

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 SANTA ROSA DE SHAPAJILLA, EN EL DISTRITO LUYANDO.**

Tesis ara optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

PEREZ VICENTE ALEXANDER KEVIN

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Perez Vicente Alexander Kevin', written over a light blue rectangular background.

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 033-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de febrero de 2025, a horas 4. 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 SANTA ROSA DE SHAPAJILLA, EN EL DISTRITO LUYANDO”

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

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO 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, 02 de abril de 2025

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE.

Ing. MSc. MARCO ANTONIO DUEÑAS TUESTA
MIEMBRO

Dr. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE
MIEMBRO



Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
ASESOR



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 114 - 2025 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SUPTÉ EN UN TRAMO DE INFLUENCIA DEL SECTOR SANTA ROSA DE SHAPAJILLA, EN EL DISTRITO LUYANDO	PEREZ VICENTE ALEXANDER KEVIN	18 % Dieciocho

Tingo María, 24 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARIA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

REGISTRÓ DE TESIS PARA OBTENCION DEL TITULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria la Selva

Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables

Escuela profesional : Ingeniería en Conservación de Suelo y Agua

Título de Tesis : Calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Santa Rosa de Shapajilla, en el distrito Luyando.

Objetivo General : Determinar la calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Santa rosa de Shapajilla en el distrito de Luyando

Autor : Perez Vicente Alexander Kevin

DNI : 74309071

Correo electrónico : Alexander.perez@unas.edu.pe

Asesor de Tesis : Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez

Área de investigación : Gestión de Cuencas Hidrográficas

Grupo de investigación : Gestión de Cuencas Hidrográficas

Línea de investigación : Zonificación Ecológica y económica

Lugar de ejecución : Rio Supte – Sector Santa Rosa de Shapajilla

Fecha Inicio : 01/08/2023

Fecha Término : 01/02/2024

Presupuesto : S/. 3, 419.90

Financiamiento : Propio (X) FEDU () Eterno ()

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



Universidad	Universidad Nacional Agraria la Selva
Facultad	Facultad de Recursos Naturales Renovables
Escuela profesional	Ingeniería en Conservación de Suelo y Agua
Título de Tesis	Calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Santa Rosa de Shapajilla, en el distrito Luyando
Autor	Perez Vicente Alexander Kevin
Asesor de Tesis	Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez
Objetivo general	Determinar la calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Santa rosa de Shapajilla en el distrito de Luyando
Área de investigación	Gestión de Cuencas Hidrográficas
Grupo de investigación	Gestión de Cuencas Hidrográficas
Línea de investigación	Zonificación Ecológica y económica
Lugar de ejecución	Rio Supte – Sector Santa Rosa de Shapajilla
Duración	Inicio 01/08/2023 Término 01/02/2024
Financiamiento	Propio (X) FEDU () Eterno ()
Presupuesto	S/. 3, 419.90



DEDICATORIA

A Dios por guiarme y protegerme en este largo proceso de educación y mantenerme firme a mis principios y así para afrontar los obstáculos que se me presentaron en el camino.

A mi padre Teobaldo Perez Palomino quien fue el motor y motivo para conseguir mi objetivo, gracias a su apoyo incondicional en todo este proceso y al amor que me brinda día a día.

A mis tíos violeta Perez y Máximo Sinche , a mis primos Jhon, Juan y Teodora Sinche, por brindarme su apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores por compartir sus conocimientos y permitirme aprender de ellos para formarme y ser un profesional eficiente.

A mi asesor Dr. Lucio Manrique de Lara, por su apoyo para la ejecución de mi proyecto, por el aporte de sus saberes para poder desarrollar la presente investigación.

A mis colegas Jhon Díaz, Loayza Leiva, Julio Raymundo y demás amigos, por brindarme su amistad y compañerismo que fueron importantes para afrontar la carrera académica.

A mi pareja Nelida Espinoza, por brindarme su apoyo incondicional y por estar siempre en los momentos más difíciles para ayudarme a superar cada barrera que se me presento.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1. Objetivo general.....	1
	1.2. Objetivos específicos.....	2
II.	REVISION DE LITERATURA.....	3
	2.1. Antecedentes.....	3
	2.2. Marco teórico.....	4
	2.2.1. Calidad del agua.....	4
	2.2.2. Calidad del agua en el Perú.....	4
	2.2.3. Contaminación de los ríos.....	5
	2.2.4. Índice de calidad ambiental.....	5
	2.2.5. Estándares de calidad ambiental del agua.....	6
	2.2.6. ICA-NFS.....	7
	2.2.7. Curvas de función.....	9
	2.2.8. Parámetros fisicoquímicos.....	14
	2.2.8.1. pH.....	15
	2.2.8.2. Nitrato.....	15
	2.2.8.3. Fosforo total.....	15
	2.2.8.4. Turbidez.....	16
	2.2.8.5. Oxígeno disuelto.....	16
	2.2.8.6. Demanda bioquímica de oxígeno.....	17
	2.2.8.7. Sólidos totales disueltos.....	17
	2.2.8.8. Temperatura.....	17
	2.2.9. Parámetros microbiológicos del agua.....	18
	2.2.9.1. Coliformes fecales.....	18
	2.2.10. Monitoreo de la calidad del agua.....	18
	2.2.10.1. Planificación del monitoreo.....	18
	2.2.10.2. Puntos de monitoreo.....	19
	2.2.10.3. Tipos de muestra.....	19
	2.2.10.4. Punto de muestreo.....	19
	2.2.10.5. Frecuencia de monitoreo.....	19
III.	MATERIALES Y METODOS.....	20
	3.1. Lugar de ejecución.....	20
	3.1.1. Descripción de la zona de estudio.....	20

3.1.2. Características climáticas.	22
3.1.2.1. Geología.....	22
3.1.2.2. Fisiografía.....	22
3.1.2.3. Hidrografía.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Materiales y equipos	22
3.3.1. Materiales.	22
3.3.2. Equipos.	22
3.4. Componentes de la investigación.	23
3.4.1. Tipo de investigación.	23
3.4.2. Nivel de investigación	23
3.4.3. Diseño de investigación.....	23
3.4.4. Variables y operacionalización.....	24
3.4.5. Muestra y población	24
3.5. Metodología.....	24
3.5.1. Puntos de control	24
3.5.2. Toma de muestras	24
3.5.3. Recolección y conservación y transporte de muestras.	25
3.5.4. Medición de indicadores. Físicoquímicos	25
3.5.4.1. Determinación de la temperatura.....	25
3.5.4.2. Turbidez.....	25
3.5.4.3. Determinación de oxígeno disuelto.	25
3.5.4.4. Determinación del pH.....	25
3.5.4.5. Determinación de la DBO5	26
3.5.4.6. Determinación de nitratos en agua	26
3.5.4.7. Determinación de fosfatos	26
3.5.4.8. Determinación de sólidos disueltos totales.....	26
3.5.5. Análisis de indicadores microbiológicos.....	26
3.5.5.1. Etapa presuntiva.	26
3.5.5.2. Etapa de confirmación	27
3.6. Aplicación de ICA-NFS	27
Tabla 7. Parámetros y pesos específicos.	27
3.7. Técnicas para el análisis de datos.	28
3.7.1. Varianza.....	28
3.7.2. Desviación estándar	28

3.7.3. Prueba de T de student.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1. Comparación de parámetros con los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA-Agua).....	29
4.2. Comparación de la calidad del agua a través de ICA-NFS en las estaciones de monitoreo.....	44
4.3. Aplicación de estadística	49
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. PROPUESTAS A FUTURO	52
VII. REFERENCIAS	53
VIII. ANEXOS	56
7.1. Anexo 1. Datos de parámetros evaluados.....	57
7.2. Anexo 2. Panel fotográfico	58

Índice de tablas

1. Categorización del agua según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.....	6
2. Parámetros usados ICA-NSF.....	7
3. Ponderación de subindicadores.	8
4. Escala de clasificación ICA-NFS	8
5. Coordenadas geográficas de las estaciones de control.	22
6. Periodo de recolección de datos en campo.....	24
7. Parámetros y pesos específicos.	27
8. Resultados de los parámetros para el mes de agosto.....	29
9. Resultados de los parámetros para el mes de septiembre.....	34
10. Resultados de los parámetros para el mes de octubre.	39
12. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de agosto estación 2-muestra 1 (M2-1).....	44
13. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de septiembre estación 1-muestra 2(M1-2).	45
17. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación estación 1.....	49
18. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación estación 1.....	49
19. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación de las estaciones de monitoreo.....	50
20. Prueba estadista T student para de las estaciones de muestreo en el periodo de investigación agosto-octubre.	50
21. Datos recopilados en campo y laboratorio para las estaciones de monitoreo en los periodos de evaluación agosto-octubre.	57
22. Matriz de consistencia.	65
23. Matriz de operacionalización.	66

Índice de figuras

1. Valoración de la calidad de agua en función de los Coliformes fecales.	9
2. Valoración de la calidad de agua en función del pH.	9
4. Valoración de la calidad de agua en función de los nitratos.	10
5. Valoración de la calidad de agua en función de los fosfatos.	11
6. Valoración de la calidad de agua en función del cambio de temperatura	11
8. Valoración de la calidad de agua en función de los sólidos disueltos totales.	12
10. Capacidad de oxígeno disuelto al 100 % (mg/l).....	14
11 . Mapa ubicación de la zona de lugar de estudio.....	20
12. Mapa de puntos de muestreo	21
13. Diseño de muestreo sistemático.	25
14. Valores de Oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo.....	29
15. Valores de pH en las estaciones de monitoreo	30
16. Valores de DBO5 en las estaciones de monitoreo.....	30
17. Variación del nitrato en las estaciones de monitoreo.	31
18. Concentración de Coliformes fecales en las estaciones de monitoreo	31
19. Variación de diferencia de temperatura en los puntos de monitoreo.	32
20. Variación de la turbidez en las estaciones de monitoreo.....	32
21. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	33
22. Variación del fosfato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	33
23. Variación del O.D en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua...34	34
24. Variación del pH en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua....	35
25. Variación del DBO5 en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	35
26. Variación del nitrato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	36
27. Variación de C.F en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua....	36
29. Variación de la turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	37
30. Variación de la turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	38

31. Variación del fosfato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	38
33. Variación de pH en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	40
34. Variación del DBO5 en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	40
35. Variación del Nitrato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	41
36. Variación de C.F en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	41
37. Variación de Δ °T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua. ..	42
38. Variación de Turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	42
39. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	43
40. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.	43
43. Variación del ICA-NFS, en las estaciones de monitoreo para el mes de octubre.	48
44. Toma de muestras estación de monitoreo M1, muestra 2.	58
45. Toma de muestras estación de monitoreo M2, muestra 2.	58
46. Toma de datos en campo con equipo multiparámetro, para pH, SDT y °T.	59
47. Toma de datos en campo con equipo multiparámetro, para pH.	59
48. Toma de datos en campo con equipo Turbidímetro, para turbidez	60
49. Lectura de datos para la turbidez.....	60
50. Presencia de eutrofización en los márgenes del río, por el exceso de compuestos inorgánicos (fosfatos).....	61
51. Muestras para determinación de O.D y DBO5.....	61
52. Medición de parámetro Oxígeno Disuelto	62
53. Cámara de incubación para determinación de DBO5.	62
54. Muestras en la cámara de incubación para la determinación de DBO5.....	63
55. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-1 y M2-1 (sin presencia).	63
56. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-2 y M2-2 (sin presencia).	64
57. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-3 y M2-3 (sin presencia).	64

RESUMEN

La calidad del agua en el Perú viene a ser muy variable según la zona y época del año, los principales factores de pérdida de este recurso son de origen antrópico, que están causando daños irreparables a este recurso, en ese sentido realizar un monitoreo sobre la calidad de este es de suma importancia, la investigación tuvo como finalidad la determinación de la calidad del agua del río Supte en un tramo de influencia del sector de santa rosa de Shapajilla, teniendo como objetivos evaluar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua. En dos puntos de monitoreo en los meses de agosto, septiembre y octubre, se trabajó con nueve parámetros los cuales fueron el pH, DBO5, OD, Nitratos, Fosfatos, Δ °C, Turbidez, S.D.T y Coliformes Fecales los cuales fueron se compararon con los estándares de calidad ambiental en la categoría de conservación del medio acuático – ríos de la selva y a su vez se comparó a través del ICA-NFS, luego de haber comparado los datos de los parámetros evaluados con los ECAS, se observó que el parámetro de Fosfato presento 1 nng/l, dicho valor excede el permitido que viene a ser 0.05 mg/l. esto se vio en todos los meses de monitoreo, en el caso de O.D se vio que el valor estaba por debajo de lo permitido (4.77 mg/l), correspondiente al mes de septiembre, el ICA-NFS, nos indica que la calidad del agua en este tramo es de calidad “Buena”, en los tres meses de monitoreo.

Palabras clave: Calidad del agua, ICA-NFS, estándares de calidad ambiental.

ABSTRACT

The quality of the water in Peru varies greatly according to the zone and season during the year; the principal factors for the loss of this resource are of an anthropic origin, which are causing irreparable damage to this resource. With this in mind, carrying out a monitoring of the quality of it is of utmost importance. The purpose of the research was to determine the quality of the water from a section of the Supte river that influences the Santa Rosa de Shapajilla sector; with the objectives being to evaluate the physical, chemical and microbiological properties of the water. At two monitoring points, during the months of August, September and October, nine parameters were used, which were the pH, BOD (DBO5 in Spanish), DO (OD in Spanish), nitrates, phosphates, Δ °C, turbidity, TDS (S.D.T in Spanish), and fecal coliforms, which were compared using the environmental quality standards from the conservation of the aquatic medium-jungle rivers category, and at the same time, compared using the ICA-NFS (acronym in Spanish). After having compared the data for the parameters that were evaluated using the EQS (ECAS in Spanish), it was observed that the parameter for the phosphate presented 1 nng/l; said value exceeded the allowance, which was 0.05 mg/l, this was seen in for all of the months that were monitored. In the case of the DO, it was seen that the value was below the allowable limits (4.77 mg/l), corresponding to the month of September. The ICA-NFS, indicated that the quality of the water for this section was of “good” quality for the three months that were monitored.

Keywords: water quality, ICA-NFS, environmental quality standards

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en el Perú viene siendo un tema muy preocupante, sabiendo que tenemos como principal impacto la escasez y la contaminación de este recurso a lo largo de todo el territorio peruano, teniendo en cuenta que es un recurso de primordial para todos los seres vivos y fundamental para el desarrollo de los ecosistemas, es por ello que una gestión empática hacia este recurso es muy necesaria. (Aquino ,2017)

El agua es una fuente indispensable para el desarrollo antrópico, sin embargo, estos mismos son causantes de que este recurso hoy en día este menos disponible. Esta contaminación ocurre a distintos niveles primario, secundario y terciario, hacia las fuentes de agua, en todos los casos ponen en peligro la salud pública. La calidad del agua en estos tiempos ha provocado una controversia debido a su importancia y su disponibilidad, estos se caracterizan evaluando los siguientes componentes: su hidrología, propiedades fisicoquímicas y biológicas, los cuales deben de ser monitoreadas de forma espacial y temporal. (Larios Meoño, 2016).

