prado posee una región natural de Rupa Rupa o selva alta, que pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo montano Tropical, con un clima cálido-húmedo-lluvioso, con abundantes precipitaciones pluviales, sobre todo durante los meses de noviembre a marzo (Manrique De Lara y Chávez, 1996).

3.1.4. Geología

El área de estudio geológico está constituida, casi en su totalidad, por rocas calizas y en menor grado de limonitas y lutitas suaves en proceso de edafización avanzada. Los suelos son por lo general, ácidos y las partes de laderas empinadas y escarpadas expuestas a una fuerte erosión por la alta pluviosidad (Manrique De Lara y Chávez, 1996).

3.1.5. Fisiografía

La fisiografía es el producto de diversos factores como los tectónicos, orogénicos, litológicos y climáticos, propios de la región natural de Rupa Rupa y omaguas, con características propias, representadas por quebradas escabrosas, colinas altas y bajas con pendientes irregulares moderadas (Manrique De Lara y Chávez, 1996).

3.1.6. Hidrografía

El cauce principal de la cuenca del “Rio Supte” es alimentada por dos afluentes de aguas que nacen de las vertientes (manante, puquial u ojo de agua), la primera vertiente se encuentra ubicado en las coordenadas UTM E: 393740 m., N: 8972466 m. y con una altitud de 640 m.s.n.m y la segunda vertiente se encuentra ubicado en las coordenadas UTM E: 393332 con N: 8972371 con una altitud de 670 m.s.n.m, finalmente desemboca en el río Huallaga.

3.1.7. Accesibilidad

La vía principal de acceso para llegar a la zona de trabajo es la carretera Tingo María – Supte San Jorge, abarcando una distancia de 1 Km de carretera afirmada en un tiempo aproximado de 15 minutos en motocicleta y 25 minutos en trimóvil (Bajaj).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Probeta de 100 mL, tubos de ensayo, crisol, pipeta, agua destilada, Tes kit para nitratos NO₃-N (0 a 50 mg/L) 100 tes (HANNA/HI3874), Tes kit para nitratos PO₄- (0

a 5 mg/L) 50 tes (HANNA/HI3833), Matraces Erlenmeyer de 250, Papel toalla, gradilla para tubo de ensayo.

3.2.2. Equipos

Cámara fotográfica, GPS marca GARMIN MAP 60 CSx, Multiparametro Seven in one water quality test pen, cooler, guantes, mascarilla, botas de gebo, envases de vidrio, libreta de campo, etiquetas, balanza gramera, estufa, Laptop, Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4Star, Software ICA TEST v. 1.0, Oxímetro HANNA 419146, Laboratory Turbidímetro HACH TL 2300.

3.3. Componentes de la investigación

3.3.1. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es no experimental con enfoque cuantitativo, ya que se evalúa la presencia de microorganismos y concentraciones de parámetros fisicoquímicos presentes en las muestras, mediante una comparación con los parámetros y requisitos consignados por la normativa ambiental vigente. A través de la recopilación de datos llegando a conocer un panorama más amplio en el tramo de 1 km aproximadamente de Rio supte influenciada por la ubicación del sector Supte San Jorge.

3.3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo y explicativo porque identificara la calidad del agua que es utilizada por la población aledaña de aquellas fuentes de agua, determinando la calidad a nivel físico, químico y biológico. De acuerdo con lo indicado por (Jacobo2013) este tipo de nivel solo describe a las variables en su medio sin ningún tipo de experimentos, y es explicativo porque explicara el comportamiento de la variación significativa de la calidad del agua a través del tiempo de evaluación en el periodo evaluado (agosto-octubre).

3.3.3. Diseño de la investigación

En cuanto se refiere al diseño de investigación es no experimental y longitudinal. Para Hernández (2019), “en la investigación no experimental estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como “reales” y, en consecuencia, tenemos mayor validez externa posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes)”. Los diseños longitudinales de acuerdo con Hernández (2019): “Esta clase de estudios recolectan datos sobre categorías, sucesos, contextos, variables o sus relaciones, en dos o más momentos, para evaluar el cambio en ellas” (p.183).

Diseño descriptivo simple

M ← O

Donde:

M: Es la muestra de estudio

O: Es la observación de las variables

3.3.4. Población

La población cuanta con aproximadamente más de 5, 000 mil habitantes en la cuenca del Río Supte.

3.3.5. Muestra

La muestra es un sector crítico de la Microcuenca (Perteneciente al Centro Poblado de Supte San Jorge) en un tramo de 5 km de longitud aproximadamente, 2000 metros aguas arriba y aguas abajo desde el centro poblado antes mencionado.

3.4. Variables en estudio

3.4.1. Variable independiente

Calidad de agua

3.4.2. Variable dependiente

Índice de calidad de agua (ICA-NFS)

3.5. Metodología

3.5.1. Analizar los índices físicoquímicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge

– Puntos de control

Según la R.J. N° 010–2016–ANA, los puntos de monitoreo estuvieron establecidos ocircunscritos en cada de uno de las “Zonas de importancia”.

En tal sentido, en la presente investigación se establecieron 3 puntos de control con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido dentro de la cuenca del Río Supte, los puntos fueron georreferenciados con el uso de GPS (tabla 4).

– Toma de muestras de agua

Inicialmente, se realizó una visita preliminar a lo largo de toda el área cerca del Río Supte (aproximadamente 1 km donde está establecido la población de Supte San Jorge), observando aspectos como: distribución de viviendas en todo el contorno, quebradas y pequeños riachuelos, cuyos efluentes en diversas épocas fluyen directamente al río. Igualmente, se observó vegetación y parcelas, en la parte alta, dedicadas a la agricultura y ganadería.

El sector más crítico se identificó en la parte baja del centro poblado Supte, donde confluyen, tanto en la margen izquierda como derecha de la ribera del río, numerosa población que se dedica a la crianza de animales menores (cerdos), siendo sus aguas servidas desechadas directamente al río Supte.

La primera visita sirvió para realizar las coordinaciones con personas como las autoridades del centro poblados Menor de Supte, parte Alta y Baja, con quienes se dialogaron sobre el propósito de la investigación y la determinación de estrategias para disminuir los impactos ambientales que generan las actividades antropogénicas en la calidad y cantidad del agua.

Para obtener la información requerida en la investigación se utilizaron técnicas de análisis documental y de campo. Las técnicas del análisis documental facilitaron obtener información relacionada con la teoría básica del recurso hídrico superficial y, sobre todo, de las normas legales que son utilizadas en la calidad de agua como son: la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA y el DS.004-2017-MINAM

Las tomas de muestras se realizaron de acuerdo con el APHA (1999), que consistió en el uso de frasco de vidrio esterilizados de boca ancha con tapa capacidad de 1.2 L debidamente limpias y rotuladas. Para la recolección de las muestras, el recipiente se enjuagó con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada en un ángulo de 30° y a una altura 20 cm de profundidad, dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural. Luego, se etiquetó y acondicionó adecuadamente para su traslado al laboratorio de microbiología general de la UNAS

Se utilizó la técnica de muestreo sistemático, donde constituyó con 3 puntos de muestreo que será en la parte alta, media y baja de la quebrada del Río Supte, cumpliendo los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad. En el muestreo se tomaron tres muestras correspondientes a los puntos P_1 = Alto; P_2 = Media; P_3 = Baja. en horarios de 8 am,

10 am y 12 am, con tres evaluaciones por cada punto, totalizando 9 muestras para analizar (evaluadas en los meses de agosto, setiembre y octubre).

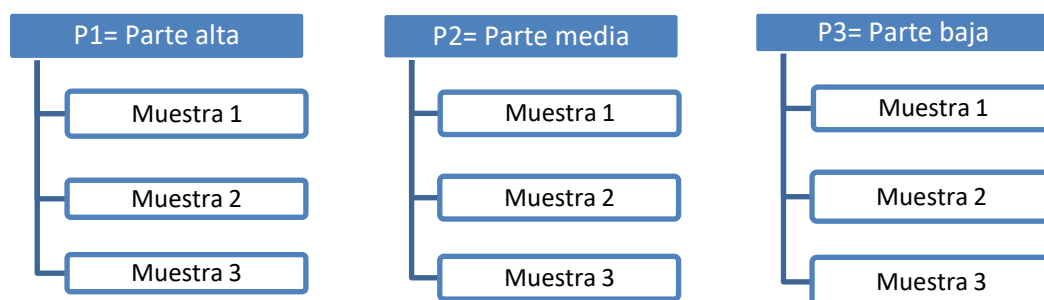


Figura 13. Diseño de muestreo sistemático de agua del Río Supte

– **Recolección, conservación y transporte de las muestras de agua**

Las muestras recolectadas se conservaron a temperatura de 4 C°, en cajas térmicas (Coolers) y luego se transportaron al laboratorio para sus análisis dentro de las 24 horas.

– **Medición de los indicadores**

La forma en la que se evaluó los parámetros como pH, temperatura, sólidos totales disueltos fue mediante el uso directo de los equipos disponibles (Seven in one wáter quality test pen) in situ, los parámetros microbiológicos como coliformes fecales se utilizó la técnica de tubos de fermentación múltiple, y para Oxígeno disuelto, DBO, turbidez, fosfatos y nitratos fueron analizadas en el laboratorio.

– **Determinación de la temperatura**

Se realizó la medición de la temperatura in situ, en la parte alta, media y baja determinadas con el multiparámetro Seven in one wáter quality test pen, Termómetro digital Temperatura Rango: 0.1-60.0 °C, 32.0-140 °F.

– **Turbidez**

Para la medición se utilizó el Laboratory Turbidímetro HACH TL-2300 que es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez in situ. El rango de medición del turbidímetro es de 0 a 1000 NTU está seccionado en dos rangos automáticos para aumentar la precisión.

– **Determinación del oxígeno disuelto**

Se utilizó el equipo medidor de Oxígeno Portátil HI 9146 HANNA además del procedimiento realizado de acuerdo (EPA 1975):

Para ello se agitaron la muestra durante dos minutos para garantizar una uniformidad y constante velocidad del fluido, se calibraron el equipo e ingreso del terminal de la sonda en la muestra, para asegurar que el sensor de temperatura también este sumergido y se realizó la medición del oxígeno disuelto dejando en reposo la sonda en la muestra, seguidamente se tomó la lectura.

– **Determinación del pH**

La medición del pH se realizó in situ con el equipo multiparámetro Seven in one wáter quality test pen, (rango de 0 a 14) adecuadamente calibrada.

– **Determinación de la DBO5**

Se determinó utilizando el oxímetro de membrana HANNA modelo HI 9146, para medir tanto el OD inicial de las muestras y posteriormente a una incubación a temperatura ambiente (20-26 °C) por cinco días se midió el OD final (ODf) para obtener el DBO5 expresado en mg/L aplicando la formula siguiente: $DBO5 = (OD\text{ inicial} - OD\text{ final})$

– **Determinación de nitratos en el agua**

Se determinó utilizando el kit de prueba de nitrato HANNA HI 3874 (APHAWA, 1999), siguiendo el siguiente proceso:

Para ello se llenó la cubeta de cristal con 10 ml de la muestra, luego se añadió 1 sobrecito de reactivo HI 3874-0, se colocó la tapa y se agito vigorosamente durante 1 minuto, luego se esperó 4 minutos a que el color se desarrolle, posteriormente se retiró la tapa y se llenó el recipiente comparador de color con 5 ml de la muestra tratada. Se determinó que color se empareja con la solución en el visor y se registró el resultado. No se cuantificó el Nitrógeno Amoniacal debido a que los puntos estudiados del Río Supte tiene una escasa carga orgánica.

– **Determinación de fosfatos**

Se determinó utilizando el kit de prueba de fosfato de HANNA HI 3833 (APHWA, 1999), siguiendo el proceso que a continuación se indica:

Como el Fósforo en las aguas naturales normalmente se encuentra en la forma de fosfatos (PO_4^{3-}), se retiró la tapa del vaso de plástico, se enjuago el vaso de plástico con la muestra de agua, se enrazó hasta la marca de 10 ml, se añadió 1 paquete de reactivo HI 3833-0. Se colocó la tapa y se mezcló la solución hasta que los sólidos se disuelvan, luego se quitó la

tapa y se transfirió la solución al cubo comparador de color. Se dejó reposar durante 1 minuto y se compararon qué color se ajusta mejor a la solución en el vaso y se registraron los resultados.

– **Determinación de sólidos totales disueltos**

La medición del STD se realizó in situ con el equipo multiparámetro Seven in one wáter quality test pen.

3.5.2. Analizar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge

Se utilizó la técnica del número más probable (NMP) con serie de tres tubos y en tres etapas, según el método 9221 de la APHA (1999).

- **Etapas presuntiva**

Se utilizó tres diluciones (10^1 a 10^3) a partir original de la muestra de agua, cada dilución con una serie de tres tubos o repeticiones teniéndose un total de 27 tubos conteniendo caldo *Escheria coli*. Y dentro de cada tubo un tubito de Durham invertido para la captura de gas. Cada serie de caldo *Escheria coli*, recibió 1 ml de alícuota de respectivas diluciones, se incubaron a una temperatura de 37°C por un promedio de 24 a 48 horas.

- **Etapas de confirmación**

De los tubos de gas positivos de la etapa anterior, se tomará una onza como inóculo y se sembraron en tubos que contiene 9 ml de caldo E. coli presentado también tubitos Durhan para la verificación nuevamente de la producción de gas, luego se llevó a incubar a una temperatura de 44.5°C por un periodo de 24 a 48 horas. Se determinaron el índice Numero Más Probables en tubos positivos a gas, calculándose posteriormente el Numero Más Probable por 100 ml utilizando la siguiente Ecuación:

$$\text{NMP}/100\text{ml} = \frac{\text{Indica NMP} \times \text{dilucion intermedia}}{100}$$

- **Etapas completa**

De los tubos con caldo de E.C se repicaron por estrías y agotamiento sobre placas conteniendo el medio Eosina Azul de metileno (EMB), para determinar desarrollo de colonias típicas de Coliforme y de *Escheria coli*.

Luego de incubación a 37°C por 24 Horas, se repicaron sobre medio de identificación bioquímica diferencia de Indol (I), rojo de metilo (RM), Voges Proskauer (VP)

y Citrato (CIT), constituyentes de la prueba del INVIC, para la identificación de E. coli y otras Coliformes fecales.

3.5.3. Comparar la calidad del agua a través de los ICA-NFS en los distintos puntos de control, durante el periodo de evaluación del tramo de influencia del sector Supte San Jorge

- Cálculo para la determinación de ICA-NSF

En la determinación del ICA – NSF se consideró 9 parámetros que a continuación se señalan:

- Cambio de la temperatura
- Turbidez
- pH
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Nitratos
- Fosfatos
- Sólidos disueltos totales
- Coliformes fecales

Se procesaron los datos obtenidos de las determinaciones fisicoquímicas y de los coliformes fecales en el programa Excel 2016, para cada punto de estudio.

- Técnicas para el análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizaron las técnicas estadísticas de varianza, covarianza, desviación estándar y el coeficiente de correlación de Pearson. Igualmente, se realizaron gráficos de dispersión para conocer la tendencia de las variables físicas, químicas y microbiológicas por cada muestreo. Se calculó el ICA-NSF siguiendo las recomendaciones de Brown (1970), para conocer la calidad del agua en los 3 puntos y durante los muestreos.