Una forma de caracterizar la calidad del agua es a través del índice de calidad de agua de la fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos Americanos (ICA-NFS). Se caracteriza debido a que ignora el uso del agua, así como también los métodos que se puedan emplear para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas. Pero nos brinda una cualificación general, que nos permite identificar el estado de un cuerpo de agua. Toma en consideración nueve características las cuales son: Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) potencial de hidrogeno (pH), Diferencia de Temperatura, Turbidez, fosfatos, nitratos, coliformes fecales, solidos totales disueltos. (Corrales L. Fung E, 2017)

En este contexto, la presente investigación se da por la necesidad de gestar información con la utilización del método ICA-NFS, lo cual nos permitió responder nuestra interrogante para el presente estudio “cuál es la calidad del agua del Rio Supte en el tramo de influencia en el sector Santa rosa de Shapajilla, en el distrito de Luyando”, una hipótesis seria que por la presencia y acciones de origen antrópico esté contaminada. En ese sentido la presente investigación nos permitirá despejarnos de esta incógnita ya que los resultados contribuirán a la generación de información exacta del estado del flujo de agua y de esta manera tomar las acciones correspondientes para su sostenibilidad.

En ese sentido la presente investigación lleva como objetivos lo siguiente:

1.1. Objetivo general

Determinar la calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Santa rosa de Shapajilla en el distrito de Luyando.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar los indicadores fisicoquímicos del agua del río Supte en un tramo de influencia del sector Santa Rosa de Shapajilla con equipos multiparámetros.
- Analizar los indicadores microbiológicos a través del método 9221 de la APHA.
- Comparar los indicadores a través de los Estándares de calidad ambiental para el agua.
- Comparar la calidad del agua a través de los ICA-NFS en los puntos de control, en el periodo de estimación en el tramo de influencia.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La contaminación de las fuentes de agua es un problema ambiental que se viene sucediendo desde hace muchos años, teniendo en cuenta que este recurso es de vital importancia para poder vivir, a medida que pasan los años la contaminación se va engrandeciendo, de manera que está deteriorando más la calidad de este importante recurso afectando tanto a las personas, animales y al ambiente. (Gomez-Duarte,2018)

Eugenio Leiva- Machuca Pereyra (2023) en su investigación. Determinación de la calidad ambiental en la cuenca del río Mashcón, argumentan que el crecimiento poblacional y las actividades antropogénicas son los causantes del deterioro de la calidad del agua, realizaron un estudio utilizando el método ICA-NFS, donde seleccionaron 10 puntos, obteniendo como resultado que la calidad del agua de la cuenca del río Mashcón era “media”, esto debido a las actividades que se desarrollan a lo largo de la zona, lo cual puede influir en la salud de las personas, animales y el ambiente.

Alarcón & Ñique (2016), realizaron un estudio realizado en el humedal laguna de los milagros ubicada en el departamento de Huánuco, de igual manera aplicaron el método de ICA-NFS, donde trabajaron con cuatro estaciones de muestreo para el área de análisis, teniendo como resultado un valor de 62, que vendría a ser una calidad “media” para la calidad del agua presente.

Un estudio realizado por Fontalvo – julio y Tamaris Turizo, que lleva por título “calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia). Se apoyaron de método de ICA-NFS, esta fuente de agua se considera como uno de los ríos más importantes, ya que sirve de sustento para la realización de actividades de agricultura, turismo y consumo humano. Se estableció seis puntos a monitorear las cuales fueron evaluadas durante cuatro campañas, donde se incluyeron los periodos de sequía y lluvia. Tomaron consideración para el muestreo el hecho de que se sacaran las muestras de tramos planos que tengan un flujo uniforme para de esta manera medir caudal, pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. Además, se tomaron muestras para ser llevadas a laboratorio para el caso de alcalinidad, color verdadero, dureza, DBO, DBO5, hierro total, nitratos, fosfatos, sólidos totales, coliformes totales y fecales. Luego de obtenido los resultados se obtuvieron que el periodo de sequía valores que oscilan entre 60.3 y 72.4; mientras que en periodo de lluvias oscilaron 52.6 y 63.6, teniendo una clasificación de regular y buena en ese sentido se consideraron que el agua de río no es mala para la biota del sistema.

El estudio de Raymundo (2021) evaluó la calidad del agua del río Supte en la zona de influencia del sector Supte San Jorge, Rupa Rupa, Leoncio Prado, utilizando el ICA.NFS. Se analizaron nueve indicadores (Temperatura, Turbidez, pH, Oxígeno Disuelto, DBO5, Nitratos, Fosfatos, STD y Coliformes termotolerantes - Escherichia coli) en tres estaciones de muestreo ubicadas en las partes alta, media y baja de la zona poblacional, durante los meses de verano (agosto-octubre). Los resultados indicaron una calidad del agua buena en agosto y septiembre, y media/regular en octubre. En conclusión, el agua podría ser potabilizada mediante simple desinfección.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Calidad del agua

Este término hace referencia al estado en el que se encuentre un cuerpo de agua respecto a sus parámetros, los cuales pueden ser medidos por diferentes ensayos o métodos. Teniendo así un conocimiento para el uso de este recurso y así poder ser utilizada para diferentes propósitos. Por lo tanto, el uso que se le quiera dar al agua dependerá de su calidad.(coral, 2014)

Un ambiente sin la presencia de contaminantes es fundamental para la sostenibilidad ecológica de todos los sistemas socioeconómicos, lo que garantiza el mantenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad en torno a recurso agua, en ese sentido se le puede dar un uso al agua según su cantidad y calidad que puede ser utilizada para la producción de energía o para consumo humano. (Navarro et al., 2019)

2.2.2. Calidad del agua en el Perú.

El Perú se encuentra en modo crítico respecto a la calidad del agua, este importante recurso varía según el lugar y las actividades que se desarrollen en el entorno. El deterioro del agua trae consigo que no se le pueda dar un uso eficiente a este recurso. Una de las principales fuentes de contaminación son las aguas servidas, la contaminación industrial y uso indiscriminado de agroquímicos. La minería informal viene a ser el principal problema en algunos lugares, debido a su fuerte impacto hacia este recurso. (ANA, 2013)

La calidad del agua puede estar siendo modificada ya se por causas naturales, pero en su mayoría por factores externos de origen antrópico. Es por ello que cuando la calidad se ve afectada por factores externos al ciclo hidrológico, se entiende por contaminación. Por lo tanto, la prevención y control de las acciones de origen antrópica, vendría a ser un objetivo que se debe de alcanzar para mejorar la calidad de las fuentes de agua. (Ercilio, Rodríguez y Cabel (2017)

En ese sentido la entidad encargada de salvaguardar este recurso la Autoridad Nacional del Agua- ANA ente rector y máxima autoridad, saco una ley en defensa de este recurso que vendría a ser la ley N° 29338 – Ley de recursos Hídricos. La función de este ente viene a ser la vigilancia y monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que se da en cada unidad hidrográfica. Este a su vez identifica los focos contaminantes y el monitoreo para recolección de muestras , que son evaluadas por el instituto nacional de calidad (INACAL) que realiza el análisis con la norma ISO 1725, el cual sigue un protocolo definido.

2.2.3. Contaminación de los ríos

La contaminación de aguas superficiales es un problema de mucho tiempo atrás, la instalación de nuevas poblaciones a los márgenes de los ríos y su posterior crecimiento poblacional trajo consigo la contaminación de estos flujos tales como ríos, lagos y mares, debido a que son utilizados como botaderos de todo tipo de residuos, el agua al ser un elemento de transporte puede perjudicar no solo a las poblaciones presentes sino también a aquellas que se encuentren en las partes bajas de los ríos esto según su nivel de contaminación. Las aguas superficiales son las más afectadas esto debido a que son contaminados de forma constante y de diferente procedencia. Es bien sabido que los ríos que se encuentran en las ciudades más grandes son las más perjudicadas ya que se da un pobre tratamiento y disposición de residuos. (Brack, Antonio y Cecilia Mendiola (2006)

Batholomew (2018), la define como” la acción y efecto de la introducción de materias que alteran las condiciones del agua, la cual altera su función ecológica”. Las acciones antrópicas han sido desfavorables debido a la alteración del estado natural de los flujos de agua, causando que están se deterioren gravemente.

2.2.4. Índice de calidad ambiental.

Los índices son fundamentales para legislar la calidad de los recursos hídricos, ya que proporcionan datos precisos sobre el estado de los cursos de agua, tanto para las entidades como para el público. Permiten identificar y comparar la calidad del agua en diferentes lugares y períodos. (ANA,2021)

La valuación en torno a la calidad del agua se puede entender como la evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas, este en su estado natural y determinar así la calidad que esta presenta, esta valoración se da mediante índices de calidad de agua (ICA), que vendrían a ser niveles ya estimados en relación a los estados en que se esté el agua, viene a ser un método de uso simple pero conciso que permite saber el estado del agua así como su variación espacial y temporal, así saber el grado de contaminación de la zona de análisis.

2.2.5. Estándares de calidad ambiental del agua

Es una herramienta vital que permite definir los niveles de concentración que contiene un cuerpo de agua tales como sustancias, parámetros fisicoquímicos y biológicos. Diseñados para garantizar la no representación de riesgos en la salud humana ni el medio ambiente. Se encuentra regulada bajo el decreto legislativo N° 04-2017 MINAM,

La ley establece los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua, incorporando y actualizando las disposiciones de los D.S. N°002-2008-MINAM, D.S. N°023-2009-MINAM y D.S. N°015-2015-MINAM, modificando valores, parámetros, categorías y subcategorías (ANA-2018).

La presente ECA-Agua tiene cuatro categorías y diecisiete subcategorías.

Tabla 1. Categorización del agua según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

Categoría		subcategoría	
Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Categoría 1-A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Aguas potabilizadas por desinfección
		A2	aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A3	aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Categoría 1-B: Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
	Categoría 2: Extracción, cultivos y otras actividades marino-costeras y continentales		C1
C2			Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras
C3			

	C4	Actividad marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3 :	D1	Riesgos de vegetales
Riego de vegetales y bebida de animales	D2	Bebida de animales
	E1	Lagunas y lagos
Categoría 4 :	E2	Ríos
Conservación del ambiente acuático	E3	Ecosistemas costeros y marinos

Fuente: Elaborado a partir de D.S. N°004-2017-MINAM

2.2.6. ICA-NFS

El Índice de Calidad del Agua de la National Science Foundation (ICA-NSF), desarrollado en Estados Unidos, evalúa la calidad del agua en ríos, lagos y humedales. Basado en propiedades fisicoquímicas y biológicas (oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, pH y sólidos suspendidos), asigna valores a cada parámetro y los integra en una fórmula que genera un índice numérico de 0 a 100, representando desde agua de muy baja calidad hasta excelente calidad, respectivamente. El ICA-NSF es una herramienta esencial para la conservación de recursos hídricos (García et al., 2021).

Para la evaluación de las características de los flujos de agua con el este método, se emplean nueve parámetros:

Tabla 2. Parámetros usados ICA-NSF

Parámetro	Unidad
O.D	% OD
pH	Unid. De pH
DBO5	mg/L
Nitratos	mg/L NO ₃ -
Coliformes Fecales	NMP/100ml
cambio de temperatura	°C
Turbidez	NTU

S.D.T	mg/L
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻ – P

Fuente: BORRERO,2018

El ICA se estima numéricamente mediante técnicas multiplicativas ponderadas, con pesos asignados según la metodología de Brown. Este índice de Brown se calcula como una suma lineal ponderada de los subíndices, expresada matemáticamente como:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Para poder calcular el valor ICA es necesario obtener los valores para Sub_i , esta se apoya en gráficos de donde se obtiene estos valores para luego ser multiplicarlos con w_i y así hacer la sumatoria con los nueve datos obtenidos.






Tabla 3. Ponderación de subindicadores.

i	Sub _i	w _i
1	O.D	0,17
2	pH	0,12
3	DBO5	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Coliformes Fecales	0,15
6	cambio de temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	S.D.T	0,08
9	Fosfatos	0,10

Fuente: Corrales L, 2017

Este método valora la calidad del agua mediante rangos establecidos los cuales están representados por un color característico.

Tabla 4. Escala de clasificación ICA-NFS

ICA	CLASIFICACION	COLOR
0-25	Muy malo	
26-50	Malo	
51-70	Media	
71-90	Buena	
91-100	Excelente	

Fuente :Fernández, Solano,2005

2.2.7. Curvas de función.

En las investigaciones se desarrollaron gráficos promediados para estimar cada contaminante y característica. Las curvas fueron graficadas mediante una media aritmética con un límite de confianza del 80 % sobre este valor medio, lo que indica que los límites cercanos a la media representan un contaminante variable. Esto fue verificado en los estudios, mientras que límites de confianza amplios reflejan desacuerdos en las respuestas.

La dinámica de los gráficos se basa en la interacción (interpolación) de los ejes “x” y “y”, donde “x” viene a ser el valor medido en campo o laboratorio y “y” vendría a ser el subíndice.

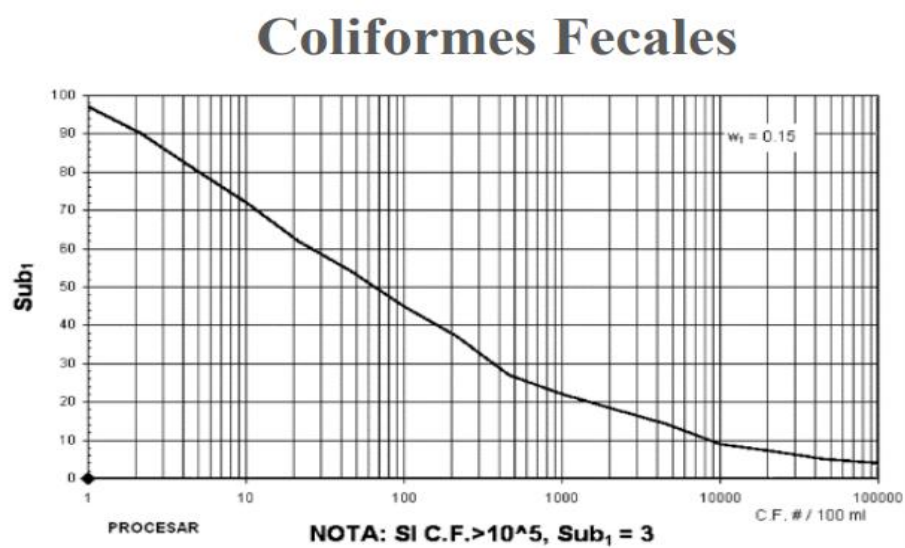


Figura 1. Valoración de la calidad de agua en función de los Coliformes fecales.