A continuación, se precisa el contenido de cada una de las técnicas de medición utilizadas:

- Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al

cuadrado divididos entre el total de observaciones. También se puede calcular como la desviación típica al cuadrado.

- **Covarianza**

La covarianza mide la relación lineal entre dos variables. Aunque la covarianza es similar a la correlación entre dos variables

- **Desviación estándar**

La desviación estándar es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad. En primer lugar, midiendo la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del conjunto de datos. Luego, sumando todas estas diferencias individuales para dar el total de todas las diferencias. Por último, dividiendo el resultado por el número total de observaciones (normalmente representado por la letra “n”) para llegar a un promedio de las distancias entre cada observación individual y la media. Este promedio de las distancias es la desviación estándar y de esta manera representa dispersión.

- **Prueba de T de student**

Es la prueba paramétrica encargada de medir diferencias de medias en los casos en que exista una variable independiente de 2 categorías relacionadas.

Si observamos que el p-valor es superior al valor crítico o alfa (0.05 o 0.01) de nivel de confianza, se puede definir que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechazará la hipótesis alterna (H_a). (Galindo, 2020).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinar los indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge

Valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Río Supte, esto en la estación de control 1,2 y 3 (parte alta, media y baja del Río Supte) para el mes de agosto del 2022 en la ciudad de Tingo María.

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad de medida	parte alta T°amb=24°C	parte media T°amb=25°C	parte baja T°amb=26 °C		
		muestra 1	muestra 2	muestra3	prom.	ECA
PH	Unidad	8.42	8.27	7.91	8.20	6.5-9
Δ Temperatura	°C	1.3	1.63	0.97	1.30	Δ3
Solidos T.D	mg/l	225.67	226	121.33	191.00	<1000
Oxigeno D.	mg/l	4.91	6.7	6.77	6.13	≥6
Fosfato	mg/l	1	1	1	1.00	0.1
Nitratos	mg/l	10	10	10	10.00	50
Demanda B.O	mg/l	0.74	2.66	2.97	2.12	3
Turbidez	NTU	0.57	0.5	0.53	0.53	5

En la Tabla se observa los promedios de los resultados de las 3 muestras evaluadas para los 9 parámetros, realizados en campo y en el laboratorio, los cuales resultaron para el pH = 8.20 lo cual está dentro del rango establecido por el ECA (6.5-9). la variación de la temperatura del Río supte fue de 1.30 °C, permitiendo estar dentro de los estándares permitidos por el ECA. Para los Solidos Totales Suspendidos (STS) se tiene un valor promedio de 191 ppm lo cual está por debajo de los 1000 ppm que establece el ECA. Para el Oxígeno disuelto se tuvo un valor promedio de 6.13 ppm permitiendo así estar dentro de los parámetros establecidos por el ECA agua. Para los Fosfatos totales se obtuvo un valor promedio de 1 mg/l, esta cantidad no está dentro del rango permitido por el ECA agua. Para los Nitratos se obtuvo un valor promedio de 10 mg/l, esta cantidad si está dentro del rango establecido por el ECA agua. Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un valor promedio de 2.12 mg/l, esta cantidad es menor a lo establecido y cumple con los estándares del ECA agua. Para la Turbidez el valor promedio resulto 0.53 NUT, este valor si está dentro del rango establecido por el ECA agua (5 NUT).

En la figura 14, se observa que los valores de pH para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 8.42, 8.27 y 7.91 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están dentro del rango 6.5-9 de pH. Rango que estable el ECA.

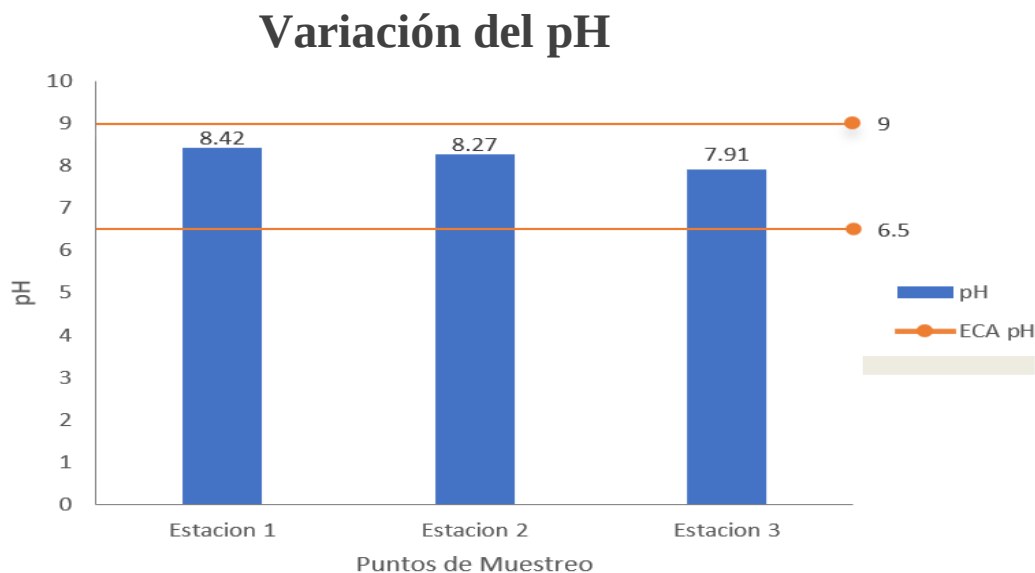


Figura 14. Variación del pH y verificación de estos con el ECA-PERU.

En la figura 15, se observa que los valores de la variación de la temperatura para el mes de agosto en el Rio Supte (parte alta, media y baja), fueron 1.3, 1.63 y 0.97 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige el ECA (menor a $\Delta 3^{\circ}\text{C}$).

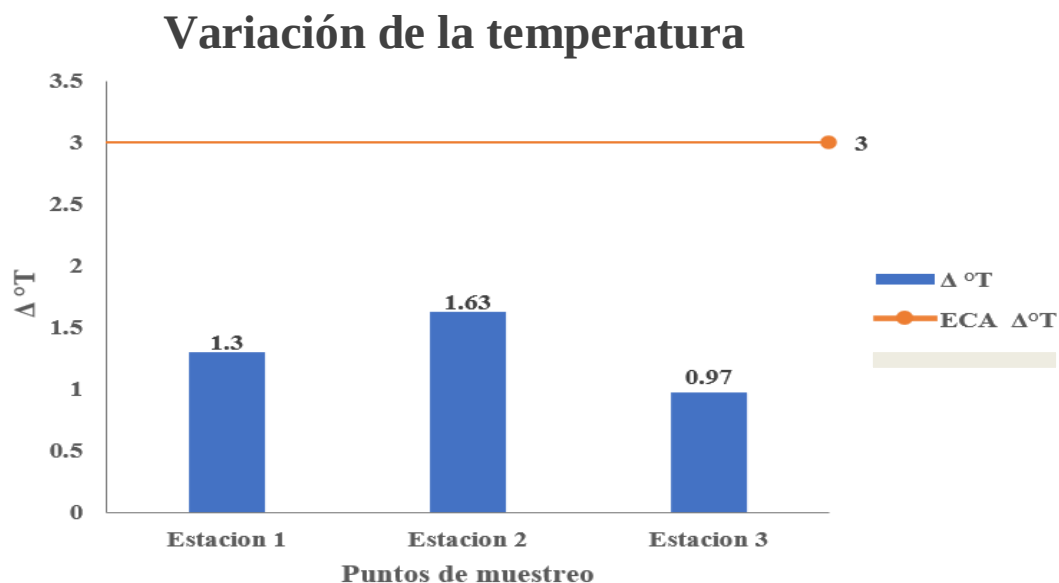


Figura 15. Variación de la temperatura y verificación de estos con el ECA-PERU.

En la figura 16, se observa que los valores de la variación de los Solidos Totales Disueltos para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 225.67 ppm, 226ppm y 121.33 ppm respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige el ECA, por ende, si cumplen con los estándares de estos (menor a 1000 ppm).

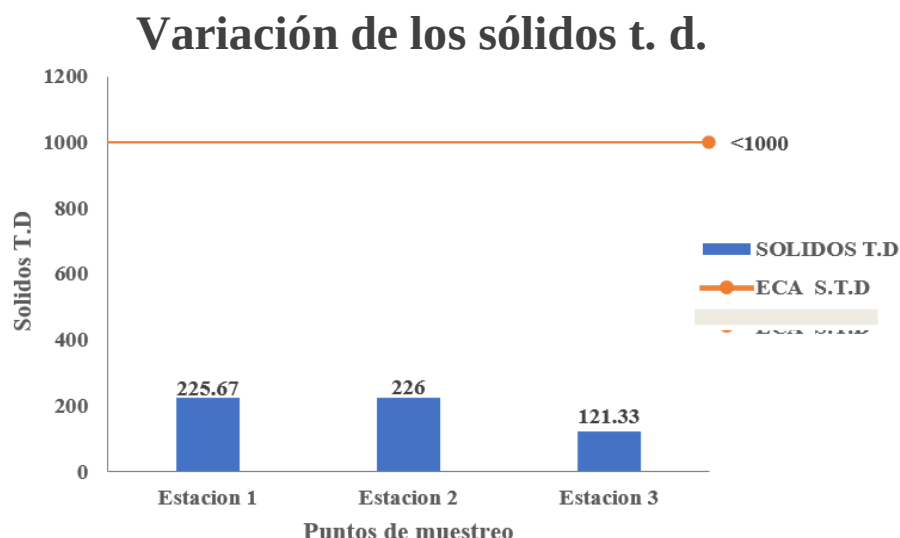


Figura 16. Variación de los Solidos Totales D. y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 17, se observa que los valores de la variación del Oxígeno Disuelto para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 4.91 ppm, 6.70 ppm y 6.77 ppm respectivamente, en la Estación 1(parte alta de Rio supte) la cantidad de Oxígeno Disuelto (4.91 mg/l) resulto estar por debajo lo que exige el ECA (> 6 mg/l). lo cual no cumple con los estándares establecidos para ser considerado como agua no puede ser potabilizado con desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM. La estación 2 y 3 del monitoreo en el Rio supte si cumplen con los estándares, ya que están por encima de 6 mg/l lo que exige el ECA.

Variación de oxígeno disuelto

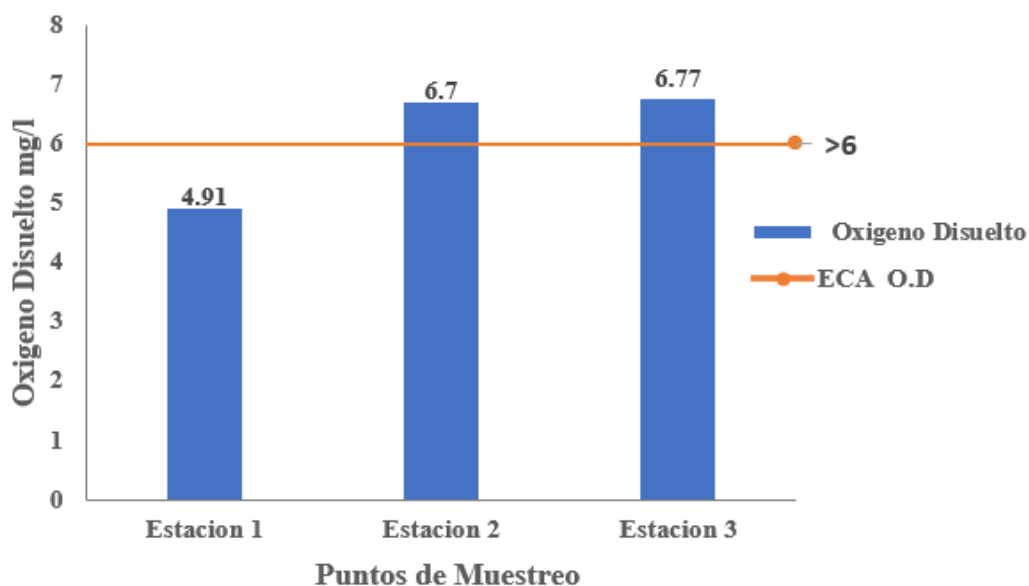


Figura 17. Variación del Oxígeno Disuelto y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 18, se observa que los valores de la variación de los Fosfatos Totales para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 1 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por encima 0.1 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM por ende, no cumplen con los estándares de estos y estas aguas no podrán ser potabilizadas con desinfección sino con algún otro tratamiento avanzado.

Variación de los fosfatos totales

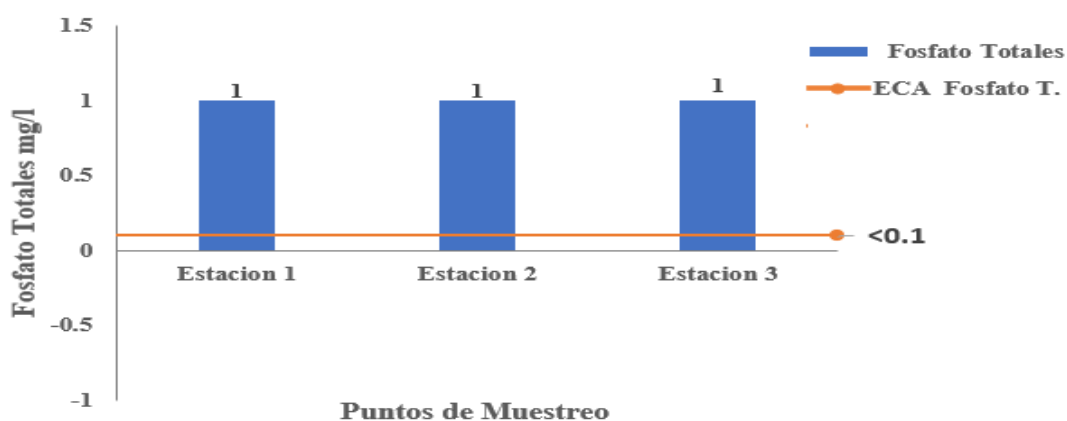


Figura 18. Variación de los Fosfatos Totales y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 19, se observa que los valores de la variación de los Nitratos para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 10 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 50 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

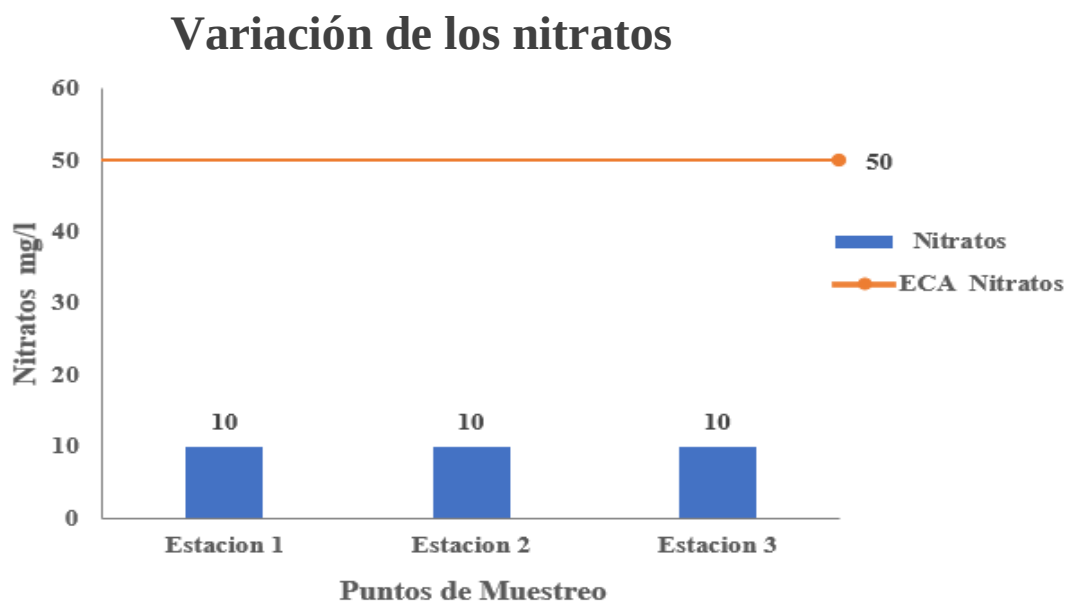


Figura 19. Variación de los Nitratos y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 20, se observa que los valores de la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 0.74 mg/l, 2.66 mg/l y 2.97 mg/l respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 3 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

Variación de la demanda b. o.

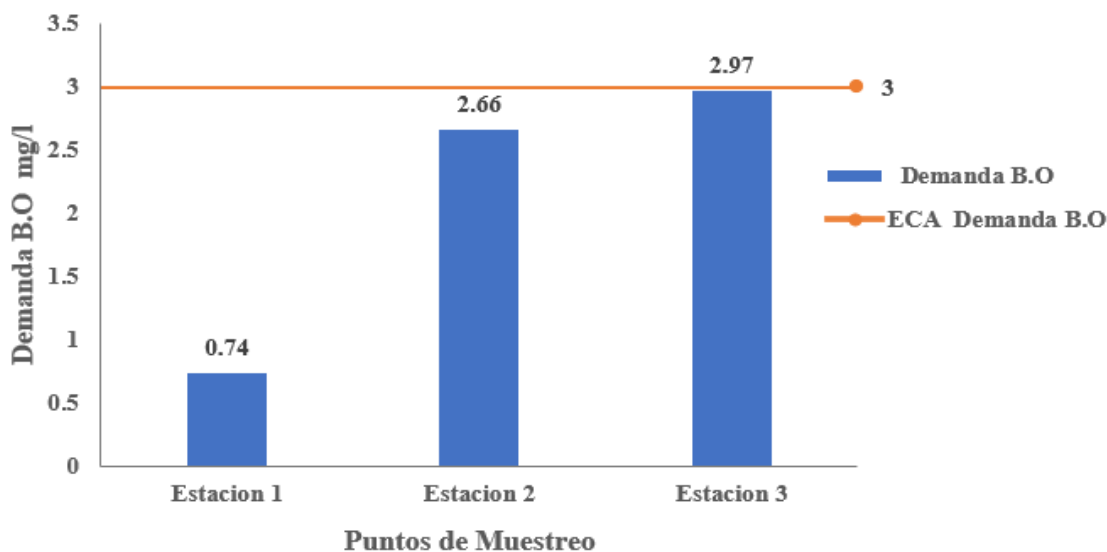


Figura 20. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y verificación de este con el ECA-PERU

En la figura 21, se observa que los valores de la variación de la Turbidez para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 0.57 NTU, 0.50 NTU y 0.53 NTU en las 3 estaciones respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 5 NTU de lo que exige el ECA, cumpliendo así este parámetro con los estándares establecidos para ser agua potabilizado con simple desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

Variación de la turbidez

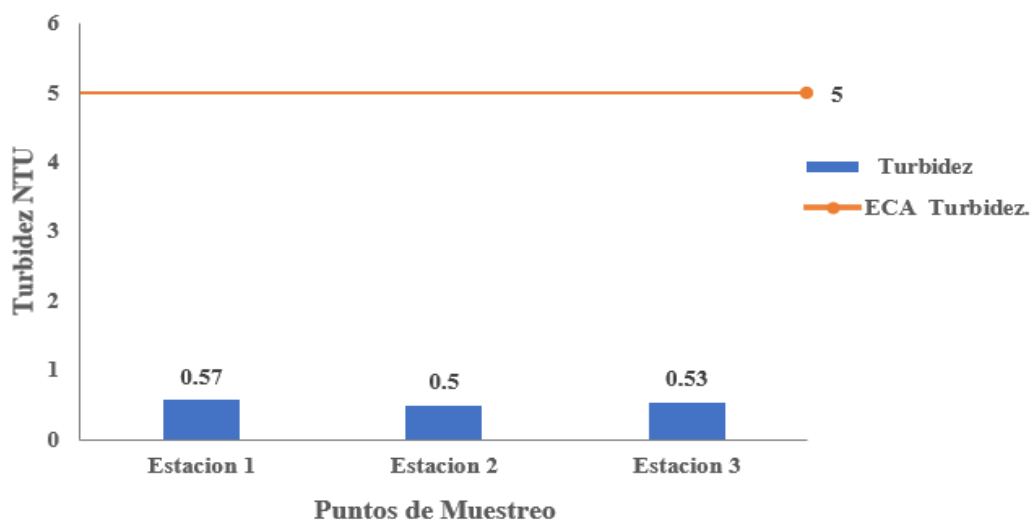


Figura 21. Variación de la Turbidez y verificación de este con el ECA-PERU

Resultados promedios obtenidos, de los parámetros fisicoquímicos del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Rio supte, esto en la estación de control 1,2 y 3(parte alta, media y baja del Rio Supte) para el mes de septiembre del 2022 en Tingo María.

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad de medida	parte alta T°amb=26.5°C muestra 1	parte media T°amb=27°C muestra 2	parte baja T°amb=27 °C muestra3	prom.	ECA
PH	Unidad	8.75	8.26	8.07	8.36	6.5-9
Δ Temperatura	°C	1.87	1.73	0.8	1.47	Δ3
Solidos T.D	mg/l	203.33	201	224.33	209.55	<1000
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.33	6.49	5.8	6.21	≥6
Fosfato	mg/l	1	1	1	1.00	0.1
Nitratos	mg/l	10	10	10	10.00	50
Demanda B.O	mg/l	2.13	2.39	1.94	2.15	3
Turbidez	NTU	0.65	0.68	0.82	0.72	5

En la tabla se observa los promedios de los resultados de las 3 muestras evaluadas para los 9 parámetros, realizados en campo y en el laboratorio, los cuales resultaron para el pH = 8.36 lo cual está dentro del rango establecido por el ECA (6.5-9). la variación de la temperatura del Rio supte fue de 1.47 °C, permitiendo estar dentro de los estándares permitidos por el ECA. los Solidos Totales Suspendidos (STS) = 209.55 ppm lo cual está por debajo de los 1000 que establece el ECA. Oxígeno disuelto = 6.21 ppm este valor está dentro de los parámetros establecidos por los ECA (≥6mg/l). Fosfatos totales = 1 mg/l, esta cantidad no está dentro de lo permitido por el ECA (0.1). Nitratos = 10 mg/l, esta cantidad si está dentro del rango establecido por el ECA. Demanda Bioquímica de Oxigeno = 2.15 mg/l, esta cantidad es menor a lo establecidos por el ECA (3mg/l) lo cual si cumple con lo establecido por el ECA. Turbidez = 0.72 NUT, este valor está por debajo del rango que establece el ECA (5 NUT).

En la figura 22, se observa que los valores de pH para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 8.75, 8.26 y 8.07 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están dentro del rango 6.5-9 de pH. Rango que estable el ECA.

Variación del pH

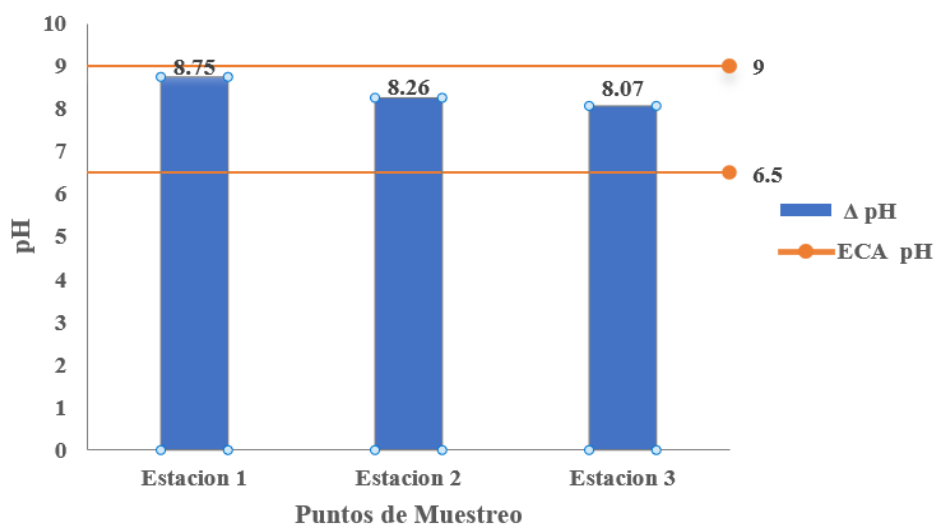


Figura 22. Variación del pH y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 23, se observa que los valores de la variación de la temperatura para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 1.87, 1.73 y 0.8 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige el ECA (menor a $\Delta 3^{\circ}\text{C}$).

Variación de la temperatura

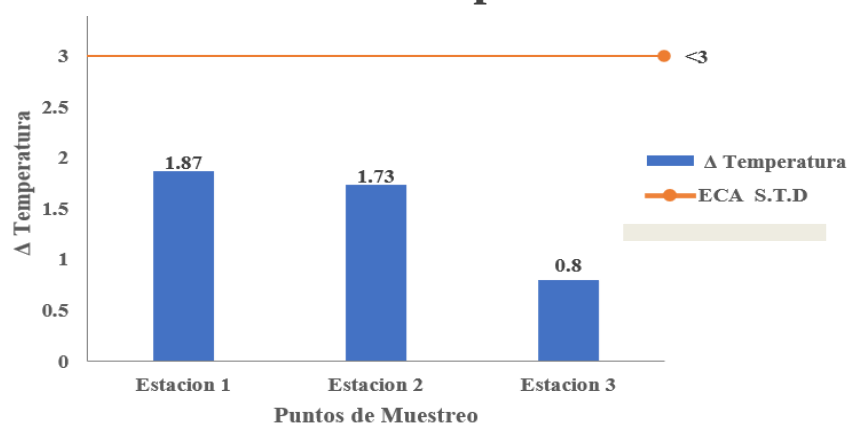


Figura 23. Variación de la temperatura y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 24, se observa que los valores de la variación de los Solidos Totales D. para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 223.33 ppm, 201 ppm y 224.33 ppm respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige la norma peruana, ECA (menor a 1000 ppm).

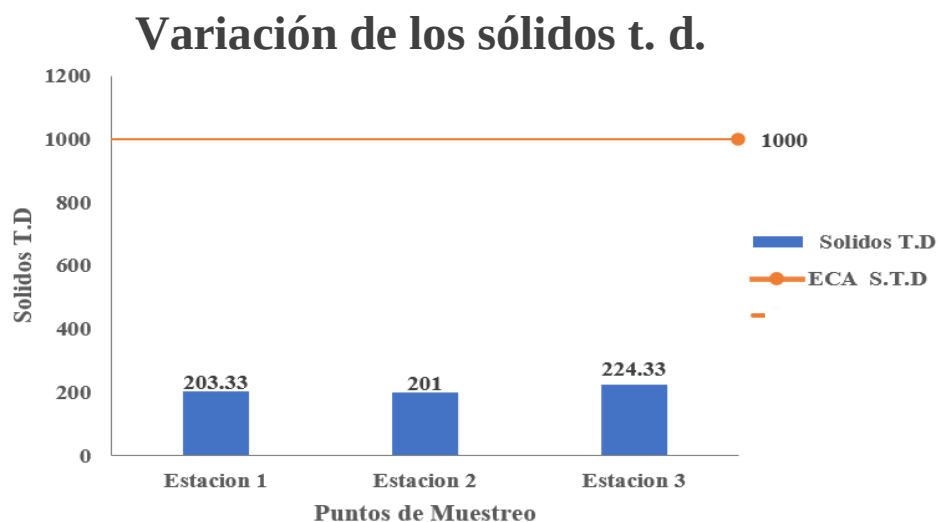


Figura 24. Variación de los Sólidos Totales D. y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 25, se observa que los valores de la variación del Oxígeno Disuelto para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 6.33 ppm, 6.49 ppm y 5.8 ppm respectivamente. La estación 1 y 2 del monitoreo en el Rio supte si cumplen con los estándares, ya que están por encima de 6 mg/l lo que exige el ECA. Por otra parte, la Estación 3 (parte baja de Rio supte) la cantidad de Oxígeno Disuelto fue de 5.8 mg/l, este valor está por debajo lo que exige el ECA (> 6 mg/l). lo cual no cumple con los estándares establecidos para ser considerado como agua que no puede ser potabilizado con desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

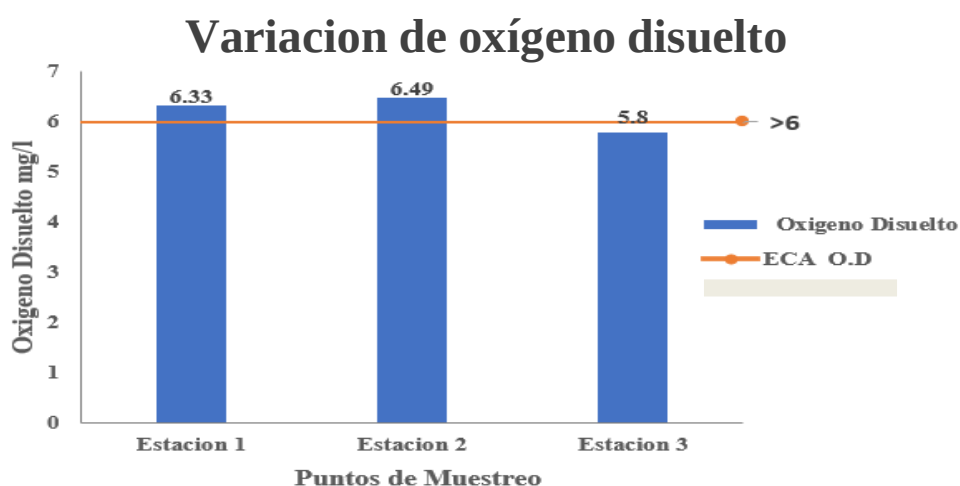


Figura 26. Variación del Oxígeno Disuelto y verificación de este con el ECA-PERU

En la figura 27, se observa que los valores de la variación de los Fosfatos Totales para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 1 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por encima 0.1 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, no cumplen con los estándares de estos y estas aguas no podrán ser potabilizadas con desinfección sino con algún otro tratamiento avanzado.