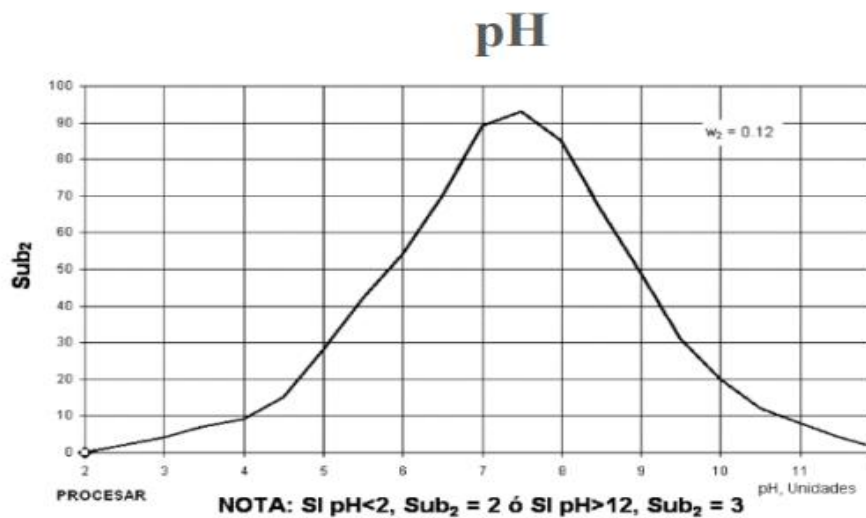


Figura 2. Valoración de la calidad de agua en función del pH.

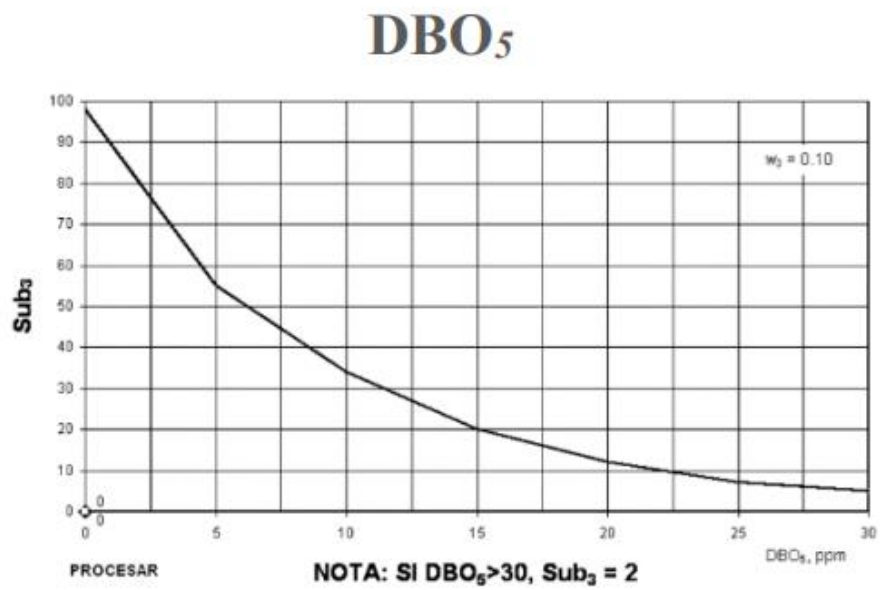


Figura 3. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO₅

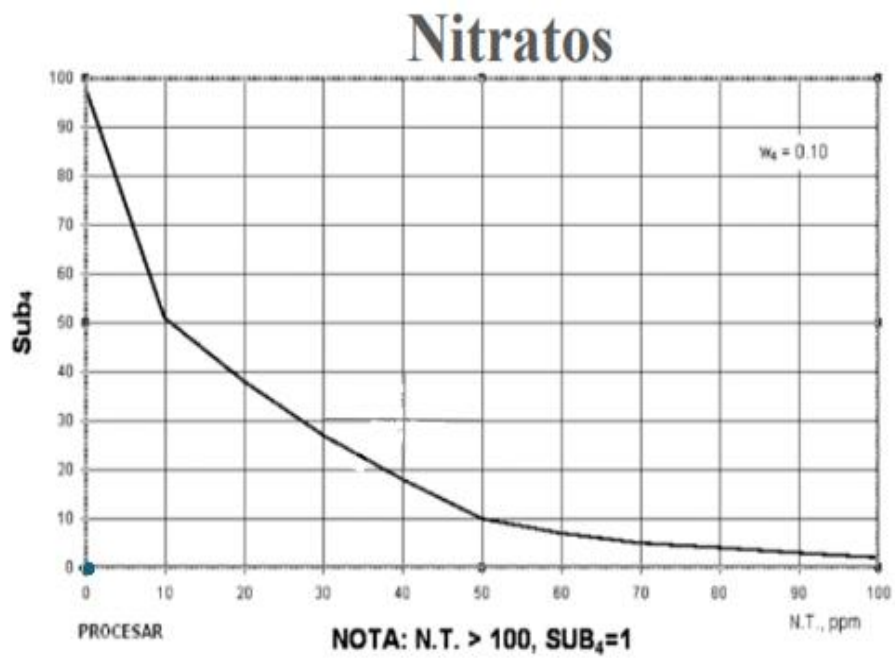


Figura 4. Valoración de la calidad de agua en función de los nitratos.

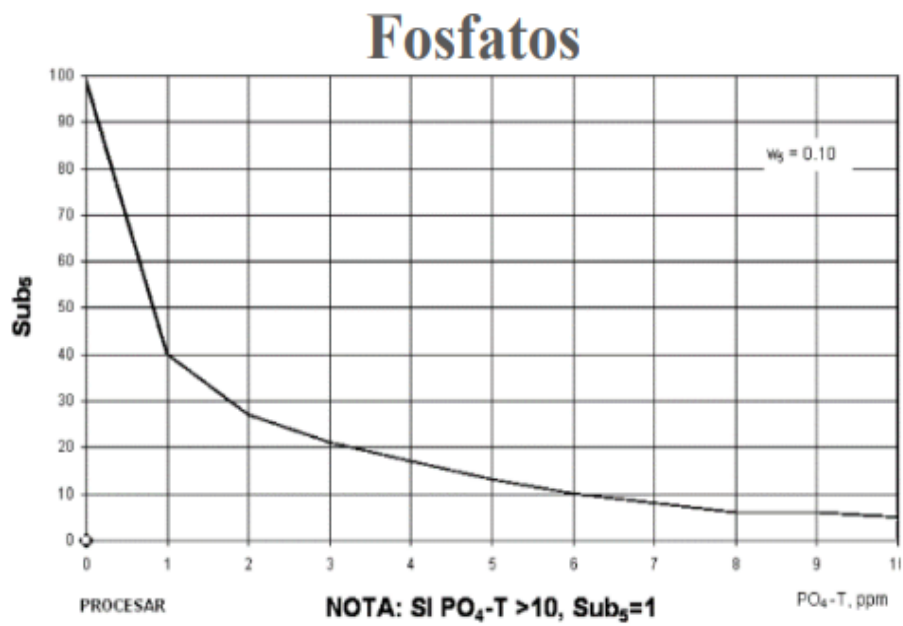


Figura 5. Valoración de la calidad de agua en función de los fosfatos.

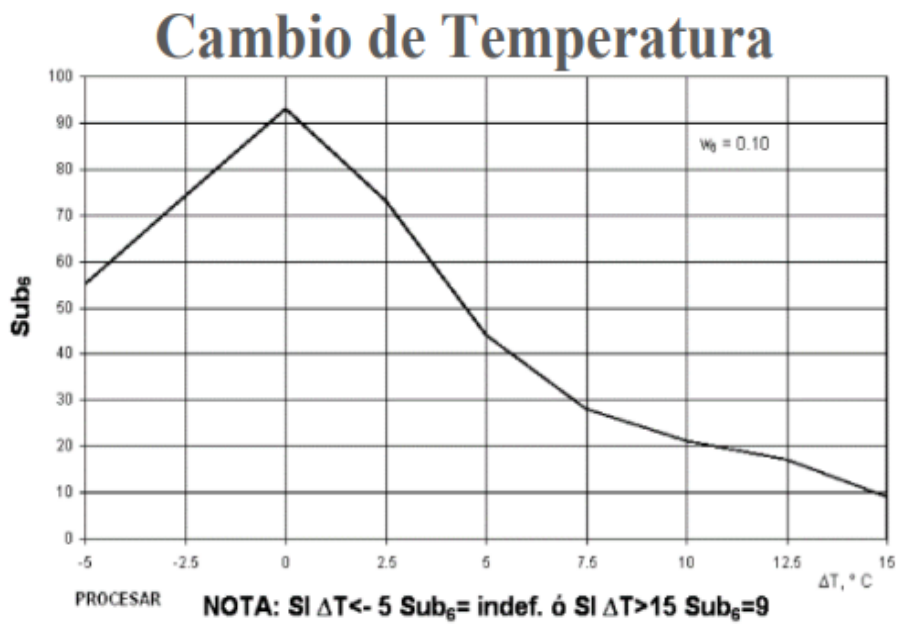


Figura 6. Valoración de la calidad de agua en función del cambio de temperatura

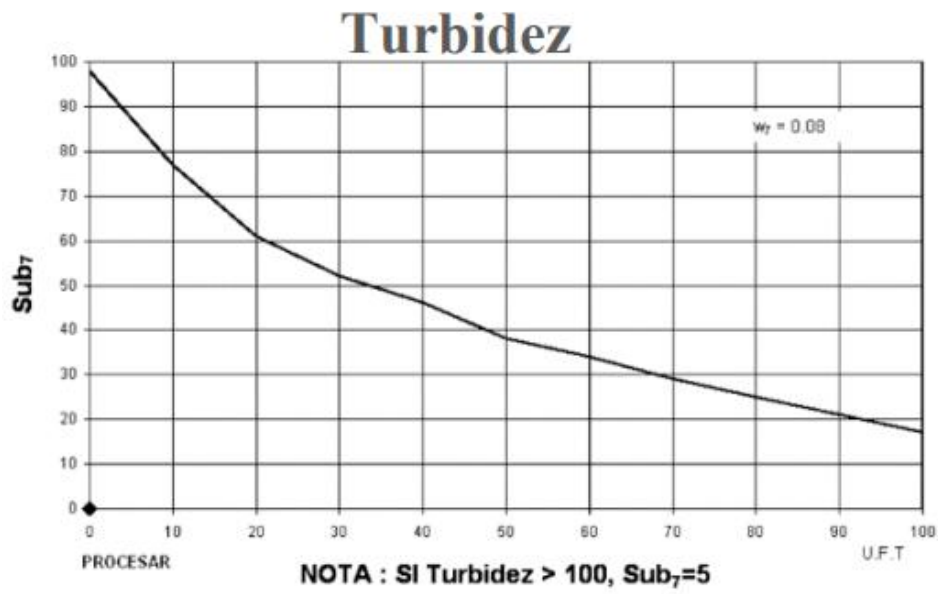


Figura 7. Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez

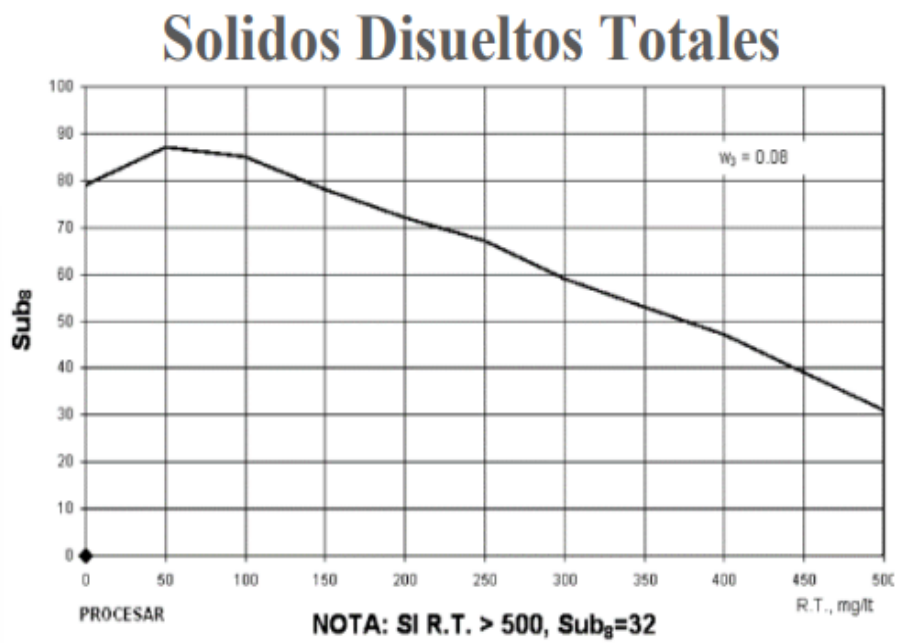


Figura 8. Valoración de la calidad de agua en función de los sólidos disueltos totales.

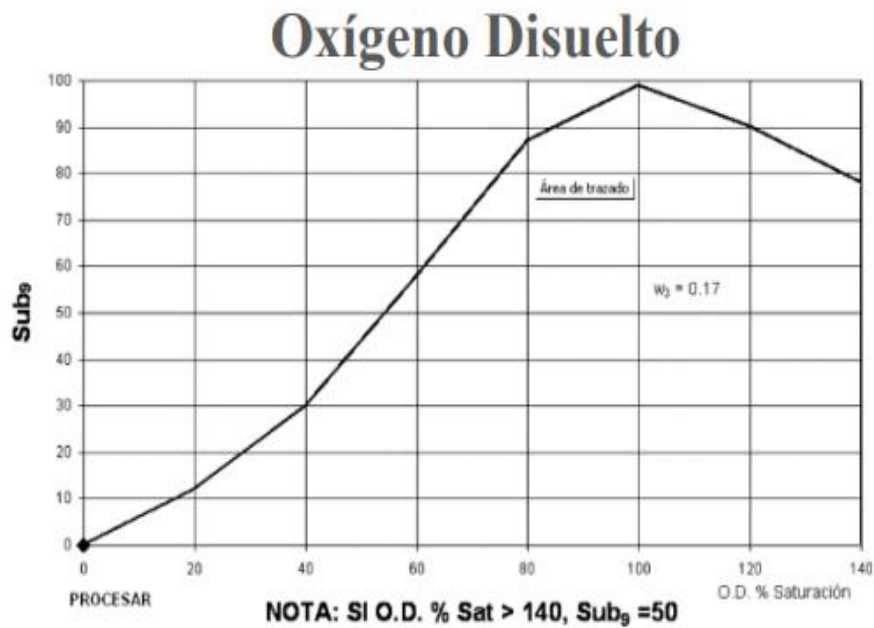


Figura 9. Valoración de la calidad de agua en función del % de saturación de oxígeno disuelto

Para poder interpolar la capacidad del oxígeno disuelto, se da en función a la altitud (pies) y a la temperatura ambiente del lugar, este valor nos permite saber la presión barométrica a la cual se encuentran sometidos estos cuerpos de agua y así hallar la intersección de los valores en %.