Variación de los fosfatos totales

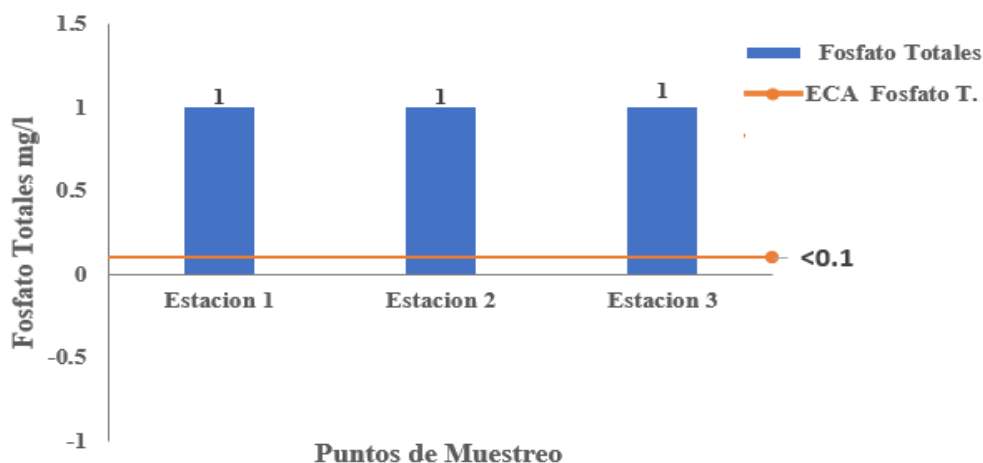


Figura 26. Variación de los Fosfatos Totales y verificación de estos con el ECA-PERU

En la figura 27, se observa que los valores de la variación de los Nitratos para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 10 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 50 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

Variacion de los nitratos

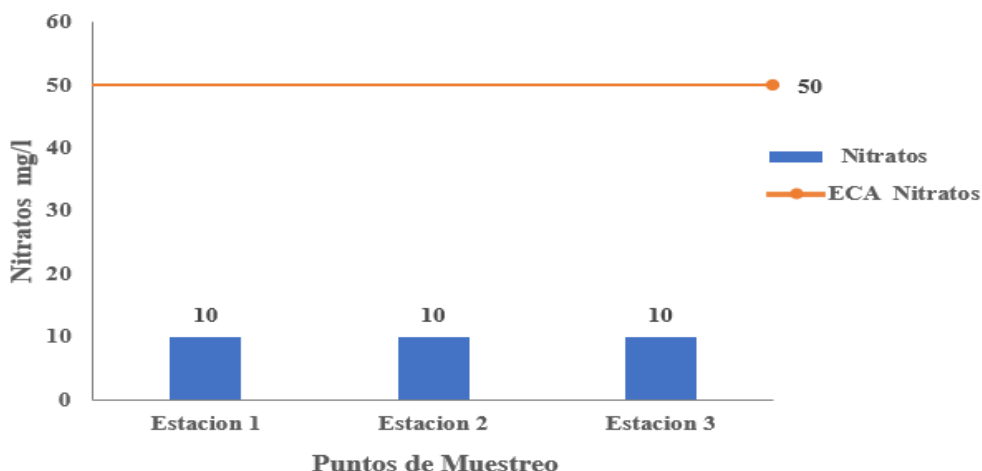


Figura 27. Variación de los Nitratos y verificación de este con el ECA-PERU.

En la figura 28, se observa que los valores de la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 2.13 mg/l, 2.39 mg/l y 1.94 mg/l respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 3 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

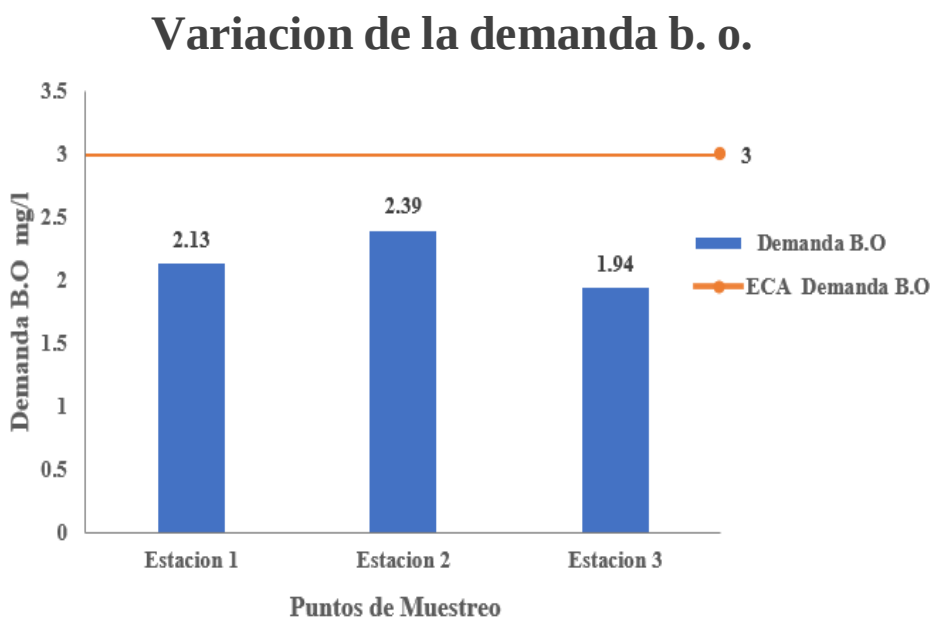


Figura 28. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y verificación de este con el ECA -PERU

En la figura 29, se observa que los valores de la Turbidez para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultaron 0.65 NTU, 0.68 NTU y 0.82 NTU en las 3 estaciones respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 5 NTU de lo que exige el ECA, cumpliendo así este parámetro con los estándares establecidos para ser agua potabilizado con desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

Variación de la turbidez

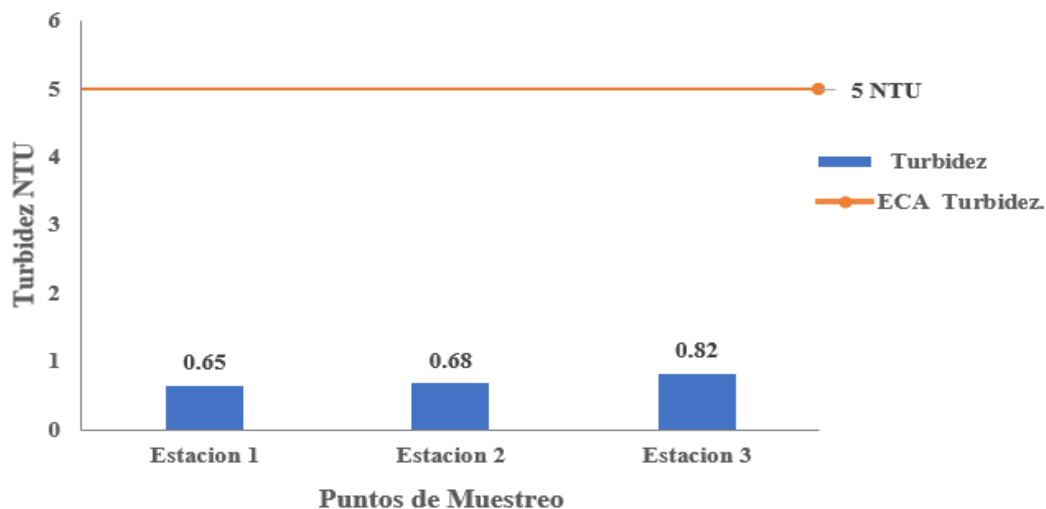


Figura 29. Variación de la Turbidez y verificación de este con el ECA -PERU.

Resultados promedios, obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Rio supte, esto en la estación de control 1,2 y 3 (parte alta, media y baja del Rio Supte) para el mes de octubre del 2022 en Tingo María.

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad de medida	parte alta T°amb=22.7°C muestra 1	parte media T°amb=25°C muestra 2	parte baja T°amb=26 °C muestra3	prom.	ECA
PH	Unidad	8.53	8.45	7.99	8.32	6.5-9
Δ Temperatura	°C	1.53	2.67	2.3	2.17	Δ3
Solidos T.D	mg/l	185	179.67	195.67	186.78	<1000
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.13	6.13	4.76	5.67	≥6
Fosfato	mg/l	1	1	1	1.00	0.1
Nitratos	mg/l	10	10	10	10.00	50
Demanda B.O	mg/l	1.49	1.76	1.26	1.50	3
Turbidez	NTU	1.63	1.87	4.24	2.58	5

En la tabla se observa los promedios de los resultados de las 3 muestras evaluadas para los 9 parámetros, realizados en campo y en el laboratorio, los cuales resultaron para el pH = 8.32 lo cual está dentro del rango establecido por el ECA (6.5-9). la variación de la temperatura del Rio supte fue de 2.17 °C, permitiendo estar dentro de los estándares permitidos por el ECA. los Solidos Totales Suspendidos (STS) = 186.78 ppm lo cual está por debajo de los 1000 que establece el ECA. Oxígeno disuelto = 5.67 este valor no está dentro de los parámetros

establecidos por el ECA ($\geq 6\text{mg/l}$). Fosfatos totales = 1 mg/l , esta cantidad no está dentro de lo permitido por el ECA (0.1). Nitratos = 10 mg/l , esta cantidad si está dentro del rango establecido por el ECA. Demanda Bioquímica de Oxígeno = 1.50 mg/l , esta cantidad es menor a lo establecidos por el ECA (3mg/l) lo cual si cumple con lo establecido por el ECA. Turbidez = 2.58 NUT , este valor está por debajo del rango que establece el ECA (5 NUT) lo cual si cumple con el estándar establecido por el ECA.

En la figura 30, se observa que los valores de pH para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 8.53, 8.45 y 7.99 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están dentro del rango 6.5-9 de pH. Rango que estable el ECA.

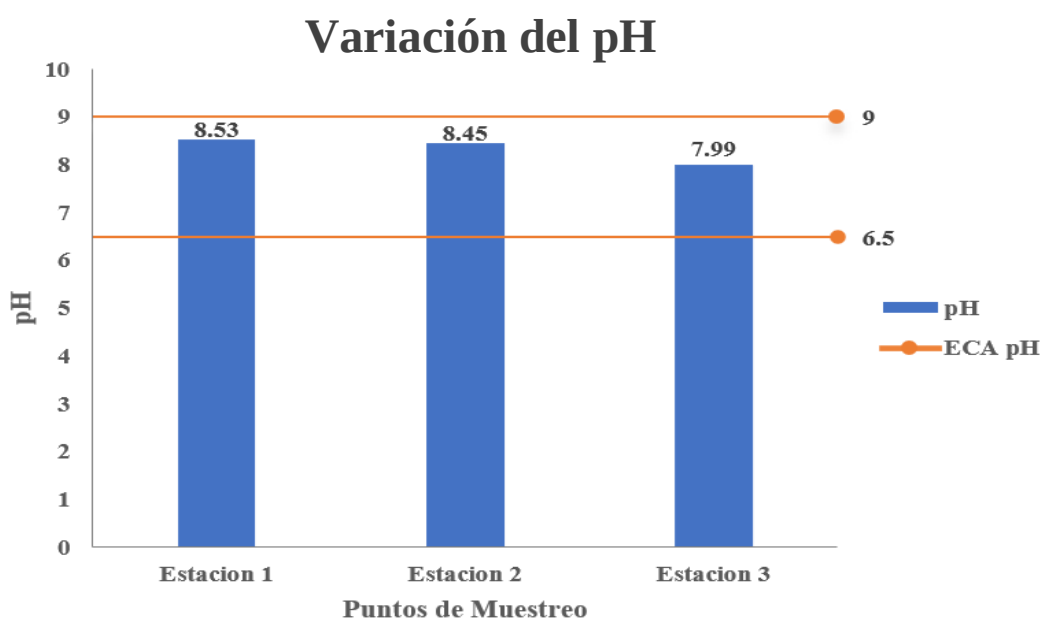


Figura 30. Variación del pH y verificación de este con el ECA -PERU.

En la figura 31, se observa que los valores de la variación de la temperatura para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 1.53 , 2.67 y 2.3 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige el ECA (menor a $\Delta 3^{\circ}\text{C}$).

Variación de la temperatura

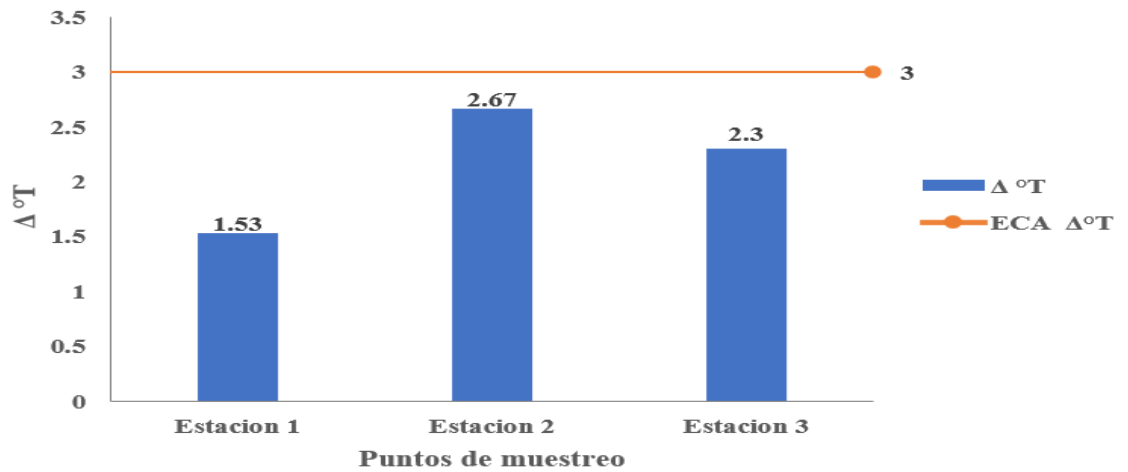


Figura 31. Variación de la temperatura y verificación de este con el ECA -PERU.

En la figura 32, se observa que los valores de la variación de los Solidos Totales Disueltos para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 185 ppm, 179.67 ppm y 195.67 ppm respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de lo que exige el ECA (menor a 1000 ppm) para ser considerado apto para ser potabilizado con desinfección.

Variación de solidos t. d.