Capacidad de oxígeno disuelto al 100% (mg/L)												
T	770 mm	760 mm	750 mm	740 mm	730 mm	720 mm	710 mm	700 mm	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm
0°C	14.76	14.57	14.38	14.19	13.99	13.8	13.61	13.42	13.23	13.04	12.84	12.65
1°C	14.38	14.19	14	13.82	13.63	13.44	13.26	13.07	12.88	12.7	12.51	12.32
2°C	14.01	13.82	13.64	13.46	13.28	13.1	12.92	12.73	12.55	12.37	12.19	12.01
3°C	13.65	13.47	13.29	13.12	12.94	12.76	12.59	12.41	12.23	12.05	11.88	11.7
4°C	13.31	13.13	12.96	12.79	12.61	12.44	12.27	12.1	11.92	11.75	11.58	11.4
5°C	12.97	12.81	12.64	12.47	12.3	12.13	11.96	11.8	11.63	11.46	11.29	11.12
6°C	12.66	12.49	12.33	12.16	12	11.83	11.67	11.51	11.34	11.18	11.01	10.85
7°C	12.35	12.19	12.03	11.87	11.71	11.55	11.39	11.23	11.07	10.91	10.75	10.59
8°C	12.05	11.9	11.74	11.58	11.43	11.27	11.11	10.96	10.8	10.65	10.49	10.33
9°C	11.77	11.62	11.46	11.31	11.16	11.01	10.85	10.7	10.55	10.39	10.24	10.09
10°C	11.5	11.35	11.2	11.05	10.9	10.75	10.6	10.45	10.3	10.15	10	9.86
11°C	11.24	11.09	10.94	10.8	10.65	10.51	10.36	10.21	10.07	9.92	9.78	9.63
12°C	10.98	10.84	10.7	10.56	10.41	10.27	10.13	9.99	9.84	9.7	9.56	9.41
13°C	10.74	10.6	10.46	10.32	10.18	10.04	9.9	9.77	9.63	9.49	9.35	9.21
14°C	10.51	10.37	10.24	10.1	9.96	9.83	9.69	9.55	9.42	9.28	9.14	9.01
15°C	10.29	10.15	10.02	9.88	9.75	9.62	9.48	9.35	9.22	9.08	8.95	8.82
16°C	10.07	9.94	9.81	9.68	9.55	9.42	9.29	9.15	9.02	8.89	8.76	8.63
17°C	9.86	9.74	9.61	9.48	9.35	9.22	9.1	8.97	8.84	8.71	8.58	8.45
18°C	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79	8.66	8.54	8.41	8.28
19°C	9.47	9.35	9.23	9.11	8.98	8.86	8.74	8.61	8.49	8.37	8.24	8.12
20°C	9.29	9.17	9.05	8.93	8.81	8.69	8.57	8.45	8.33	8.2	8.08	7.96
21°C	9.11	9	8.88	8.76	8.64	8.52	8.4	8.28	8.17	8.05	7.93	7.81
22°C	8.94	8.83	8.71	8.59	8.48	8.36	8.25	8.13	8.01	7.9	7.78	7.67
23°C	8.78	8.66	8.55	8.44	8.32	8.21	8.09	7.98	7.87	7.75	7.64	7.52
24°C	8.62	8.51	8.4	8.28	8.17	8.06	7.95	7.84	7.72	7.61	7.5	7.39
25°C	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.7	7.59	7.48	7.37	7.26
26°C	8.32	8.21	8.1	7.99	7.89	7.78	7.67	7.56	7.45	7.35	7.24	7.13
27°C	8.17	8.07	7.96	7.86	7.75	7.64	7.54	7.43	7.33	7.22	7.11	7.01
28°C	8.04	7.93	7.83	7.72	7.62	7.51	7.41	7.3	7.2	7.1	6.99	6.89
29°C	7.9	7.8	7.69	7.59	7.49	7.39	7.28	7.18	7.08	6.98	6.87	6.77
30°C	7.77	7.67	7.57	7.47	7.36	7.26	7.16	7.06	6.96	6.86	6.76	6.66
31°C	7.64	7.54	7.44	7.34	7.24	7.14	7.04	6.94	6.85	6.75	6.65	6.55

Figura 10. Capacidad de oxígeno disuelto al 100 % (mg/l)

2.2.8. Parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros fisicoquímicos ofrecen datos sobre las especies químicas y características físicas del agua, pero no sobre su impacto en la vida acuática. Por otro lado, los métodos biológicos evalúan este impacto, aunque no identifican los contaminantes responsables. Por ello, muchos científicos recomiendan usar ambos enfoques para evaluar el recurso hídrico. (Orozco, et al., 2005)

2.2.8.1. pH.

El potencial de hidrogeno (pH), medida que estima la acidez del agua, con un rango de valoración que va de 0 a 14, donde 7 es un rango promedió (neutro). Bajo la precepción de que un valor próximo al indica mayor acidez y los valores por encima de 7 nos indican basicidad. Sabiendo que la presencia de iones de hidrógenos da una mayor acidez, por el contrario, cuando existe mayor concentración de hidróxido indica un rango básico. (Universidad complutense Madrid, 2015)

Este parámetro puede verse afectado por la sedimentación atmosférica (lluvia acida), las cuales pueden ser a causa de las industrias y transporte, vertimiento de aguas residuales, entre otros. Los flujos que se encuentren fuera del rango de 6 a 9 podrían afectar la vida acuática. Debido a que dichos niveles pueden causar perturbaciones y destruir la flora y fauna acuática. (Chang R. G., 2013)

Los meses cálidos presentan un descenso del valor de pH, esto se debería a la predominación de procesos de descomposición y a su vez el incremento de la alcalinidad en las épocas frías puede ser en respuesta a que se ve un mayor aporte de carbonatos desde la cuenca debido a que se presenta mayor escorrentía. (Lanza Espino et al, 2000)

2.2.8.2. Nitrato

El nitrato es una sustancia inorgánica que contiene un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O), identificados químicamente como NO_3^- . Generalmente, A menos que se transforme en nitrito (NO_2), El nitrato no representa un peligro para la salud. La contaminación por esta sustancia es proveniente de fuentes difusas y no puntuales. Se asocian, en su mayoría a las actividades agrícolas y ganaderas. (Preqb, 2004)

Es crucial regular los nitratos en el agua potable, ya que niveles altos pueden causar metahemoglobinemia, o enfermedad del bebé azul. Aunque no son peligrosos para niños mayores y adultos, los nitratos pueden señalar la posible presencia de otros contaminantes, incluidos riesgos residenciales o agrícolas como bacterias y hongos. (Mamani, 2012; PREQB, 2004). Según el D.S. No 002 - 2008 - MINAM, la normativa sobre agua potable establece límites de 10 mg/L para nitratos y 1 mg/L para nitritos en las categorías A-1 y A-2 de producción de agua. (Mamani, 2021)

2.2.8.3. Fosforo total.

El fosfato total, que incluye fosfatos orgánicos, ortofosfatos y polifosfatos, se mide convirtiendo todas sus formas a ortofosfatos mediante análisis químico. El fósforo, un nutriente esencial para los organismos fotosintéticos y presente en rocas y materia orgánica, puede causar eutrofización en cuerpos de agua como lagos, ríos y pozos. Su uso

común en fertilizantes y pesticidas contribuye a altas concentraciones, especialmente en áreas con actividad animal. El exceso de fosfato ($\text{PO}_4\text{-3}$) en el agua provoca eutrofización, con un ICA de 0.05 mg/L para este parámetro (PREQB, 2004).

2.2.8.4. Turbidez

La turbidez puede ser provocada por partículas en suspensión y disueltas, tanto orgánicas como inorgánicas, en gases, líquidos y sólidos. Su nivel es crucial en las aguas de suministro público por razones estéticas, de filtrado y desinfección. La OMS establece un límite máximo de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) para el agua potable. Sin embargo, algunos países, como Guatemala (15 UNT), República Dominicana (10 UNT), Argentina (3 UNT) y Brasil y Panamá (1 UNT), no cumplen con esta recomendación. La turbidez, un rasgo físico que reduce la difusión de luz en el agua debido a partículas suspendidas, es fundamental para evaluar la calidad del agua. (EPA, 1999)

La turbiedad de un río se define cuantificando la capacidad del agua para transmitir luz mediante un fotómetro. Según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficial, la turbidez ideal debe ser inferior a 25 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), aunque se permite hasta 300 UNT. Durante las lluvias, la turbidez del agua aumenta naturalmente, ya que las precipitaciones incrementan las velocidades y niveles del agua, lo que provoca una mayor agitación y suspensión de sedimentos. (NPWK, 2020)

2.2.8.5. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua no se considera un contaminante, pero su ausencia o exceso puede perjudicar la calidad del agua, convirtiéndose en un indicador de polución. La falta de oxígeno disuelto puede generar olores y sabores indeseables debido a la degradación anaeróbica de la hemoglobina. Según el ICA, el ECA del oxígeno disuelto no debe ser inferior a 5 mg/L (PREQB, 2004).

Es un indicador fundamental para analizar la calidad del agua superficial, ya que su presencia se relaciona con la actividad atmosférica de oxígeno y la fotosíntesis en el cuerpo de agua. Su medición es crucial para determinar la capacidad de recuperación de un cuerpo acuático y la supervivencia de sus organismos (ANA, 2018).

Usualmente proviene del aire y su presencia es crucial en el agua. Por lo tanto, un nivel bajo de presencia de oxígeno en el agua podría sugerir que el agua está altamente contaminada, esto podría deberse a la elevada carga de MO o a una intensa actividad bacteriana. Por esta razón, consideramos este indicador como un marcador del nivel de contaminación. Cuando los niveles de oxígeno disuelto en el agua disminuyen a 5 mg/L, la

vida en el agua se ve afectada. Si los niveles de oxígeno se reducen a 1 a 2 mg/L durante un breve periodo, pueden desencadenar la muerte de grandes cantidades de peces. (Olivera, 2019).

2.2.8.6. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mide el volumen de oxígeno que consumen bacterias y microorganismos al descomponer MO en condiciones aeróbicas a una temperatura específica.

Este indicador evalúa el impacto a corto plazo de los efluentes de aguas residuales en los niveles de oxígeno del agua receptora, reflejando el oxígeno requerido para la degradación biológica de contaminantes. Elevadas concentraciones de materia orgánica pueden reducir el oxígeno disuelto, provocando efectos negativos en el medio ambiente y en el cumplimiento de normativas. (Hach, 2022).

2.2.8.7. Sólidos totales disueltos

Desde una perspectiva ambiental, una sustancia en el agua puede estar disuelta, suspendida o en forma de coloide. Las sustancias disueltas se distribuyen uniformemente y pueden variar desde átomos simples hasta moléculas complejas de más de 1 μm . Estas sustancias están en una única fase y solo se pueden extraer mediante cambios de fase, como destilación, precipitación o adsorción (Davis & Cornwell, 1998).

Los sólidos disueltos totales (TDS) indican la cantidad de elementos orgánicos e inorgánicos, como metales, minerales e iones, en un volumen específico de agua. Cuando un disolvente como el agua se encuentra con un material soluble, sus partículas son absorbidas. El TDS en el agua puede tener su origen en prácticamente cualquier sitio, incluyendo minerales en los manantiales de una fuente de agua y posos. Esto sucede en situaciones naturales cuando el agua se desplaza a través de rocas como la piedra caliza y la tiza, que contienen minerales como el carbonato de calcio y el magnesio. Fertilizantes y sustancias químicas empleadas en el tratamiento del abastecimiento municipal de agua, productos químicos empleados en la agricultura y minería, incluso en las tuberías de nuestra vivienda. (PURITEC -2020)

2.2.8.8. Temperatura

La temperatura del agua, influenciada por las estaciones (Fernández, 2012), regula la solubilidad del oxígeno y, por ende, el reciclaje de nutrientes en ecosistemas acuáticos.

Este parámetro crítico (Paniagua, 2017) modula las reacciones químicas y la velocidad de reacción, afectando la calidad del agua para diversos usos y alterando otros indicadores como el pH, la conductividad eléctrica y la concentración de oxígeno.

2.2.9. Parámetros microbiológicos del agua

Para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, es fundamental conocer la composición, cantidad y evolución de sus bacterias. Dada la dificultad de identificar patógenos como bacterias, protozoos y virus por sus bajas concentraciones, se emplean coliformes fecales como indicadores de su presencia (CEPIS-OPS, 2010).

2.2.9.1. Coliformes fecales

Las bacterias son responsables de diversas afecciones y problemas digestivos en los humanos. Estas patologías pueden propagarse entre individuos de la misma especie, e incluso algunas pueden cruzar barreras biológicas a través de excreciones animales. Un ejemplo notable es la *Escherichia coli*, que posee gran movilidad y puede afectar la salud humana al contacto con agua contaminada con estiércol (CEPIS-OPS, 2010).

Estas bacterias, comunes en los intestinos de mamíferos, señalan contaminación fecal en aguas. Sus principales fuentes son la fauna silvestre, las aguas residuales y los efluentes. (Bolaños et al., 2017)

2.2.10. Monitoreo de la calidad del agua

La supervisión y el seguimiento de la calidad del agua se realizan según el Protocolo Nacional, bajo la autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, MINAM, 2017).

Los monitores de calidad de la ANA verifican el cumplimiento de los estándares de calidad del agua, establecen tendencias y evalúan el impacto de los contaminantes de origen humano en el ambiente acuático. (MINAM, 2017)

2.2.10.1. Planificación del monitoreo

Se da mediante un diseño, donde se toma en cuenta el lugar de evaluación (cuenca, unidad hidrográfica, recurso hídrico), los puntos a monitorear, el acceso. Apoyándose también con herramientas informáticas (ej. Google Earth), el cual facilitara el monitoreo. En ese sentido se cuenta con tres fases, el premonitoreo donde se establecen los puntos, su codificación, frecuencia y parámetros a evaluar. Luego pasamos al monitoreo donde se georreferencia los puntos, la medición de parámetros y toma de muestras. Finalmente, el posmonitoreo. Donde se realiza los análisis y proceso de datos en laboratorio, para concluir con la elaboración del informe. (ANA-2016)

2.2.10.2. Puntos de monitoreo

La determinación de los lugares de muestreo de un recurso superficial deberá llevarse a cabo inicialmente en el gabinete. para ello se deberá contar con un mapa hidrográfico o apoyarse en herramientas informáticas. (ANA 2016)

2.2.10.3. Tipos de muestra.

2.2.10.3.1. Muestra simple o puntual

La muestra discreta consiste en tomar una porción de agua en un punto específico. Si la composición de una fuente se mantiene relativamente constante durante un período prolongado o a lo largo de distancias considerables en todas las direcciones, la muestra puede representar un tiempo o volúmenes más amplios. Esto permite una representación adecuada de aguas para suministro, subterráneas y, en algunos casos, para aguas superficiales o excepcionales. (ANA,2016)

2.2.10.3.2. Muestra compuesta.

Viene a ser la homogenización de muestras que fueron recolectadas en un tiempo determinado , ya sean de volumen fijo o proporcional, estas dependen del intervalo de muestreo, se usan generalmente para caracterizar aguas residuales.

2.2.10.3.3. Muestra integrada.

Se basa en la homogenización de muestras puntuales, las cuales fueron tomadas en diferentes lugares en simultaneo, el cual tiene una finalidad saber la calidad del agua promedio, dentro de ello tenemos a las muestras simples que se tomaron a lo ancho del cauce y a los niveles de profundidad (columna de agua). Para el caso de aguas profundas se da mediante una manguera muestreadora.(ANA,2016)

2.2.10.4. Punto de muestreo

Debe ser identificado y conocerse muy bien, de manera que se pueda saber con exactitud la ubicación de los puntos de muestreo. Esta se dará mediante el uso de un GPS, para así poder conocer las coordenadas correspondientes para cada punto. Cada punto debe de contar con un código para su diferenciación. (ANA, 2016)

2.2.10.5. Frecuencia de monitoreo

Se da con la finalidad de identificar los cambios sustanciales en la calidad del agua, los cuales ocurren de determinado tiempo, que a su vez pueden estar influenciadas por estacionalidad de una cuneca (épocas de avenida, transición o estiaje). (ANA,2016).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicado en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, forma parte de la cuenca del río Supte, que abarca 7945,18 hectáreas. Se sitúa a 15 minutos de la ciudad de Tingo María, en las coordenadas UTM (391284 E, 8980376 N) a una elevación de 627 m.s.n.m.

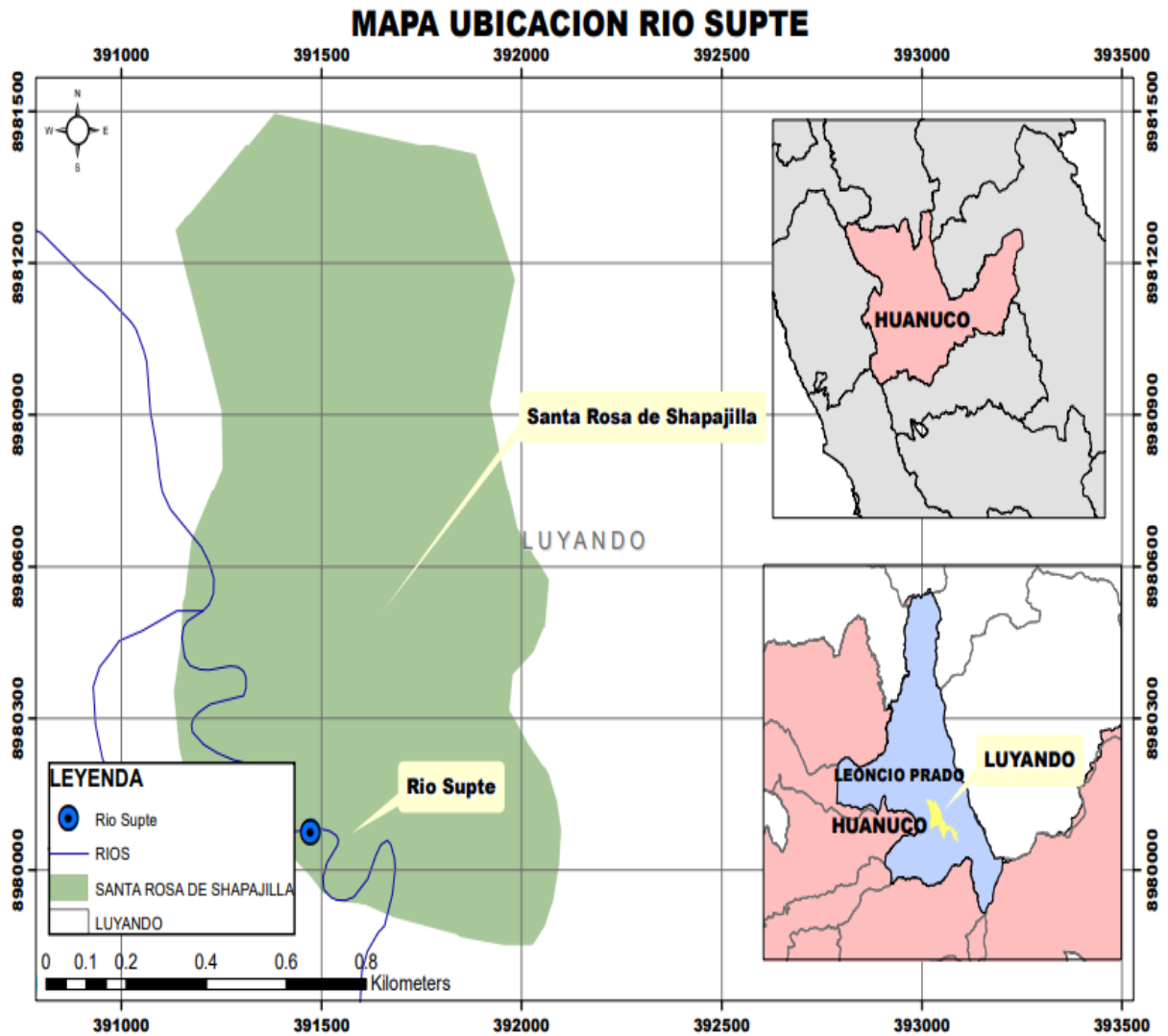


Figura 11 . Mapa ubicación de la zona de lugar de estudio.

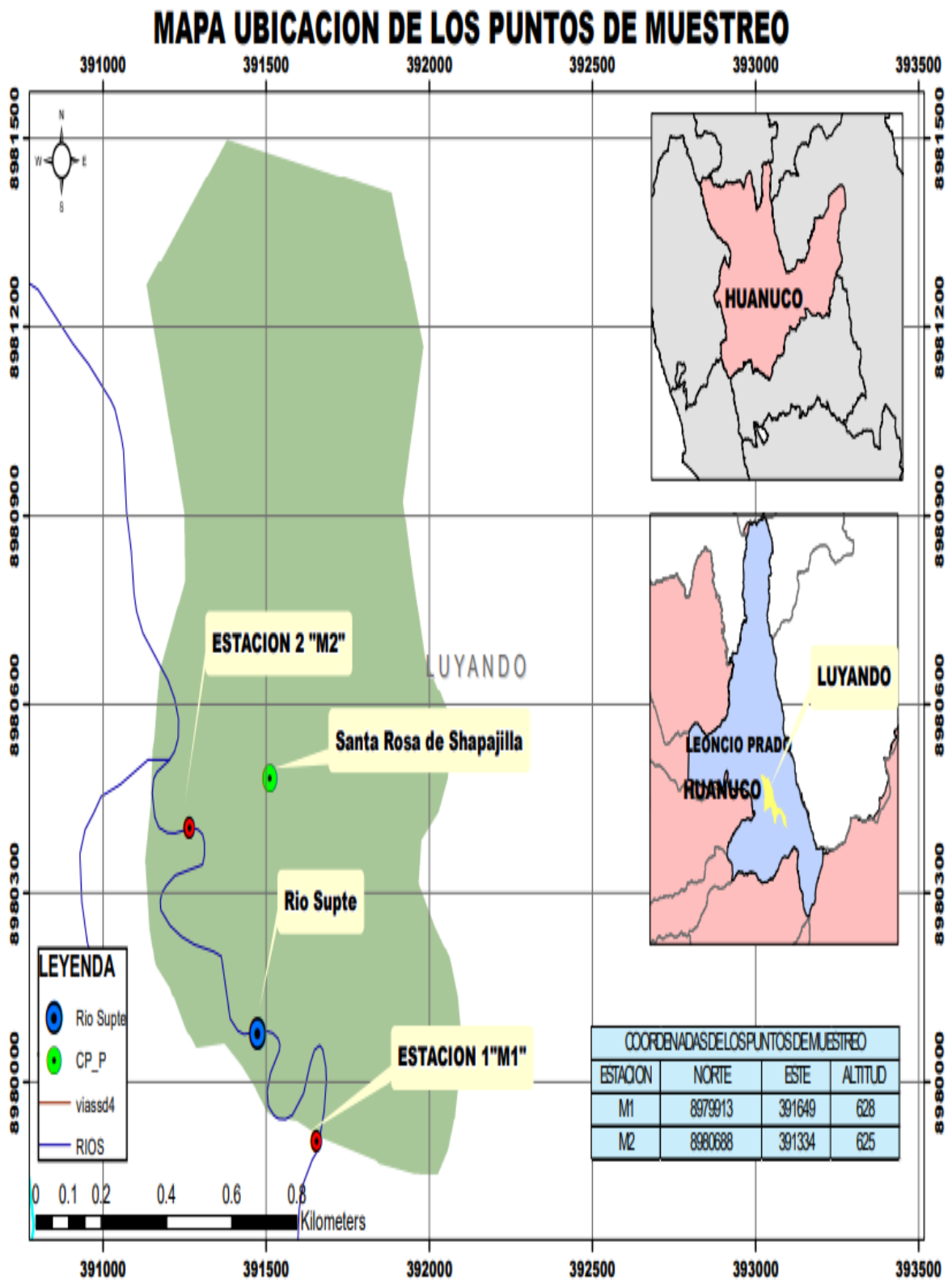


Figura 12. Mapa de puntos de muestreo

Tabla 5. Coordenadas (UTM WGS 84, Zona 18 S), de las estaciones de control.

Coordenadas UTM de los puntos de muestreo			
Estación	Norte	Este	Altitud
M1	8979913	391649	628
M2	8980688	391334	625

Fuente; Elaboración propia

3.1.2. Características climáticas.

Esta región del Perú se caracteriza por tener un clima tropical cálido, con lluvias frecuentes. De acuerdo con los registros de la estación meteorológica, las lluvias para ser han sido considerable, teniendo una media anual llega a 3 179 mm, y para un año húmedo a 3 860 mm. De igual forma, la temperatura promedio 24 °C, la máxima alcanza 31.2 °C y la mínima de 20.3.

3.1.2.1. Geología

La investigación geológica se caracteriza principalmente por la presencia de rocas calizas, junto con limonitas y delicadas lutitas en menor proporción, durante el proceso de edafización avanzada. Los suelos suelen ser ácidos, y las laderas empinadas están expuestas a la erosión debido a las altas precipitaciones. (Manrique De Lara y Chávez, 1996).

3.1.2.2. Fisiografía

La fisiografía de Rupa Rupa, con quebradas escabrosas, colinas de variada altura y pendientes moderadas e irregulares, es producto de procesos tectónicos, orogénicos, litológicos y climáticos característicos. (Manrique De Lara y Chávez, 1996).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales.

Probetas de 100 ml, tubos de ensayo, pipetas, test kit HANNA/HI3874), Test Kit HANNA/HI3833), gradillas para tubos de ensayo, libreta de campo, frascos de vidrio y plástico, Culer, guantes y mandil .

3.2.2. Equipos.

GPS, Multiparámetro portátil YINMIK 9909, turbidímetro HD-2^a Laptop, cámara fotográfica, Oxímetro HANNA HI9146, Incubadora VELP F10400320 (BBO5), Laptop, cámara fotográfica.

3.3. Componentes de la investigación.

3.3.1. Tipo de investigación.

Se determinó el índice de calidad ambiental del río Supte en un tramo determinado, aplicando la metodología estadounidense ICA-NFS, este método nos permitió convertir los resultados numéricos en valores simples y más fáciles de entender. Al obtener estos valores gracias al enfoque cuantitativo de la investigación se pueden comparar dichos parámetros con los ECA-agua.

En ese sentido la investigación es de tipo cuantitativa, con la aplicación de ecuaciones numéricas de la metodología NFS, las cuales se trabajaron con rangos de 0 a 100. Según a los recursos que se utilizaron la investigación es de campo y documental, ya que se realizó un monitoreo in situ del flujo de agua del río Supte.

3.3.2. Nivel de investigación

Es descriptivo y explicativo ya que se identificó características específicas. La calidad del agua que presente para habitantes cercanos de dichas fuentes de agua, señalando la calidad en términos físicos, químicos y biológicos. Este tipo de nivel permitió la descripción de variables en su medio natural, sin realizar ningún experimento. Explicativo porque ayudo a ver la variación de las variables en torno al tiempo de investigación que fue de (agosto -octubre)

3.3.3. Diseño de investigación

La investigación es no experimental y longitudinal. Por qué se trabajó En la investigación no experimental, ya que se tiene una mayor proximidad. de las variables establecidas hipotéticamente como "reales" y, por ende, contamos con un mayor número de variables formuladas como "reales". Y de validez externa con la posibilidad de aplicar los hallazgos a otros individuos y circunstancias frecuentes.

Longitudinales. Esta clase de tipo de Las investigaciones recopilan información acerca de categorías, eventos, contextos, variables o sus vínculos, dividida en dos o de varios instantes, para medir el cambio en estos.

Diseño descriptivo simple

M ← O

Donde:

M: muestra de estudio

O: observación de variables.

3.3.4. Variables y operacionalización

La variable independiente para el estudio viene a ser la calidad del agua y la v dependiente ICA-NFS.

3.3.5. Muestra y población

la población censada para el año 2017 fue de 721 habitantes , y teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento poblacional es del 1 %, entonces se estima una población de 771 habitantes, nuestra muestra fue de 1 km, donde se encuentra ubicado la poblacional.

3.4. Metodología

3.4.1. Puntos de control

El monitoreo se llevó a cabo en torno a las recomendaciones del protocolo nacional de monitoreo de los recursos hídricos dada por el ANA, bajo R.J N°10-2016. Se marcaron 2 puntos de control (tabla 5).

3.4.2. Toma de muestras

En la visita preliminar se identificó aspectos para la recolección de muestras como el acceso, entorno, flujo. Identificando aspectos generales de la zona de estudio.

Para la toma de muestras se dio de forma puntual en frascos de vidrio y plástico, cada una de ellas con una rotulación. Para ello se tuvo que enjuagar los frascos con el agua de la misma fuente dos veces y luego poner el recipiente de forma inclinada en un ángulo de 30 % a una profundidad de 20 cm, en sentido contrario a la corriente.

El muestreo fue sistemático a partir de dos puntos de control, el primero en la parte alta y el otro en la baja del rio Supte, los cuales cumplieron con los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad. Las muestras se tomaron tres veces en el periodo de agosto a octubre, de forma independiente para cada punto de control teniendo un total de 6 muestras en total El horario de las tomas de muestras fue en un rango de 9 am a 10 am.