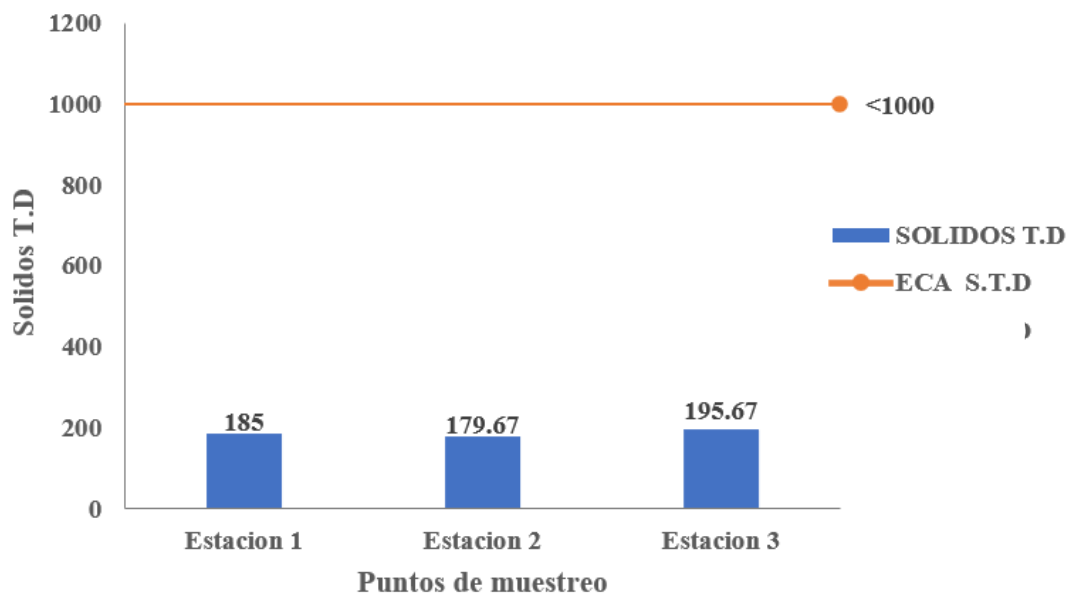


Figura 32. Variación de los Solidos Totales D. y verificación de este con el ECA – PERU.

En la figura 33, se observa que los valores de la variación del Oxígeno Disuelto para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), fueron 6.13 ppm. 6.13 ppm y 4.76 ppm respectivamente, La estación 1 y 2 del monitoreo en el Rio supte si cumplen con los estándares, ya que están por encima de 6 mg/l lo que exige el ECA. Por otra parte, la Estación 3 (parte baja de Rio supte) la cantidad de Oxígeno Disuelto fue de 4.76 mg/l, este valor está por debajo lo que exige el ECA (> 6 mg/l). lo cual no cumple con los estándares establecidos para ser considerado como agua que no puede ser potabilizado con desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

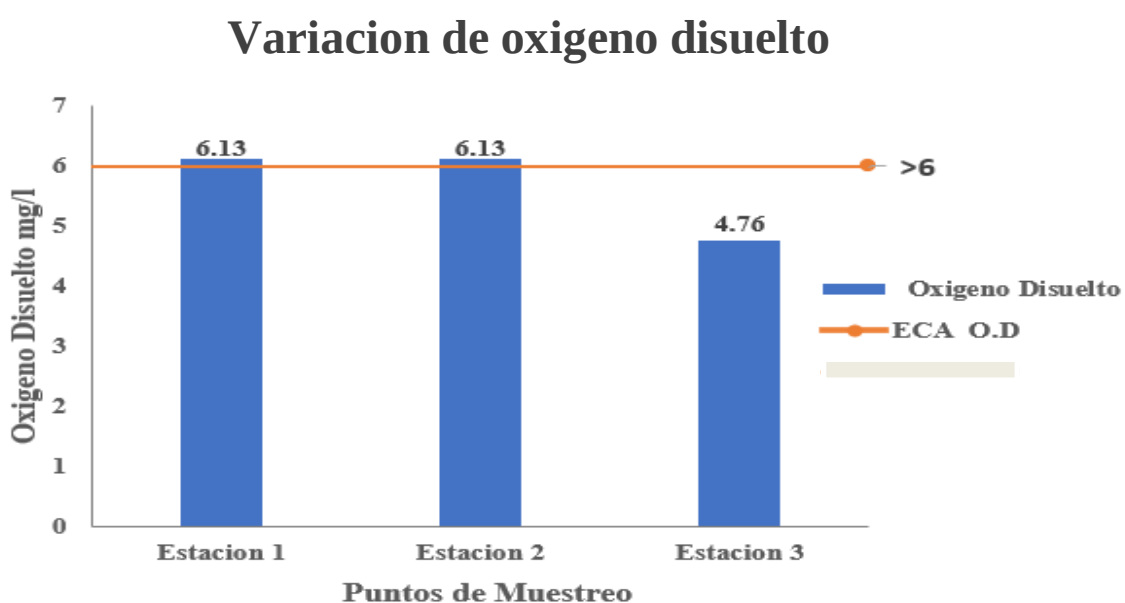


Figura 33. Variación del Oxígeno Disuelto. y verificación de este con el ECA –PERU.

En la figura 34, se observa que los valores de la variación de los Fosfatos Totales para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 1 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por encima 0.1 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, no cumplen con los estándares de estos y estas aguas no podrán ser potabilizadas con desinfección sino con algún otro tratamiento avanzado.

Variación de los fosfatos totales

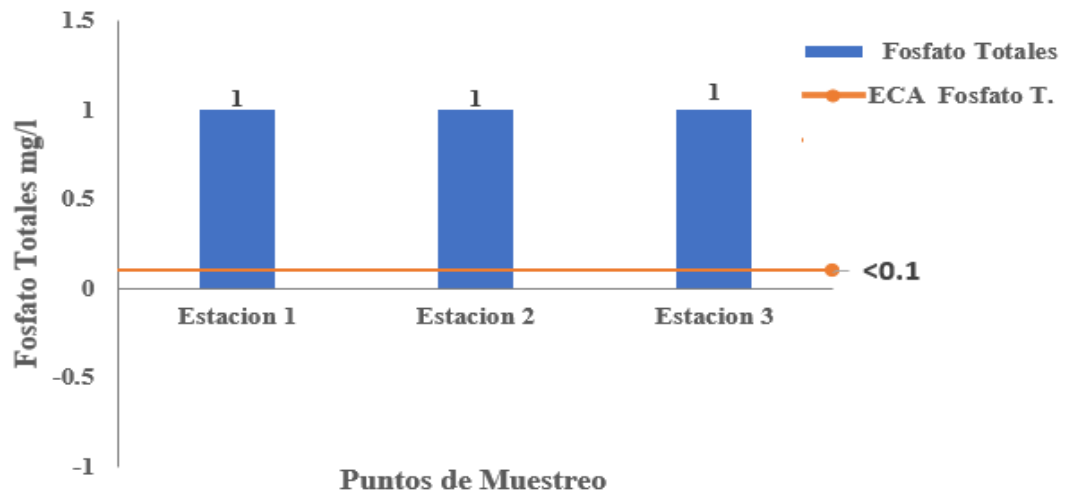


Figura 34. Variación de los Fosfatos Totales y verificación de este con el ECA -PERU

En la figura 35, se observa que los valores de la variación de los Nitratos para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 10 ppm para las 3 estaciones, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 50 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

Variación de los nitratos

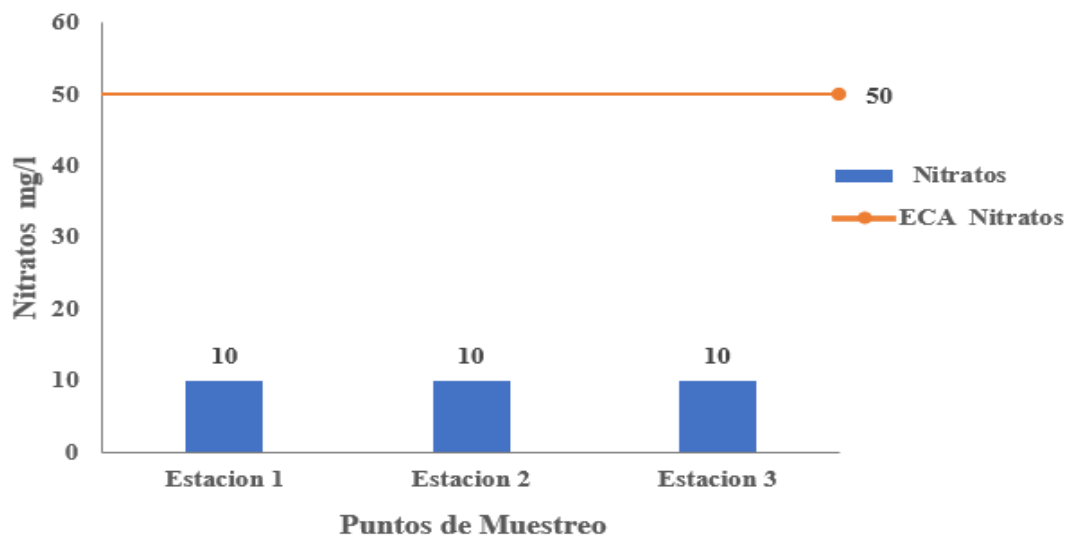


Figura 35. Variación de los Nitratos y verificación de este con el ECA -PERU.

En la figura 36, se observa que los valores de la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 1.49 mg/l, 1.77 mg/l y 1.26 mg/l respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 3 mg/l de lo que exige el ECA, D.S N° 004-2017-MINAM, por ende, este parámetro si cumple con los estándares de el ECA, para ser potabilizado con desinfección simple para el consumo humano.

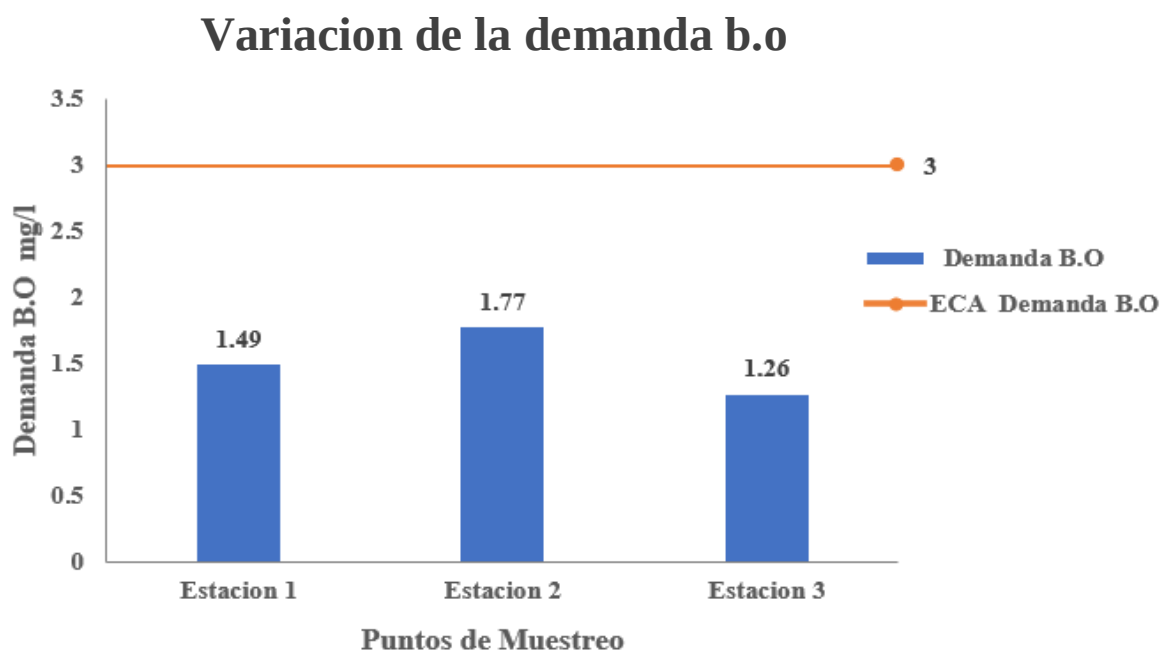


Figura 36. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y verificación de este con el ECA -PERU

En la figura 37, se observa que los valores de la Turbidez para el mes de agosto en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultaron 1.63 NTU, 1,87 NTU y 4.24 NTU en las 3 estaciones respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 5 NTU de lo que exige el ECA, cumpliendo así este parámetro con los estándares establecidos para ser agua potabilizado con desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

Variación de la turbidez

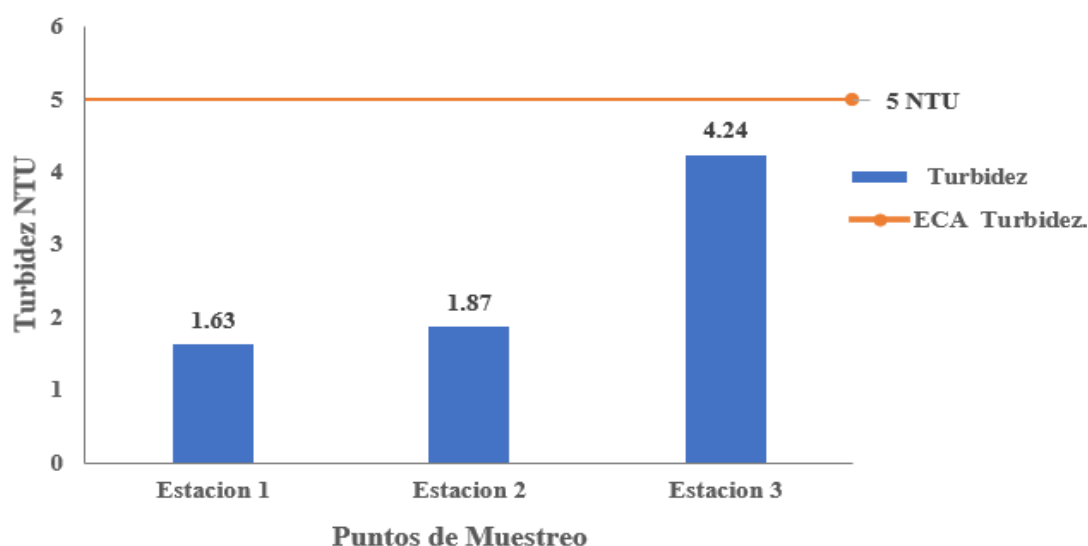


Figura 37. Variación de la Turbidez y verificación de este con el ECA -PERU

4.2. Determinar los indicadores microbiológicos de la calidad del agua del Río Supte en un tramo de influencia del sector Supte Sam Jorge

Resultados promedios, obtenidos del parámetro microbiológico del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Río supte, esto en la estación de control 1,2 y 3 (parte alta, media y baja del Río Supte) para el mes de agosto del 2022 en Tingo María.

Parámetro	Unidad de medida	parte alta T°amb=24 °C	parte media T°amb=25 °C	parte baja T°amb=26 °C		
Microbiológico		muestra 1	muestra 2	muestra3	prom.	ECA
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	0	0.00	20

Para los Coliformes Fecales el valor promedio fue de 0 NMP/100ml, siendo menor a lo que establece el ECA agua (máximo 20 NMP/100ml).

En la figura 38 se muestra el resultado del parámetro microbiológico para el mes de agosto en el Río supte (parte alta, media y baja), resultando 0 coliformes fecales en las 3 estaciones de muestreo, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 20 NMP/100ml de lo que exige el ECA, cumpliendo así este parámetro con los estándares

establecidos para ser agua potabilizado con simple desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM.

Variación de los coliformes f.