Tabla 6. Periodo de recolección de datos en campo

Periodo de Monitoreo			
Entre		Año	Época
agosto	octubre	2024	verano

Fuente: elaboración propia

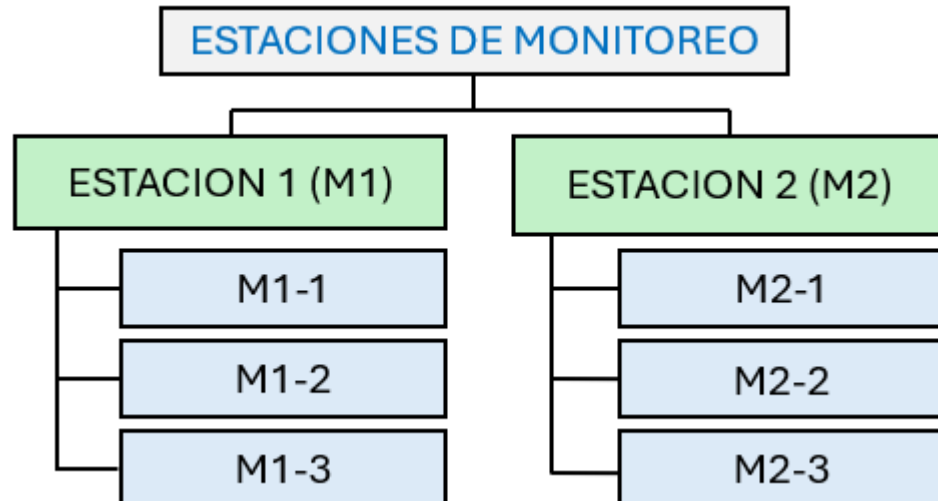


Figura 13. Diseño de muestreo sistemático.

3.4.3. Recolección y conservación y transporte de muestras.

Se guardó de forma temporal en un culer para su conservación y transportaron al laboratorio para su debido análisis. Sin exceder un tiempo de 24 horas.

3.4.4. Medición de indicadores. Físicoquímicos

Se trabajó con 9 parámetros los cuales fueron evaluados en campo y laboratorio. In situ se evaluó el pH, temperatura, sólidos totales disueltos y la turbidez. En el laboratorio se evaluó oxígeno disuelto, DBO5, fosfatos, nitratos y coliformes fecales.

3.4.4.1. Determinación de la temperatura

Se realizó con ayuda del multiparámetro portátil YINMIK 9909 de rango 32.00-140 °F.

3.4.4.2. Turbidez

Se midió en campo con ayuda del equipo portátil turbidímetro HD-2^a. Con un rango de medición de 0 a 1000 NTU. El cual consistió en toma una muestra en un frasco de vidrio para su lectura correspondiente.

3.4.4.3. Determinación de oxígeno disuelto.

Se utilizó el Oxímetro HANNA HI9146, se calibro el equipo y limpio de manera que esta no perjudique con los resultados de la muestra, luego se agito la muestra para que esta se uniformice, procedimos a introducir el sensor en los frascos para realizar la medición esperando hasta que los valores de la pantalla se normalicen, para así tomar lectura de ello.

3.4.4.4. Determinación del pH

Se dio mediante el uso del multiparámetro portátil YINMIK 9909, el cual tiene un rango de 0 a 14.

3.4.4.5. Determinación de la DBO5

Se utilizó el Oxímetro HANNA HI9146, se realiza en dos etapas con dos mediciones una inicial, para luego llevar la muestra a in incubadora donde permanecerá por 5 días, pasado ese tiempo se realiza la segunda medición, estos dos valores se restan y se obtiene en DBO5.

$$\text{DBO5} = \text{OD inicial} - \text{OD final}$$

3.4.4.6. Determinación de nitratos en agua

Se utilizó el kit de prueba de nitrato HANNA HI 3874, mediante el siguiente proceso:

Se llenó una cubeta de cristal con 10 ml de muestra, añadimos el reactivo HI 3874-0, colocamos la tapa y procedemos a agitar por 1 minuto aproximadamente, luego dejamos en reposo unos 4 minutos, luego tomamos 5 ml de muestra en el recipiente comparador de color, se definió que color se empareja con la solución en el visor y se registró el resultado.

3.4.4.7. Determinación de fosfatos

Se utilizó el kit de prueba de fosfato HANNA HI 3833, mediante el siguiente proceso:

Sabiendo que el fosforo en el agua se encuentra en forma de fosfato (PO_4^{3-}). Primero se homogenizo el recipiente con parte de la muestra de agua, luego se llenó hasta 10 ml, se añadió el reactivo HI 3833-0. Y agitamos hasta que se mezclen, dejamos reposar por 1 minuto, luego esta se trasfiere al cubo comparador de color para registrar su valor.

3.4.4.8. Determinación de solidos disueltos totales.

Se dio mediante el uso del multiparámetro portátil YINMIK 9909.

3.4.5. Análisis de indicadores microbiológicos

3.4.5.1. Etapa presuntiva.

Se realizó mediante el uso de la técnica del número más probable, con serie de tres.

Se usó tres diluciones ($10^1 - 10^3$), cada una de ellas en serie de tres tubos, los cuales tuvieron contenido caldo *Escherichia coli*, dentro de ello se colocó un tubito de Durham en forma invertida que ayuda a la captura de gas. Se añadió 1ml de alicuota a cada tubo y se llevó a una incubadora a 37 °C por un promedio de 24 a 48 horas.

3.4.5.2. Etapa de confirmación

Se tomó una onza de los tubos de gas positivos del proceso anterior y se sembró en tubos con 9 ml de caldo de E. coli, cada uno con sus respectivos tubos de Durham para verificar la producción de gas. Luego, se incubaron a 44.5 °C durante 24 a 48 horas. Posteriormente, se calculó el número más probable por cada 100 ml utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{NMP}{100} ml = \frac{\text{indica NMP} * \text{dilucion intermedia}}{100}$$

3.5. Aplicación de ICA-NFS

Se trabajó con 9 parámetros, siguiendo los siguientes procesos de cálculo.

Una vez obtenido los valores para los 9 parámetros se procedió a al cálculo los subíndices mediante una suma lineal ponderada, dándonos valores de 0 a 100.

Luego se procedió a multiplicar el valor obtenido en la ponderación con los pesos específicos para cada parámetro. Para posteriormente realizar la sumatoria de todos los valores obtenidos los cuales fueron el valor del ICA-NFS, concerniente a la muestra. Estos procesos se dieron con la ayuda de una hoja de cálculo Excel.

Tabla 7. Parámetros y pesos específicos.

i	Sudi	UNIDAD	wi
1	O.D	% OD	0,17
2	pH	Unid. De pH	0,12
3	DBO5	mg/L	0,10
4	Nitratos	mg/L NO3+	0,10
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0,15
6	cambio de temperatura	°C	0,10
7	Turbidez	NTU	0,08
8	S.D.T	mg/L	0,08
9	Fosfatos	mg/L PO	0,10

Fuente: Corrales L, 2017

Formula ICA-NFS

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

Subi: subíndice de parámetro

Wi: peso específico

3.6. Técnicas para el análisis de datos.

Se aplicaron métodos estadísticos, como varianza, covarianza, desviación estándar y el coeficiente de correlación de Pearson, para analizar la información. También se elaboraron diagramas de dispersión para identificar tendencias en las variables fisicoquímicas y microbiológicas de cada muestreo. La calidad del agua en los puntos de monitoreo se evaluó mediante el ICA-NSF según Brown (1970).

3.6.1. Varianza.

La varianza cuantifica la dispersión de los datos en torno a su media, calculada como la media de los residuos al cuadrado o el cuadrado de la desviación típica.

3.6.2. Desviación estándar

La desviación estándar es un indicador numérico que muestra la dispersión de un grupo de datos. A medida que aumenta, también lo hace la dispersión. Representa el promedio de las desviaciones individuales respecto a la media del conjunto. Para calcularla, se determina la diferencia entre cada valor y la media, se agrupan estas diferencias y se dividen por el total de observaciones (n). Así, la desviación estándar mide la variabilidad en el conjunto de datos.

3.6.3. Prueba de T de student

Es una prueba paramétrica diseñada para cuantificar las diferencias de medias entre dos categorías de una variable independiente. Si el p-valor es mayor que el nivel crítico (0.05 o 0.01), se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a). (Galindo, 2020)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Comparación de parámetros con los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA-Agua).

Los valores obtenidos se compararon con los estándares de calidad ambiental para el agua, correspondiente a la categoría 4 (conservación del medio acuático) E2- Ríos selva.

Tabla 8. Resultados de los parámetros para el mes de agosto.

i	Parámetros	Unidad de medida	MUESTRAS		ECA (E2-Rios Selva)
			M1-1	M2-1	
1	O.D	mg/L	6,20	6,04	≥ 5
2	pH	unidad de pH	8,06	8,05	6,5-9,0
3	DBO5	mg/L	1,49	1,27	10
4	Nitratos	mg/L NO3+	10	10	13
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	2000
6	D Temperatura	°C	0,45	0,56	$\Delta 3$
7	Turbidez	NTU	0,41	0,42	20,00
8	S.D.T	mg/L	224,2	226	≤ 400
9	Fosfatos	mg/L PO	1	1	0,05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 podemos observar los valores obtenidos para cada uno de los parámetros en estudio, concernientes a los puntos de control M1-1 (parte arriba) y M2-1 (parte baja), la temperatura ambiente para ambos casos fue de 28,33 °C.

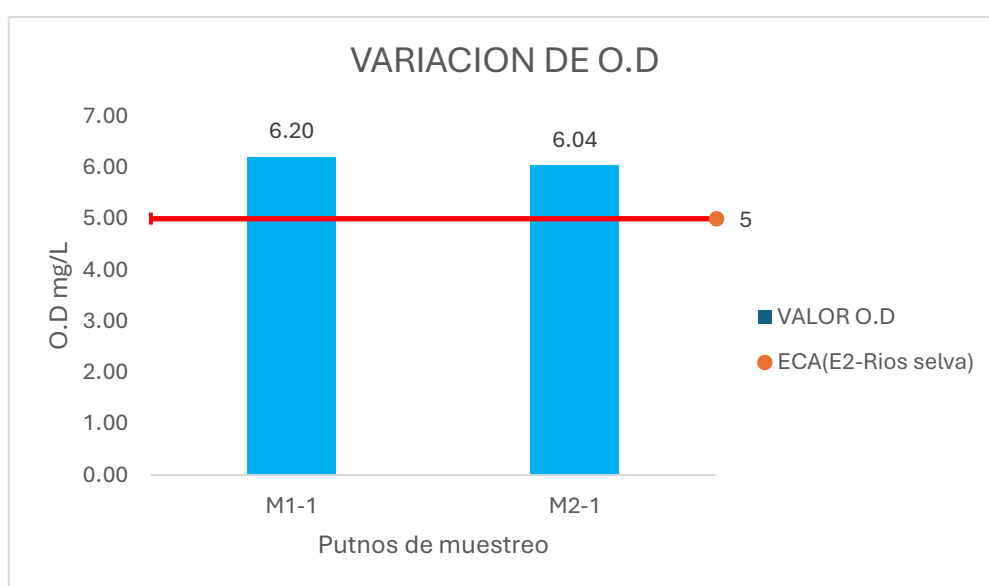


Figura 14. Valores de Oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo

En la figura 14, se puede observar los valores correspondientes al oxígeno disuelto (O.D), en el punto M1-1 se tuvo el valor de 6,20 mg/l y el punto M2-1 un valor de 6,04 mg/l, dichos valores si cumplen con los estándares de calidad ambiental para la categoría 4 (E2-Rios selva), la cual indica que debe estar por encima del valor ≥ 5 .

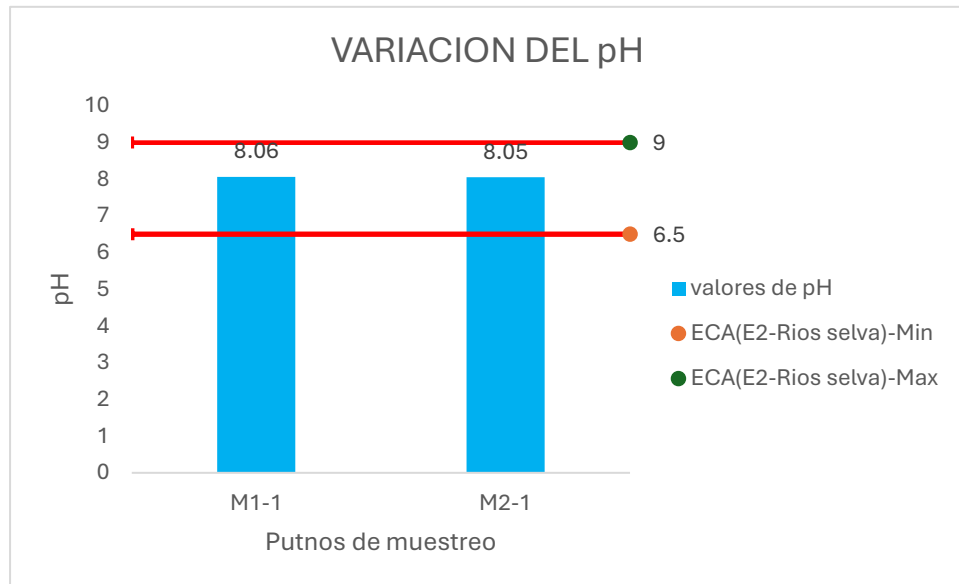


Figura 15. Valores de pH en las estaciones de monitoreo

En a la figura 15, observamos que los valores para las estaciones M1-1 y M2-1 fueron 8,06 y 8,06 consecutivamente, estos valores se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para la categoría 4 (E2-Rios selva), el cual tiene que estar en un rango de 6,5 a 9.

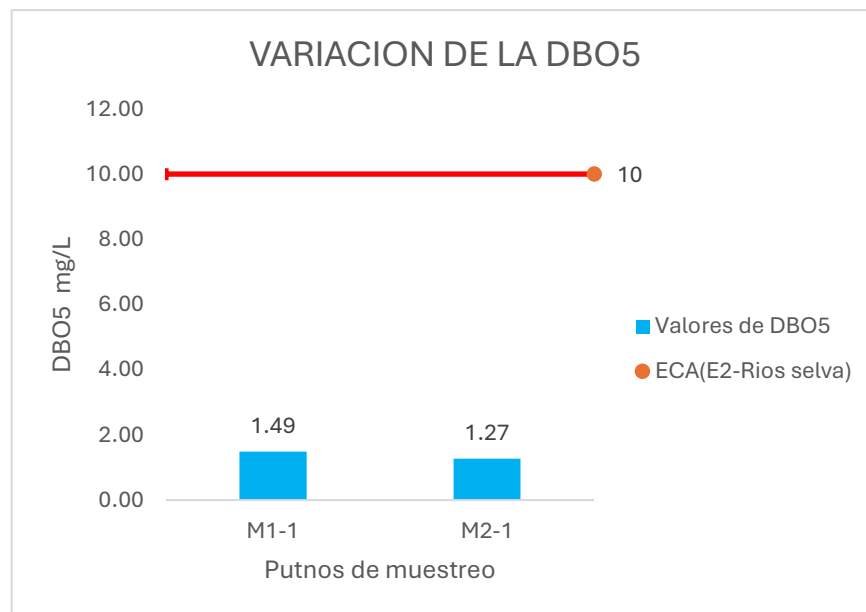


Figura 16. Valores de DBO5 en las estaciones de monitoreo.