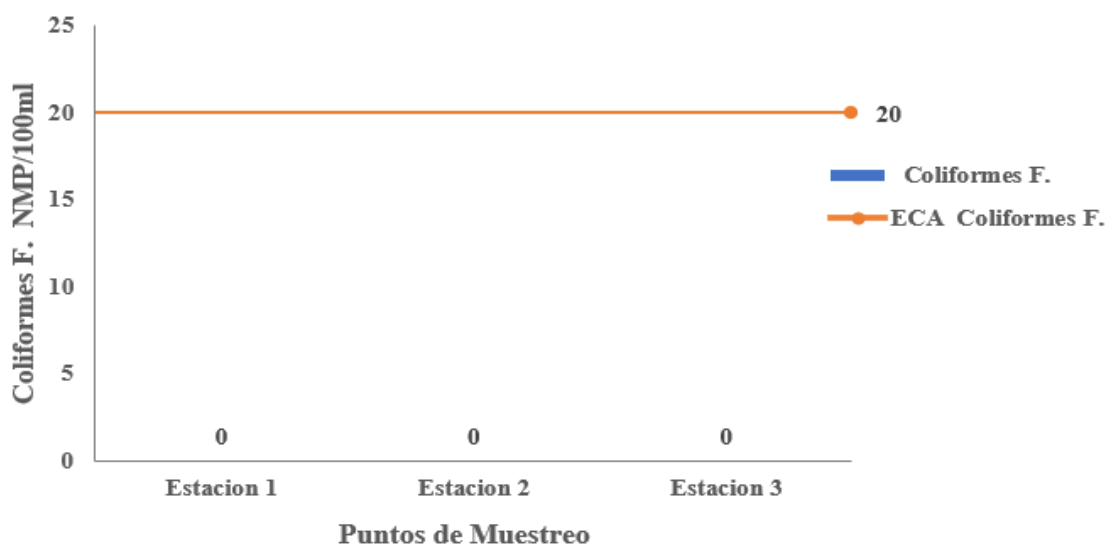


Figura 38. Variación de los Coliformes Fecales y verificación de este con el ECA-PERU

Resultados promedios, obtenidos del parámetro microbiológico del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Rio supte, esto en la estación de control 1,2 y 3 (parte alta, media y baja del Rio Supte) para el mes de septiembre del 2022 en Tingo María.

Parámetro	Unidad de medida	parte alta T°amb=26.5 °C muestra 1	parte media T°amb=27 °C muestra 2	parte baja T°amb=27 °C muestra3	prom.	ECA
Microbiológico						
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	0	0.00	20

La cantidad de Coliformes Fecales resulto 0, siendo menor a lo que establece el ECA (máximo 20 NMP/100ml).

En la figura 39 se muestran los resultados de los parámetros microbiológico para el mes de septiembre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 0 coliformes fecales en las 3 estaciones de muestreo, lo cual podemos decir que estos valores están por debajo de 20 NMP/100ml de lo que exige el ECA, cumpliendo así este parámetro con los estándares

establecidos para ser agua potabilizado con simple desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM

Variación de los coliformes f.

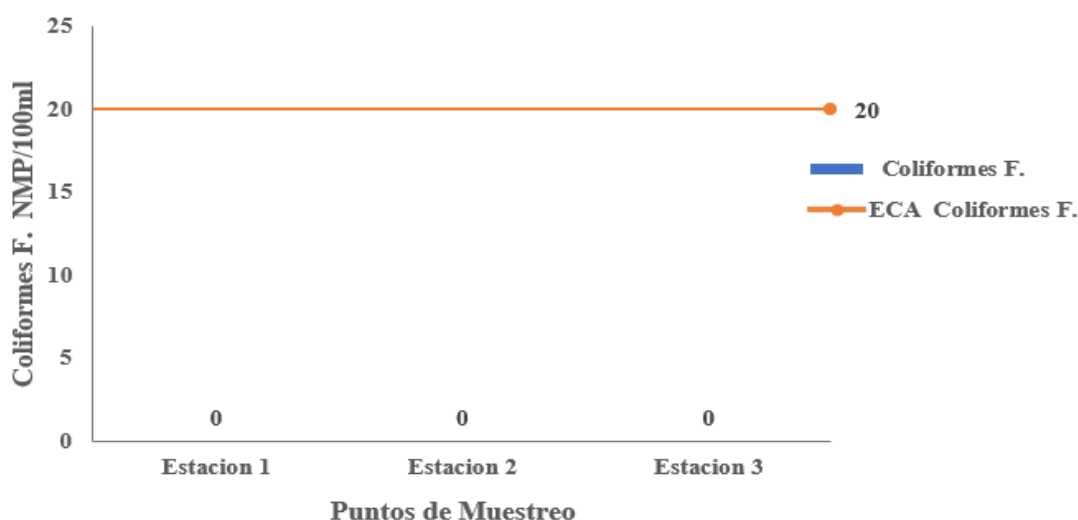


Figura 39. Variación de los Coliformes Fecales y verificación de este con el ECA -PERU.

Resultados promedios, obtenidos del parámetro microbiológico del agua mediante el monitoreo de la calidad del agua del Rio supte, esto en la estación de control 1,2 y 3 (parte alta, media y baja del Rio Supte) para el mes de octubre del 2022 en Tingo María.

Parámetro		parte alta	parte media	parte baja		
Microbiológico	Unidad de medida	T°amb=22.7 °C	T°amb=25 °C	T°amb=26 °C		
		muestra 1	muestra 2	muestra3	prom.	ECA
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.33	2.67	7.33	3.78	20

La cantidad de Coliformes Fecales hallados fue de 3.78 NMP/100ml, siendo menor a lo que establece el ECA (máximo 20 NMP/100ml).

En la figura 40 se muestran los resultados de los parámetros microbiológico para el mes de octubre en el Rio supte (parte alta, media y baja), resultando 1.33 NMP/100ml, 2.67 NMP/100ml, 7.33 NMP/100ml coliformes fecales en las 3 estaciones de muestreo respectivamente, lo cual podemos decir que a pesar de haber hallado coliformes fecales, estos valores están por debajo de 20 NMP/100ml de lo que exige el ECA, cumpliendo así este

parámetro con los estándares establecidos para ser agua potabilizado con simple desinfección, según D.S N° 004-2017-MINAM

Variación de los coliformes f.

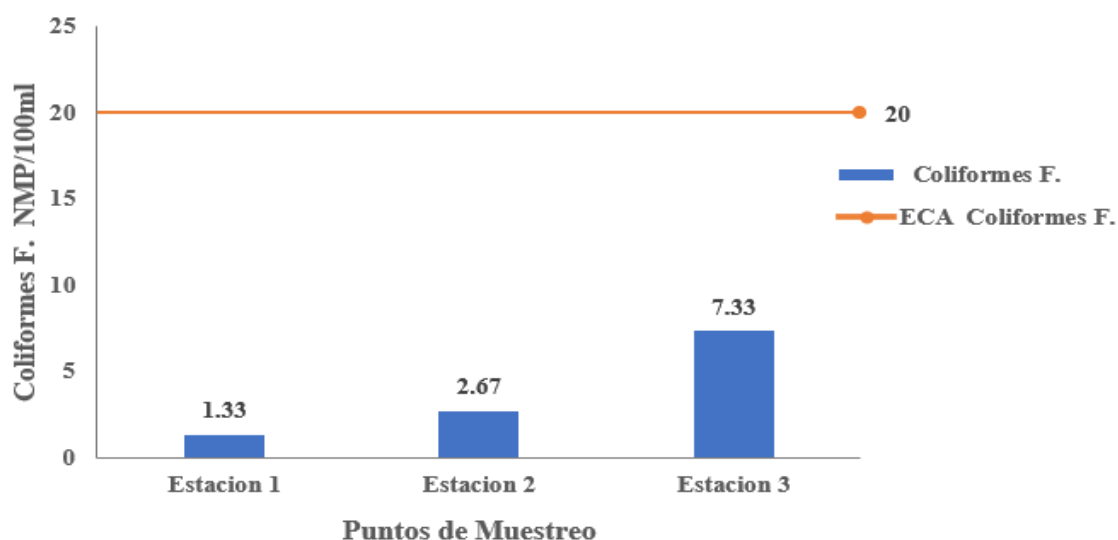


Figura 40. Variación de los Coliformes Fecales y verificación de este con el ECA - PERU

4.3. Comparar la calidad del agua a través del ICA-NSF en los distintos puntos de control, durante el periodo de evaluación del tramo de influencia del sector Supte San Jorge

En las siguientes tablas se reportan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las tres estaciones de control; así mismo se muestran los subíndices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**).

Tabla 5. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del rio supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	55.73	% sat	50	0.17	8.5
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16
pH	8.42	Unidades	67	0.11	7.37
DBO	0.74	mg/l	90	0.11	9.9

Cambio de temperatura	1.30	°C	88	0.10	8.8
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.57	NTU	97	0.08	7.76
Sólidos totales	225.67	mg/l	70	0.07	4.9
Sumatoria índice					72.23

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte alta del Rio Supte en el mes de agosto, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (55.73 % sat) el índice calculado fue de 50, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el índice calculado fue de 100, pH(8.42) el índice calculado fue de 67, DBO (0.74 mg/l) el índice calculado fue de 90, variación de la temperatura (1.30 °C) el índice calculado fue de 88, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.57 UNT) el índice calculado fue de 97, Solidos Totales (225.67 mg/l) el índice calculado fue de 70.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 72.23$$

El índice obtenido fue de 72.23. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color verde en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad de agua fue Buena.

Tabla 6. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del rio supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	77.45	% sat	80	0.17	13.6
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16
pH	8.27	Unidades	77	0.11	8.47

DBO	2.66	mg/l	71	0.11	7.81
Cambio de temperatura	1.63	°C	87	0.10	8.7
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.50	NTU	98	0.08	7.84
Sólidos totales	226	mg/l	69	0.07	4.83
Sumatoria índice					76.25

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte alta del Rio Supte en el mes de agosto, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (77.45 % sat) el índice calculado fue de 80, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el índice calculado fue de 100, pH (8.27) el índice calculado fue de 77, DBO (2.66 mg/l) el índice calculado fue de 71, variación de la Temperatura (1.63 °C) el índice calculado fue de 87, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.50 UNT) el índice calculado fue de 98, Solidos Totales (226 mg/l) el índice calculado fue de 69.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 76.25$$

El índice obtenido fue de 76.25. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color amarillo en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad de agua fue media.

Tabla 7. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del rio supte) en el mes de agosto, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	80.98	% sat	86	0.17	14.62
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16

pH	7.91	Unidades	83	0.11	9.13
DBO	2.97	mg/l	70	0.11	7.7
Cambio de temperatura	0.97	°C	89	0.10	8.9
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.53	NTU	97.5	0.08	7.8
Sólidos totales	221.33	mg/l	82	0.07	5.74
Sumatoria índice					78.89

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte alta del Rio Supte en el mes de agosto, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (80.98 % sat) el índice calculado fue de 86, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el índice calculado fue de 100, pH (7.91) el índice calculado fue de 83, DBO (2.97 mg/l) el índice calculado fue de 70, variación de la Temperatura (0.97 °C) el índice calculado fue de 89, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.53 UNT) el índice calculado fue de 97.5, Solidos Totales (221.33 mg/l) el índice calculado fue de 82.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 78.89$$

El índice obtenido fue de 78.89. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color verde en la clasificación para la calidad del agua. En este punto el monitoreo de la calidad de agua fue Buena.

En la figura 41, se observa la variación de los valores del ICA-NSF en los 3 puntos de muestreo (estaciones de control), tanto en la parte alta, media, y baja del Rio supte los valores del ICA-NSF para el mes de agosto están dentro del rango 71-90, en este el rango la clasificación de la calidad del agua es Buena. Por tanto la calidad del agua del Rio supte en el mes de agosto fue Buena.

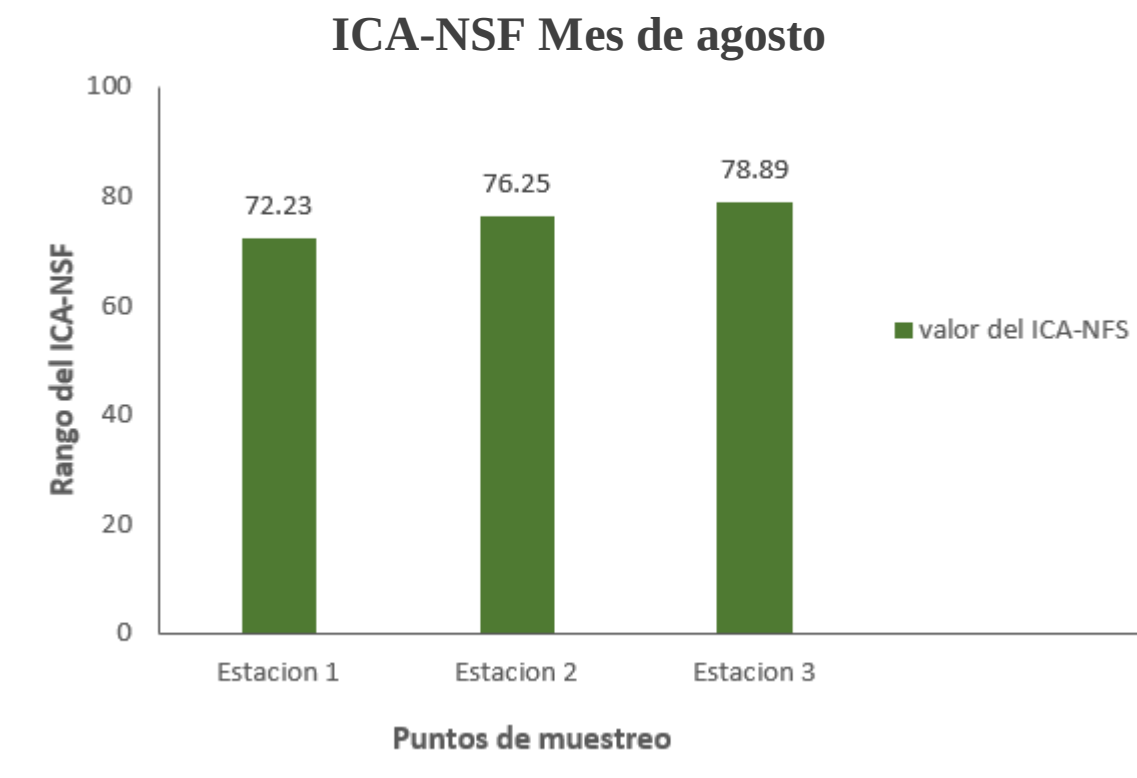


Figura 41. Variación del ICA-NSF en las 3 estaciones de muestreo.

Tabla 8. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del río supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	74.47	% sat	76	0.17	12.92
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16
pH	8.75	Unidades	56	0.11	6.16
DBO	2.13	mg/l	81	0.11	8.91
Cambio de temperatura	1.87	°C	86	0.10	8.6
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.65	NTU	97	0.08	7.76

Sólidos totales	203.33	mg/l	72	0.07	5.04
Sumatoria índice	74.39				

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte alta del Rio Supte en el mes de septiembre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (74.47 % sat) el subíndice calculado fue de 76, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 100, pH (8.75) el subíndice calculado fue de 56, DBO (2.13 mg/l) el subíndice calculado fue de 81, variación de la Temperatura (1.87°C) el subíndice calculado fue de 86, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.65 UNT) el índice calculado fue de 97, Sólidos Totales (203.33 mg/l) el subíndice calculado fue de 72.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 74.39$$

El índice obtenido fue de 74.39. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color amarillo en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Media.

Tabla 9. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del rio supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	77.6	% sat	81	0.17	13.77
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16
pH	8.26	Unidades	72	0.11	7.92
DBO	2.39	mg/l	80	0.11	8.8
Cambio de temperatura	1.73	°C	86.5	0.10	8.65
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4

Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.68	NTU	98	0.08	7.84
Sólidos totales	201	mg/l	71	0.07	4.97
Sumatoria índice					76.95

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte media del Rio Supte en el mes de septiembre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (77.6 % sat) el subíndice calculado fue de 81, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 100, pH (8.26) el subíndice calculado fue de 72, DBO (2.39 mg/l) el subíndice calculado fue de 80, variación de la Temperatura (1.73°C) el subíndice calculado fue de 86.5, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.68 UNT) el índice calculado fue de 98, Solidos Totales (201 mg/l) el subíndice calculado fue de 71.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 76.95$$

El índice obtenido fue de 76.95. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color amarillo en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Media.

Tabla 10. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del rio supte) en el mes de septiembre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	70.85	% sat	72	0.17	12.24
Coliformes fecales	0	#/100 ml	100	0.16	16
pH	8.07	Unidades	82	0.11	9.02
DBO	1.94	mg/l	82	0.11	9.02
Cambio de temperatura	0.80	°C	90	0.10	9

Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	0.82	NTU	97.5	0.08	7.8
Sólidos totales	224.33	mg/l	68	0.07	4.76
Sumatoria índice					76.84

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte baja del Rio Supte en el mes de septiembre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (70.85 % sat) el subíndice calculado fue de 72, Coliformes Fecales (0 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 100, pH (8.07) el subíndice calculado fue de 82, DBO (1.94 mg/l) el subíndice calculado fue de 82, variación de la Temperatura (0.80 °C) el subíndice calculado fue de 90, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (0.82 UNT) el índice calculado fue de 97.5, Solidos Totales (224.33 mg/l) el subíndice calculado fue de 68.

$$ICA_{nfs} = 76.84$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

El índice obtenido fue de 76.84. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color verde en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Buena.

En la figura 42, se observa la variación de los valores del ICA-NSF en las 3 puntos de muestreo (estaciones), tanto en la parte alta, media, y baja del Rio supte los valores del ICA-NSF para el mes de septiembre están dentro del rango 71-90, en este rango la clasificación de la calidad del agua es Buena. Por tanto la calidad del agua del Rio supte en el mes de septiembre fue Buena.

ICA-NSF Mes de setiembre

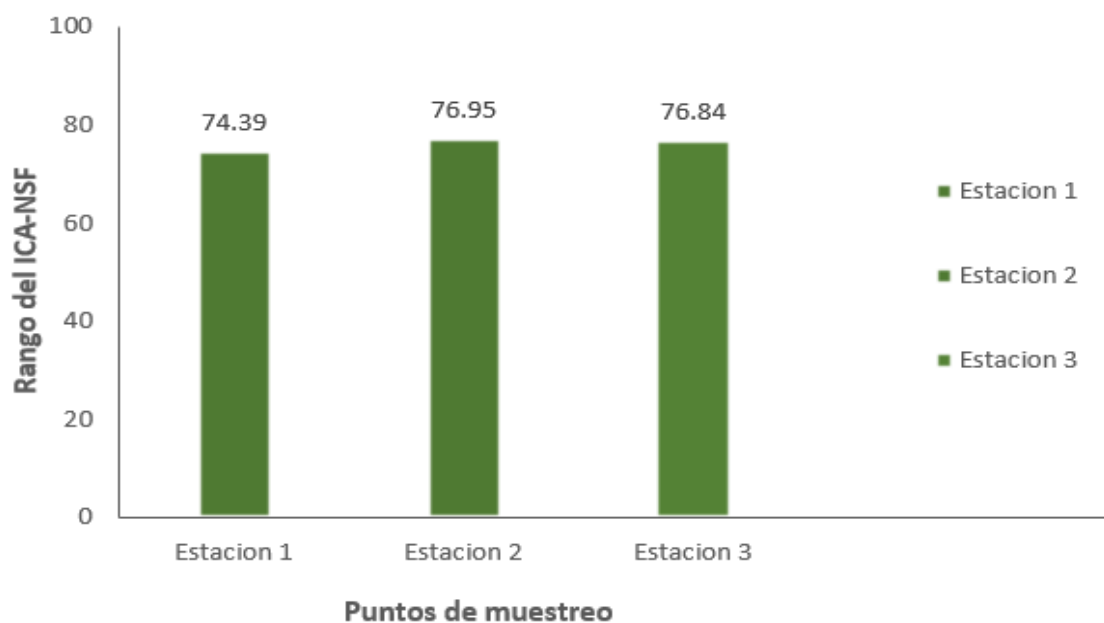


Figura 42. Variación del ICA-NSF en las 3 estaciones de muestreo.

Tabla 11. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 1 (parte alta del río supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	68.26	% sat	70	0.17	11.9
Coliformes fecales	1.33	#/100 ml	95	0.16	15.2
pH	8.53	Unidades	64	0.11	7.04
DBO	1.49	mg/l	86	0.11	9.46
Cambio de temperatura	1.53	°C	87.5	0.10	8.75
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	1.63	NTU	93	0.08	7.44
Sólidos totales	185	mg/l	73	0.07	5.11
Sumatoria índice					73.9

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte alta del Rio Supte en el mes de octubre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (68.23 % sat) el subíndice calculado fue de 70, Coliformes Fecales (1.33 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 95, pH (8.53) el subíndice calculado fue de 64, DBO (1.49 mg/l) el subíndice calculado fue de 86, variación de la Temperatura (1.53 °C) el subíndice calculado fue de 87.5, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (1.63 UNT) el índice calculado fue de 93, Solidos Totales (185 mg/l) el subíndice calculado fue de 73.

$$ICA_{nfs} = 73.9$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

El índice obtenido fue de 73.9. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color verde en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Buena.

Tabla 12. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 2 (parte media del rio supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	69.5	% sat	73	0.17	12.41
Coliformes fecales	2.67	#/100 ml	88	0.16	14.08
pH	8.45	Unidades	68	0.11	7.48
DBO	1.77	mg/l	83	0.11	9.13
Cambio de temperatura	2.67	°C	81	0.10	8.1
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	1.87	NTU	92	0.08	7.36
Sólidos totales	179.67	mg/l	74	0.07	5.18
Sumatoria índice					72.74

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte media del Río Supte en el mes de octubre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (69.5 % sat) el subíndice calculado fue de 73, Coliformes Fecales (2.67 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 88, pH (8.45) el subíndice calculado fue de 68, DBO (1.77 mg/l) el subíndice calculado fue de 83, variación de la Temperatura (2.67°C) el subíndice calculado fue de 81, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (1.87 UNT) el índice calculado fue de 92, Sólidos Totales (179.67 mg/l) el subíndice calculado fue de 74.

$$ICA_{nfs} = 72.74$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

El índice obtenido fue de 72.74. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 71-90 en una escala de color verde en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Buena.

Tabla 13. Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado mediante la hoja de cálculo Excel, para la calidad del agua en la estación 3 (parte baja del río supte) en el mes de octubre, Tingo María 2022.

Parámetro	Resultado	Unidades	Q-valor	Factor de ponderación	Subtotal
Oxígeno disuelto	50.09	% sat	43	0.17	7.31
Coliformes fecales	7.33	#/100 ml	76	0.16	12.16
pH	7.99	Unidades	84	0.11	9.24
DBO	1.26	mg/l	85	0.11	9.35
Cambio de temperatura	2.30	°C	83	0.10	8.3
Fosfatos totales	1	mg/l	40	0.10	4
Nitratos	10	mg/l	50	0.10	5
Turbidez	4.24	NTU	87	0.08	6.96
Sólidos totales	195.67	mg/l	72	0.07	5.04
Sumatoria índice					67.36

Los valores registrados para los 9 parámetros entre físicos, químicos y microbiológico del agua, en la parte media del Rio Supte en el mes de octubre, se muestran a continuación con sus respectivos subíndices, Oxígeno disuelto (50.09 % sat) el subíndice calculado fue de 43, Coliformes Fecales (7.33 NMP/ml) el subíndice calculado fue de 76, pH (7.99) el subíndice calculado fue de 84, DBO (1.26 mg/l) el subíndice calculado fue de 85, variación de la Temperatura (2.30 °C) el subíndice calculado fue de 83, Fosfatos Totales (1 mg/l) el índice calculado fue de 40, Nitratos (10 mg/l) el índice calculado fue de 50, Turbidez (4.24 UNT) el índice calculado fue de 87, Solidos Totales (195.67 mg/l) el subíndice calculado fue de 72.

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICA_{nfs} = 67.36$$

El índice obtenido fue de 67.36. Tomando en cuenta la Escala de clasificación del ICA-NSF, este índice está comprendido en el rango 51-70 en una escala de color amarillo en la clasificación para calidad del agua. En este punto el monitoreo la calidad del agua fue Media.

En la figura 43, se observa la variación de los valores del ICA-NSF en los 3 puntos de muestreo (estaciones de control), tanto en la parte alta como en la parte media del Rio supte los valores del ICA-NSF para el mes de octubre están dentro del rango 71-90, en este rango la clasificación de la calidad del agua resulta Buena. Mientras tanto para la parte baja del Rio supte (estación 3 de control) el valor obtenido del ICA-NSF fue de 67.36, este valor está dentro del rango 51-70, considero la calidad del agua como Regular o Media, según el ICA-NSF.

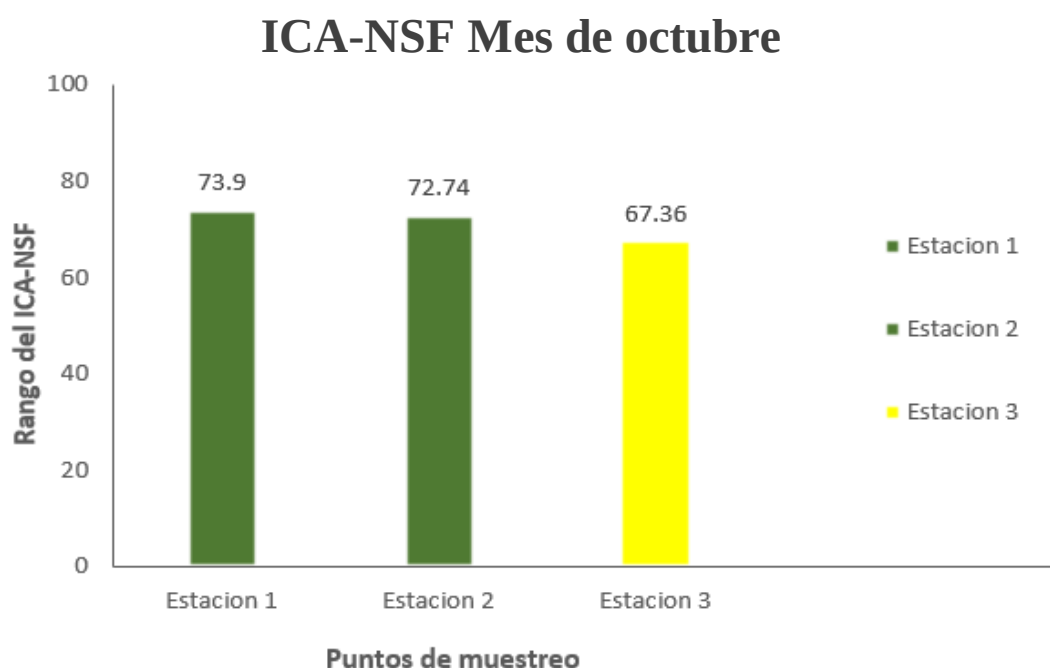


Figura 43. Variación del ICA-NSF en las 3 estaciones de muestreo del Rio supte.

A continuación, para cada valor de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se determinó la media, varianza y desviación estándar, que son medidas estadísticas que permiten determinar la variabilidad de los valores de cada parámetro en los meses de estudio, los mismos que se detallan en la tabla 6.

Tabla 14. Valores estadísticos para el ICA-NSF para el periodo Agosto-octubre del 2022.

Pto	Meses	OD mg/l	CF #/100 ml	pH Unid.	DBO mg/l	ΔT °C	Fosf. mg/l	Nitr. mg/l	TUR NTU	ST mg/l
Estación 1	Ago.	4.91	0	8.42	0.74	1.3	1	10	0.57	225.67
	Sep.	6.33	0	8.75	2.13	1.87	1	10	0.65	203.33
	Oct	6.13	1.33	8.53	1.49	1.53	1	10	1.63	185
Estación 2	Ago.	6.7	0	8.27	2.66	1.63	1	10	0.5	226
	Sep.	6.49	0	8.26	2.39	1.73	1	10	0.68	201
	Oct	6.13	2.67	8.45	1.77	2.67	1	10	1.87	179.67
Estación 3	Ago.	6.77	0	7.91	2.97	0.97	1	10	0.53	121.33
	Sep.	5.81	0	8.07	1.94	0.8	1	10	0.82	224.33
	Oct	4.76	7.33	7.99	1.26	2.3	1	10	4.24	195.67

Media	6.00	1.26	8.29	1.93	1.64	1.00	10.00	1.28	195.78
Desv. estándar.	0.73	2.46	0.27	0.70	0.60	0.00	0.00	1.22	32.83
Varianza	0.53	6.05	0.07	0.49	0.35	0.00	0.00	1.48	1078.07

Tabla 15. Prueba de T de student para el ICA-NSF para el periodo Agosto-octubre en los tres puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Prueba estadística	TUR NTU	ΔT °C	pH Unid.	DBO mg/l	STD mg/l	Fosf. mg/l	Nitr. mg/l	OD mg/l	Coli. F #/100 ml
Estación 1	T de student	0.00357	0.0093	0.03055	0.086	0.000067	1	1	0.018	0.423
Estación 2	T de student	0.000569	0.0580	0.00035	0.269	0.000052	1	1	0.468	0.184
Estación 3	T de student	0.0000346	0.0043	0.01298	0.194	0.0583	1	1	0.208	0.159

Para el parámetro de la turbidez (NTU), en las tres estaciones de monitoreo de la calidad del agua presentaron una diferencia significativa ($P < 0.05$), encontrándose que los resultados registrados entre agosto y octubre del 2022, existió variabilidad en los resultados obtenidos según el periodo evaluado; para la variación de temperatura en la estación de monitoreo 1 y 3 presento diferencia significativa ($P < 0.05$), a excepción de la segunda estación de control que no presenta diferencia significativa en el periodo evaluado; para el parámetro del pH en las tres estaciones de monitoreo de la calidad del agua presento una diferencia significativa ($P < 0.05$), donde existió variabilidad en los resultados obtenidos según el periodo evaluado; para el parámetro DBO no existió diferencia significativa en ninguna de las 3 estaciones de control en el periodo evaluado; para los sólidos totales disueltos en la estación de monitoreo 1 y 2 presento diferencia significativa ($P < 0.05$), a excepción de la segunda estación de control que no presenta diferencia significativa en el periodo evaluado; para los fosfatos y nitratos evaluados, no existió diferencia significativa por que se mantuvieron los resultados iguales en el periodo de evaluación en las 3 estaciones de monitoreo de la calidad del agua; para el oxígeno disuelto, en la primera estación de control del monitoreo de la calidad del agua presento una diferencia significativa ($P < 0.05$), a excepción de la segunda y tercer estación de monitoreo de la calidad del agua en el periodo evaluado; para el parámetro microbiológico no existió diferencia significativa por que se mantuvieron los resultados iguales en el periodo de evaluación en las 3 estaciones de monitoreo de la calidad del agua.