En la figura 16, observamos que la estación M1-1 y M2-1, tienen valores de 1,49 mg/l y 1,27 mg/l. estos valores son aceptables por que cumplen con los estándares de calidad ambiental para la categoría 4 (E2-Rios selva), que nos indican que estos nos deben estar por encima de 10 mg/l.

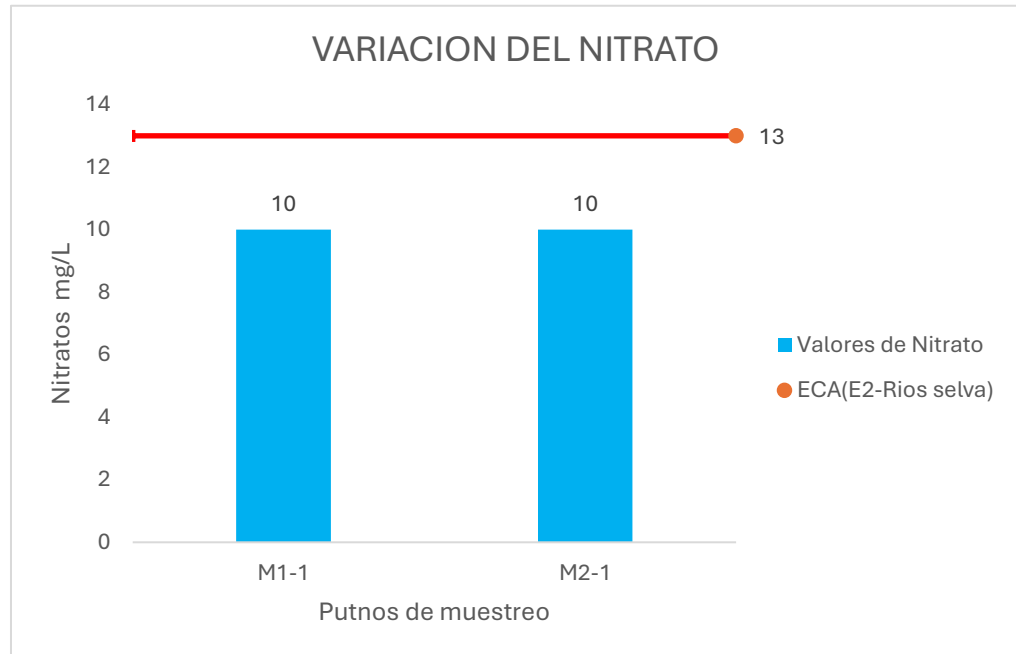


Figura 17. Variación del nitrato en las estaciones de monitoreo.

La Figura 17 muestra que las estaciones M1-1 y M2-1 presentan valores de 10 mg/l, dentro del rango permitido por el ECA para la categoría 4 (E2-Ríos selva) con un máximo de 13 mg/l.

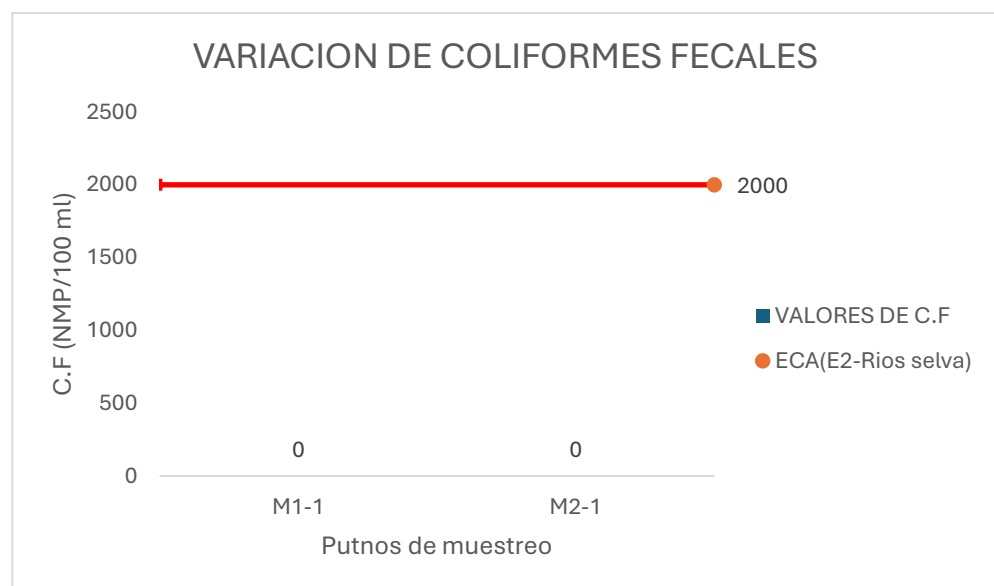


Figura 18. Concentración de Coliformes fecales en las estaciones de monitoreo

En la figura 18, se observa que no se encontró presencia de coliformes fecales arrojando un valor de 0 para ambas estaciones, lo cual indica que cumple con el ECA- para la categoría 4 (E2-Rios selva).

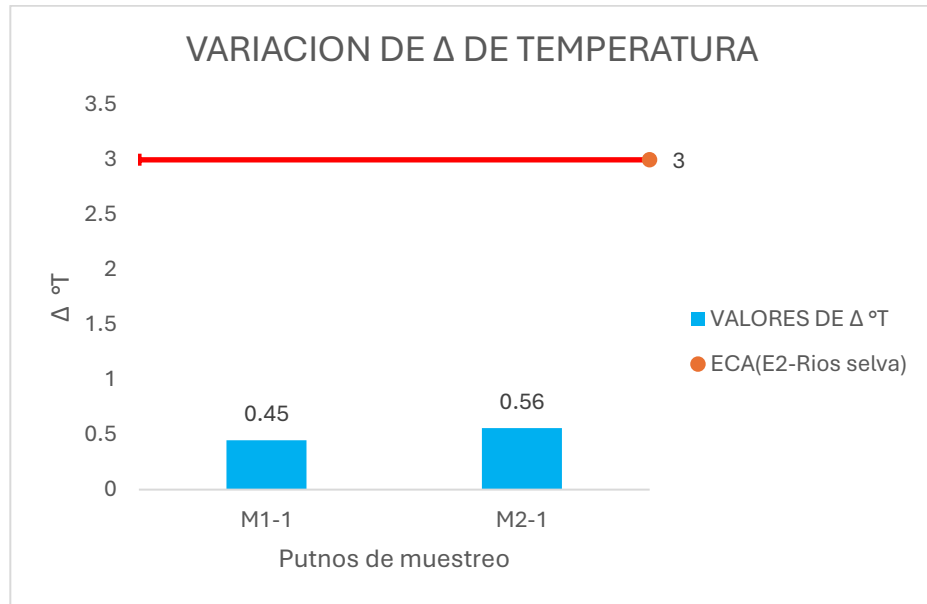


Figura 19. Variación de diferencia de temperatura en los puntos de monitoreo.

En la figura 19, se observa que los valores para las estaciones M1-1 y M2-1, son 0,45 y 0,56 consecutivamente, estos valores están dentro del rango permitido por el ECA para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual nos indica que no debe ser mayor a 3.

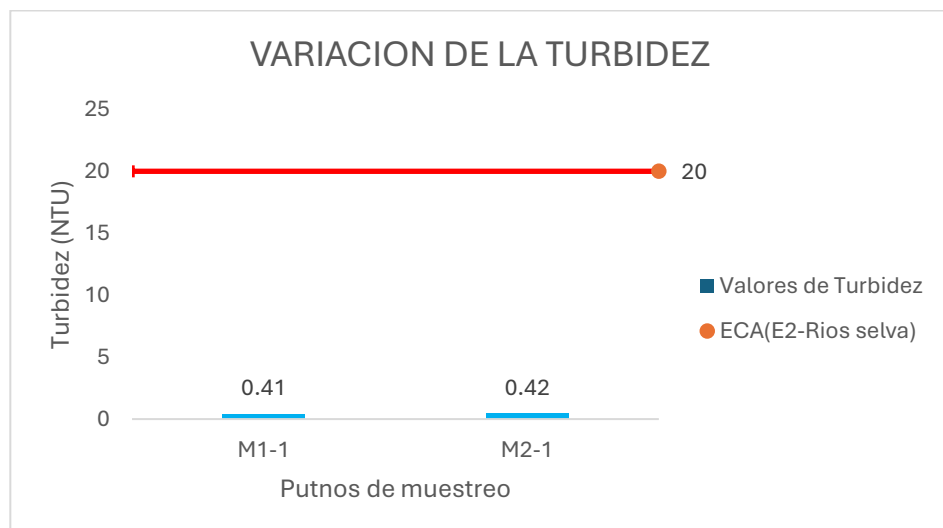


Figura 20. Variación de la turbidez en las estaciones de monitoreo

En la figura 20, las estaciones M1-1 y M2-1 presentan valores de 0,41 NTU y 0,42 NTU, respectivamente. Estos valores están dentro del ECA para la categoría 4 (E2-Ríos selva), que establece que la turbidez no debe superar 20 NTU.

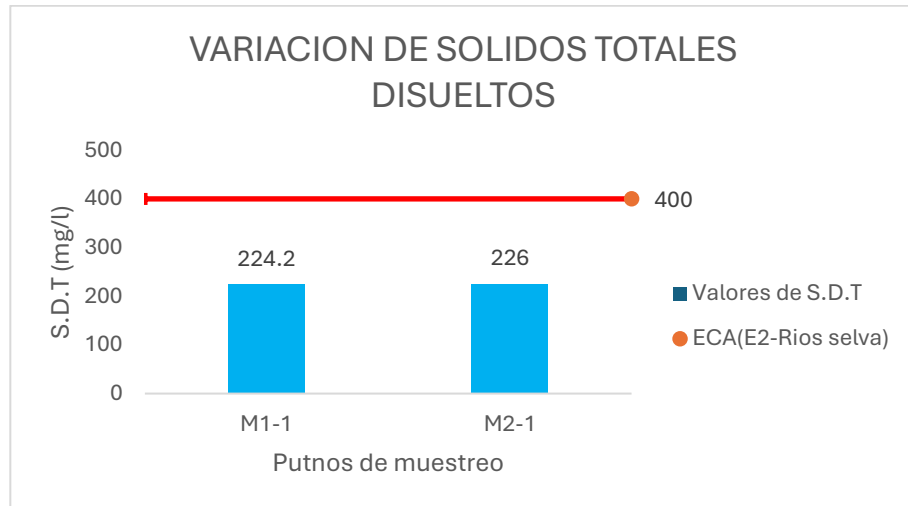


Figura 21. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 21, observamos los valores de las estaciones de monitoreo M1-1 y M2-1, que fueron de 224,2 mg/l y 226 mg/l consecutivamente, dichos valores se encuentran dentro del ECA para la categoría 4 (E2-Ríos selva), el cual nos indica que las concentraciones de este parámetro no deben de exceder de 400 mg/l.

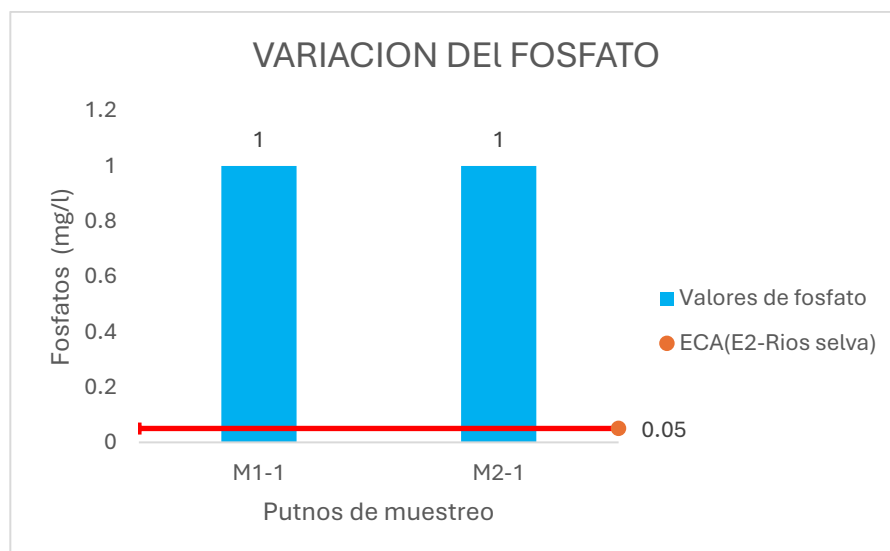


Figura 22. Variación del fosfato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 22, observamos que los valores para las estaciones M1-1 y M2-1, fueron de 1 mg/l para ambas estaciones. Estos valores están por encima de los ECA para la categoría 4 (E2-Rios selva), el cual nos indica que deben de estar por debajo de 0,05 mg/l. En ese sentido estos valores no cumplen con dicho límite.

Tabla 9. Resultados de los parámetros para el mes de septiembre

i	Parámetros	Unidad de medida	Valores		ECA (E2-Rios)
			M1-2	M2-2	
1	O.D	mg/L	5,10	4,77	≥ 5
2	pH	unidad de pH	8,1	8,13	6,5-9,0
3	DBO5	mg/L	1,30	1,07	10
4	Nitratos	mg/L NO ₃ ⁺	10	10	13
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	2000
6	D Temperatura	°C	0,83	0,72	$\Delta 3$
7	Turbidez	NTU	0,45	0,48	20,00
8	S.D.T	mg/L	226,2	228,4	≤ 400
9	Fosfatos	mg/L PO	1	1	0,05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se observa los valores correspondientes para las estaciones de monitoreo M1-2 y M2-2, la temperatura ambiente a la hora de sacar muestra fue de 27,88 °C. Dichos valores se comparan con el ECA agua para la categoría 4 (E2-Rios selva).

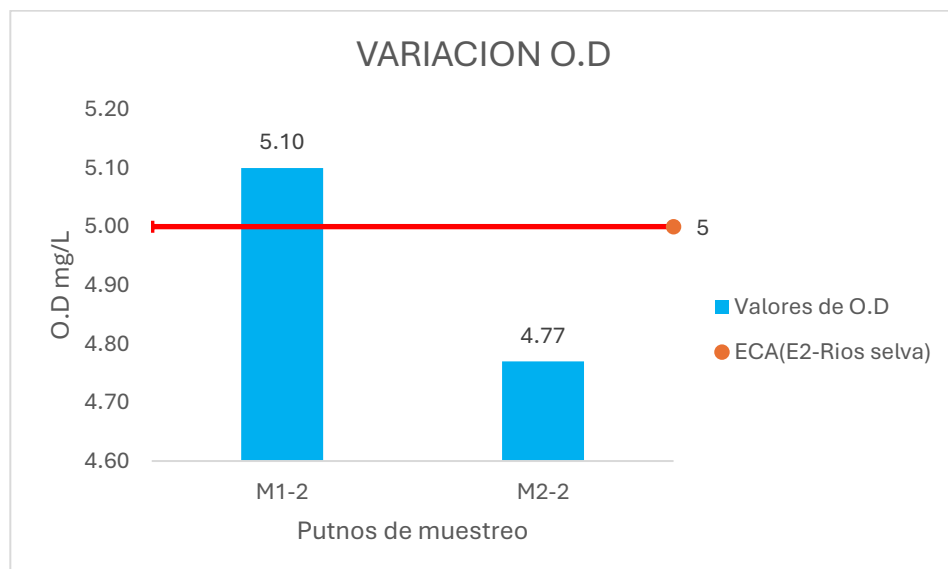


Figura 23. Variación del O.D en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 23, observamos que los que la estación M1-2, tiene un valor 5,10 mg/l., el cual, si cumple con el ECA, en el caso del punto M2-2, un valor de 4.77 mg/l, dicho valor no

cumple con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual no indica que debe ser mayor o igual a 5 mg/l.