V. CONCLUSIONES

1. Para el mes de agosto, setiembre según la clasificación del ICA-NSF la calidad del agua es “Buena” en los tres puntos de muestreo, mientras que, en el mes de octubre, en el punto de muestreo 1 y 2 según clasificación del ICA-NSF la calidad del agua es “Buena” y en el punto de muestreo 3 el índice de calidad resultó “Media o Regular”.
2. Se determinó el índice microbiológico del Rio Supte, E. coli o coliformes fecales en el mes de octubre en los 3 puntos de muestreo.
3. Se realizó la comparación de los parámetros evaluados del Rio supte, con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, identificando que, parámetros como Nitratos superan lo establecido en el estándar de calidad en los 3 puntos de monitoreo. Oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno superan lo establecido por el ECA en el tercer punto de muestreo.
4. La aplicación del índice ICA-NSF mostro que el agua del Rio Supte puede ser considerada íntegramente Buena para los meses de agosto y septiembre, según el ECA agua esta pertenecería a la categoría A1 por lo que puede ser aprovechado con simple desinfección para el consumo de la población. En el tercer punto de muestreo (parte baja del Rio supte) el índice ICA-NSF fue Regular, mostrando una leve tendencia a la disminución en el mes de octubre, clasificado según el ECA agua como categoría A3

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar más estudios de los parámetros fisicoquímicos como alcalinidad, dureza, carbono orgánico total, cloruros, nitritos, amoníaco, sulfatos, conductividad y otros elementos inorgánicos como aluminio, hierro, manganeso etc. ya que nos permitirá tener mayor exactitud en el resultado de los índices de calidad ambiental del agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
2. En cuanto a los parámetros microbiológicos se debiera implementar estudios de los siguientes parámetros como mohos levadura, salmonella, Vibrio cholerae, Formas Parasitarias y Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos. Para poder tener una mayor exactitud en el resultado de los índices de calidad ambiental del agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
3. El estudio se realizó únicamente en los meses de agosto, septiembre y octubre por tal motivo se recomienda hacer un seguimiento o un plan de monitoreo que muestre el comportamiento de las fuentes de agua en todo el año.
4. Usar otras herramientas de índices de calidad para el análisis de la calidad del agua, como ICA-OREGON, ICA UWQI-IDEAM, ICA CWQI-SDA, lo cual nos proporcionara un resultado más variable y específico a la vez.
5. Es necesario implementar sistemas de saneamiento básico para las poblaciones aledañas al Río Supte y los demás efluentes, promoviendo de esta manera la participación y cambio de comportamiento sanitario de los usuarios.

VII. REFERENCIAS

- Arana, M. (2002) Resolución de conflictos medioambientales en la Microcuenca del río Porcón, Cajamarca 1993-2002. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Aquino, P. (2017). Calidad del agua en el Perú. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR). https://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf.
- Autoridad Nacional del Agua (2014). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales Resolución Jefatural N° 010- 2014-ANA
- Bartolomeo, A. (2018) El libro del agua. (4ta. Ed.). España: Alianza.
- Calua, C. y Carrasco, H. (2021). Evaluación de la calidad del agua mediante el método ICA-NSF para conservar el recurso hídrico en un sector de la microcuenca porcón, Cajamarca 2020. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.
- Capítulo III. Índices de calidad (ICAs) y de Contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. CA Caho-Rodríguez · 2017. Recuperado de la website: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf.
- Concepto sobre monitoreo de la calidad del agua 2018/11/17/. Recuperado de la website: <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>.
- Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Carlos Andrés Caho-Rodríguez, Ellie Anne López-Barrera (2017). Recuperado de la website: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>.
- Escobar, J. y Pérez, (2016) Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. En revista ingeniería e investigación, 30 (3) pp. 86-95.
- Galindo, H. (2020) ESTADÍSTICA PARA NO ESTADÍSTICOS. Recuperado de la website: [file:///C:/Users/JULIO/Downloads/Estad%C3%ADstica-para-no-estad%C3%ADsticos-Una-gu%C3%ADa-b%C3%A1sica-sobre-la-metodolog%C3%ADa-cuantitativa-de-trabajos-acad%C3%A9micos-2%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/JULIO/Downloads/Estad%C3%ADstica-para-no-estad%C3%ADsticos-Una-gu%C3%ADa-b%C3%A1sica-sobre-la-metodolog%C3%ADa-cuantitativa-de-trabajos-acad%C3%A9micos-2%20(2).pdf).

HI 3874 Test Kit de Nitrato. Recuperado de la website:
https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2019/09/Manual_HI3874.pdf.

Indice de calidad del agua general “ica” SNET, Recuperado de la website
:<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>.

INUNDACIÓN DEL DISTRITO DE LUYANDO-HUANUCO. (2019). Recuperado
9 de noviembre de 2021, de INDECI website: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/07/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-1513-17JUL2019-INUNDACION-EN-EL-DISTRITO-DE-LUYANDO-HUANUCO-01.pdf>

José Luis Bauer, Juan Carlos Castro y Betty Chung .(2017). Capítulo 4 Calidad del agua.
Recuperado de la website: <https://ciga.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/09/4-CAPITULO-4.pdf>.

Laurente, C. (2019). Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ica—nsf) en un tramo de la quebrada cruz de motupe, Tingo María 2015. [Practica preprofesionales, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional

Manrique, L. y Chávez, R. (1996). Estudio de suelos de la Microcuenca del río Supte. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 90pp.

Martínez, S. y Barrero, I. (2018) Evaluación de las condiciones de calidad de agua para la formulación de estrategias de aprovechamiento y conservación de la Microcuenca, quebrada La Argentina, Villavicencio- Meta. (Tesis de Licenciatura). Universidad Santo Tomás, Colombia.

Ministerio del Ambiente, Estudio de desempeño ambiental 2003-2013. (2015).
https://www.minam.gob.pe/esda/wpcontent/uploads/2016/09/estudio_de_desempeno_ambiental_esda_2016.pdf

Miranda, M. (2009). Turbiedad del agua. Recuperado de la website:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/11/turbiedad.pdf>.

Perales, A. (2019). Perdida de suelo por erosión hídrica aplicando el modelorusle en la cuenca del rio supte grande, provincia Leoncio Prado - Huánuco.[Tesis de bachiller, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional.
https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1720/TS_AFPQ_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- ONU-DAES (2014). Decenio internacional para la acción “el agua fuente de vida”2005-2015.Recuperado 18 de noviembre de 2021, de la ONU website: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Universidad Complutense de Madrid. 2015.Descripcion de indicadores, pH. [En línea]: UCM, (<http://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-pH%20f.pdf> ,20 May. 2018).
- Santa, K. (2014). INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE TRES POZOS ARTESIANOS QUE ABASTECEN A LA COMUNIDAD NATIVA PUEBLO NUEVO, UCAYALI. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Perú.
- Silva, M. (2018). Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del Rio Tumbes y propuesta de recuperación Sector Peruano – año 2011 AL 2014. Tumbes 2018. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú.

ANEXO

Anexo 1. Tabulación de tablas

Tabla 16. Parámetros físicos, químicos y microbiológico del Rio supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de agosto.

CORDENADAS	18 L	Estacion1 395832.0				Estacion2 393859.0				Estacion3 392889.0			
		UTM 8973717				8974054				8976042			
		Tomada a las 08:00 am				Tomada a las 10:00 am				tomada a las 12:00 pm			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.
PH		8.41	8.42	8.43	8.42	8.26	8.28	8.27	8.27	7.92	7.91	7.91	7.91
Temperatura (°C)		23.2	22.6	22.3	22.70	24.2	23.3	22.6	23.37	25.6	25	24.5	25.03
Solidos T.S (ppm)		225	226	226	225.67	226	226	226	226.00	82	134	148	121.33
Oxígeno Disuelto		4.75	5.43	4.55	4.91	6.88	7.64	5.57	6.70	7.79	7.84	4.67	6.77
Fosfato (mg/l)		1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00
Nitratos (mg/l)		5	5	5	5.00	5	5	5	5.00	10	10	10	10.00
Demanda B.O (mg/l)		0.45	1.33	0.45	0.74	2.78	3.64	1.57	2.66	3.79	3.84	1.27	2.97
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)		0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Turbidez (NTU)		0.623	0.574	0.498	0.57	0.546	0.492	0.466	0.50	0.585	0.494	0.51	0.53

Tabla 17. Parámetros físicos, químicos y microbiológico de Rio supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de septiembre.

CORDENADAS	18 L UTM	Estacion1 395840.0 8973714				Estacion2 393858.0 8974054				Estacion3 392888.0 8976041			
		Tomada a las 08:00 am				Tomada a las 10:00 am				tomada a las 12:00 pm			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.
PH		8.76	8.75	8.75	8.753	8.2	8.49	8.1	8.263	8.16	7.95	8.1	8.070
Temperatura (°C)		24.3	25.1	24.5	24.633	25.2	25.3	25.3	25.267	26.3	26.1	26.2	26.200
Solidos T.S (ppm)		204	203	203	203.333	200	201	202	201.000	225	225	223	224.333
Oxígeno Disuelto		6.18	6.46	6.36	6.333	6.51	6.35	6.6	6.487	5.87	5.81	5.74	5.807
Fosfato (mg/l)		1	1	1	1.000	1	1	1	1.000	1	1	1	1.000
Nitratos (mg/l)		10	10	10	10.000	5	5	5	5.000	10	10	10	10.000
Demanda B.O (mg/l)		1.88	2.26	2.26	2.133	2.41	2.45	2.3	2.387	2.07	2.11	1.64	1.940
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)		0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
Turbidez (NTU)		0.650	0.650	0.655	0.652	0.685	0.650	0.700	0.678	0.850	0.855	0.755	0.820

Tabla 18. Parámetros físicos, químicos y microbiológico de Rio supte, con sus 3 muestras en cada estación para el mes de octubre.

CORDENADAS	18 L UTM	Estacion1 395841.0 8973716				Estacion2 393857.0 8974057				Estacion3 392889.0 8976043			
		Tomada a las 08:00 am				Tomada a las 10:00 pm				tomada a las 12:00 pm			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	prom.
PH		8.49	8.57	8.54	8.533	8.44	8.45	8.45	8.447	7.98	7.99	8.00	7.990
Temperatura (°C)		22.2	21.2	21	21.467	22.7	22.3	22	22.333	24.1	23.8	23.2	23.700
Solidos T.S (ppm)		185	185	185	185.000	179	180	180	179.667	193	197	197	195.667
Oxígeno Disuelto		5.96	6.36	6.06	6.127	6.52	5.89	5.99	6.133	5.24	4.27	4.77	4.760
Fosfato (mg/l)		1	1	1	1.000	1	1	1	1.000	1	1	1	1.000
Nitratos (mg/l)		10	10	10	10.000	10	10	10	10.000	10	10	10	10.000
Demanda B.O (mg/l)		1.06	1.76	1.66	1.493	2.22	1.59	1.49	1.767	1.94	0.67	1.17	1.260
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)		0	4	0	1.333	0	4	4	2.667	4	4	14	7.333
Turbidez (NTU)		1.62	1.77	1.51	1.633	1.88	1.83	1.9	1.870	4.33	4.21	4.18	4.240

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura11. Coordenadas UTM de la primera estación (parte alta del Rio supte).



Figura 12. Medición con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte.



Figura 13. Medición del pH y la Temperatura con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte.



Figura 14. Medición de Solidos Totales D. con el multiparámetro en la parte alta del Rio supte en el mes de agosto.



Figura 15. Medición del Oxígeno Disuelto con el Oxímetro HANNA-419146 .



Figura 16. Resultado del Oxímetro HANNA-419146, para la tercera muestra, de la parte alta del Rio supte (Estación de control 1).



Figura 17. Conservación de las muestras, para la evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.



Figura 18. Muestras de agua del Rio supte de las 3 estaciones de control, para su próxima evaluación microbiológica.



Figura 19. Preparación de los caldos E.coli y Coliforme en los tubos de ensayo.

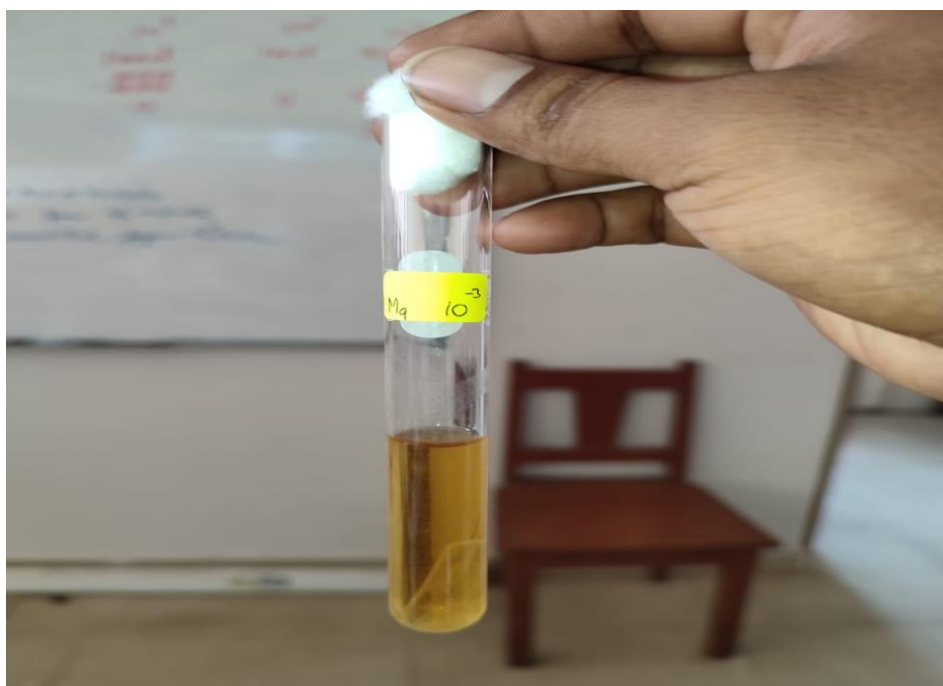


Figura 20. Observación del resultado de la prueba de E.coli en las 3 estaciones de control del mes de agosto del Rio supte.



Figura 21. Preparación de las muestras para ser evaluadas en el turbidímetro HACH-TL2300.



Figura 22. Resultado de la turbidez de la submuestra en la parte alta del Rio supte, mediante el turbidímetro HACH-TL2300.

Anexo 3. Normas utilizadas en la investigación

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

**DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

Figura 23. Aplicación del decreto supremo N° 004-2017-MINAM.

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

**Única.- Derogación de normas referidas a
Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Figura 23. Aplicación del decreto supremo N° 004-2017-MINAM (continuación...).

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2-Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

Figura 23. Aplicación del decreto supremo N° 004-2017-MINAM (continuación...)