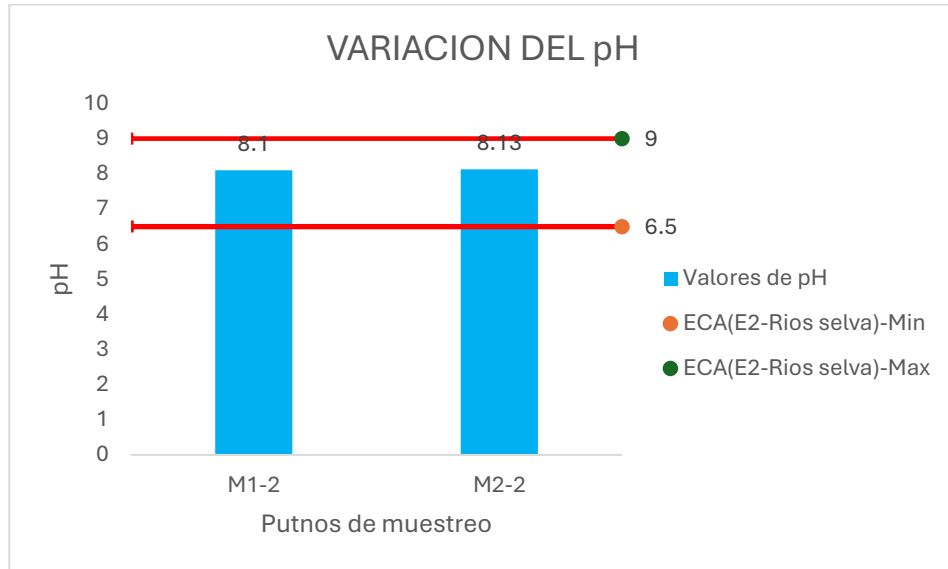


Figura 24. Variación del pH en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 24, se observa que los valores encontrados en las estaciones de monitoreo, M1-2 (8,1) y M2-2 (8,13), están dentro del rango permitido por el ECA-agua para la categoría 4 (E2-Rios selva).

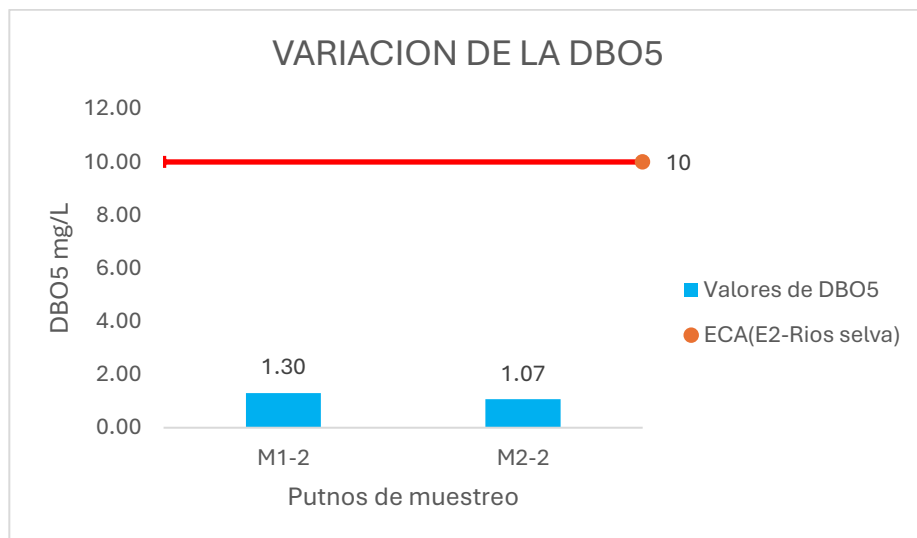


Figura 25. Variación del DBO5 en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 25, observamos que los valores para las estaciones M1-2 (1,30 mg/l) y M2-2 (1,07), dichos valores cumplen con los ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva).

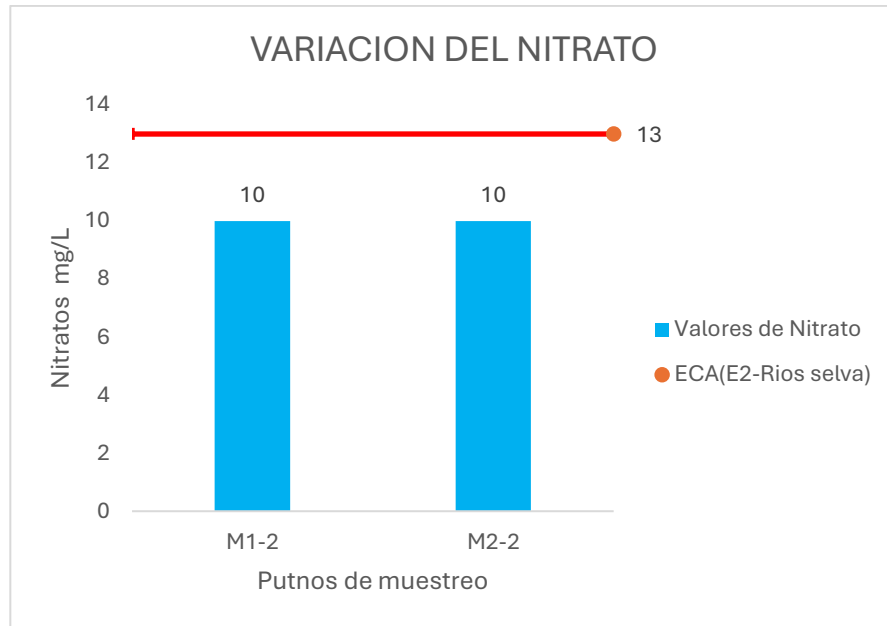


Figura 26. Variación del nitrato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 26, los valores encontrados en los puntos de control M1-2 y M2-2, fueron de 10 para ambos casos, dicho valor cumple con el ECA-agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual nos indica que no debe ser mayor a 13 mg/l.

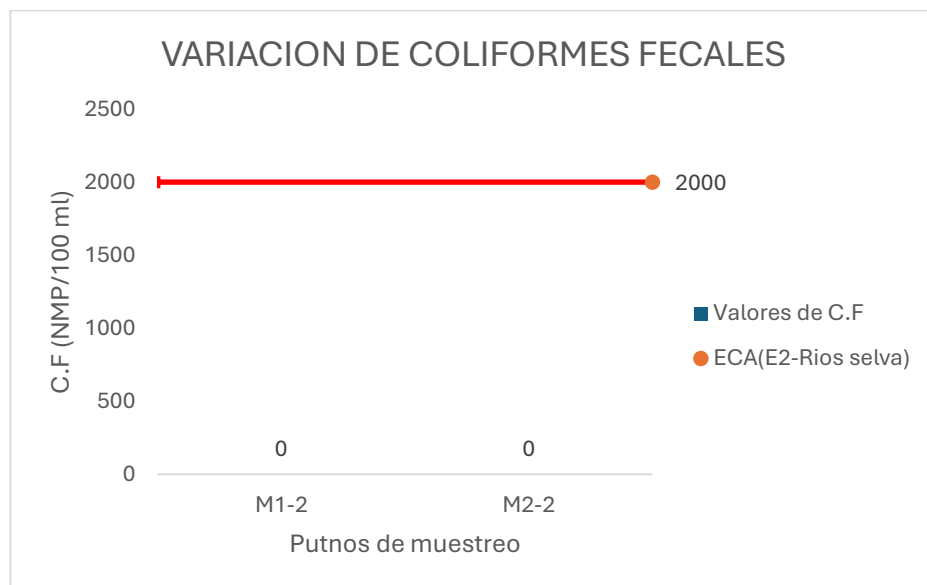


Figura 27. Variación de C.F en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 27, observamos que para las dos estaciones M1-2 y M2-2, un valor de 0 para ambas estaciones, el cual indica que no hay presencia de C.F, de esta manera cumple con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva).

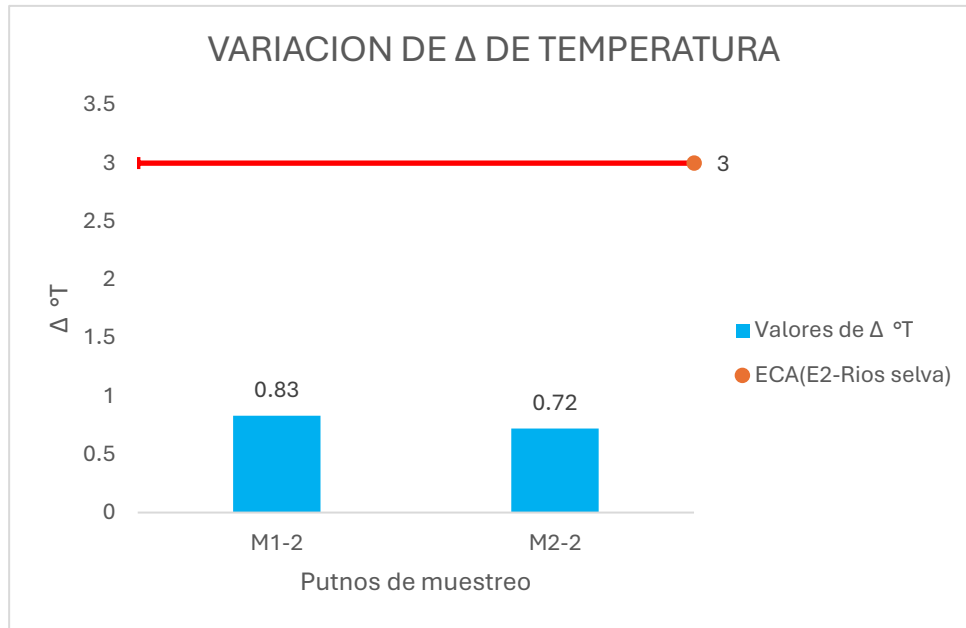


Figura 28. Variación de Δ °T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 28, observamos que las estaciones de monitoreo M1-2 y M2-2, un valor de 0,83 y 0,72, los cuales cumplen con los ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica que no debe de ser mayor a 3.

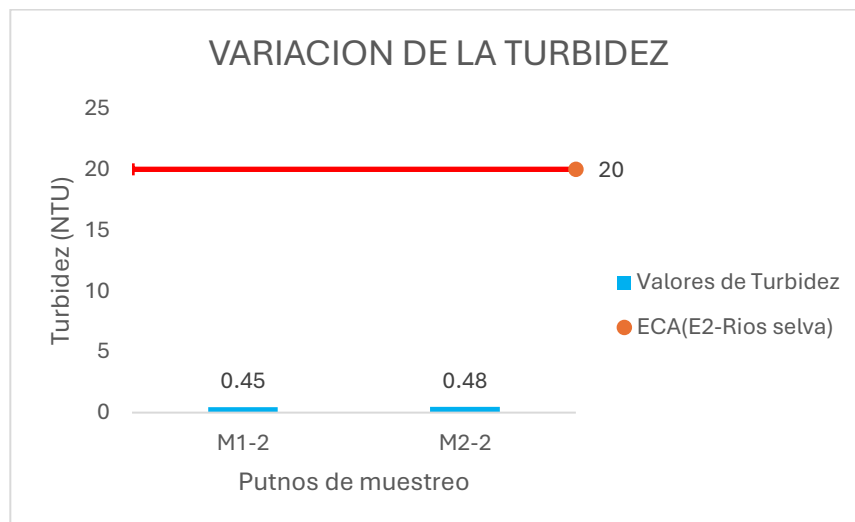


Figura 29. Variación de la turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 29, observamos que las estaciones M1-1 y M2-2, valores de 0,45 NTU y 0,48 NTU consecutivamente. Estos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica que su concentración no debe de ser mayor a 20 NTU.

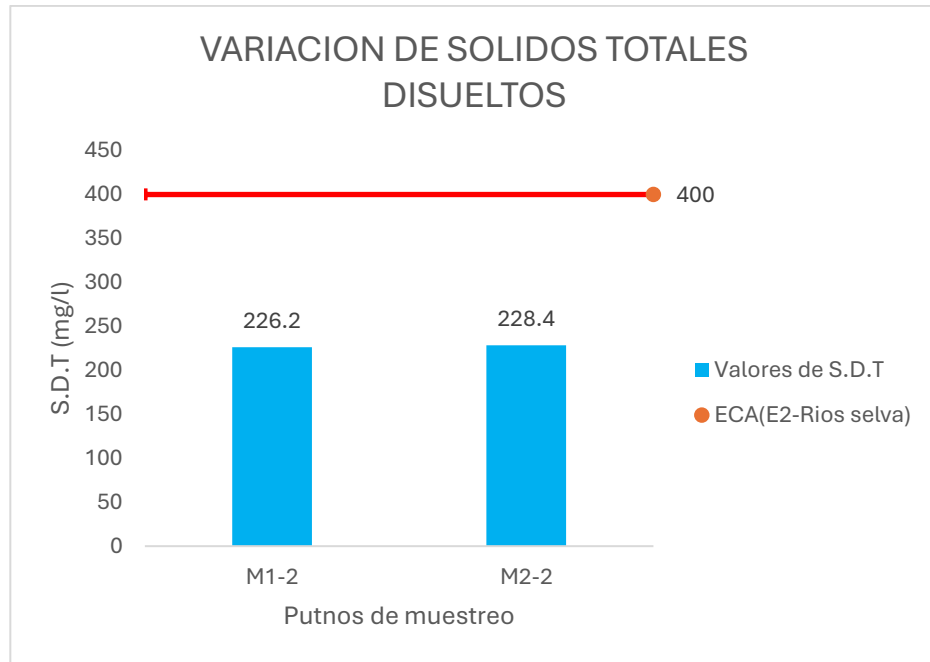


Figura 30. Variación de la turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 30, observamos que los valores para las estaciones M1-2 y M2-2, valores de 226,2 mg/l y 228,4 mg/l consecutivamente, estos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). Que nos indica que su concentración o debe de exceder de 400 mg/l.

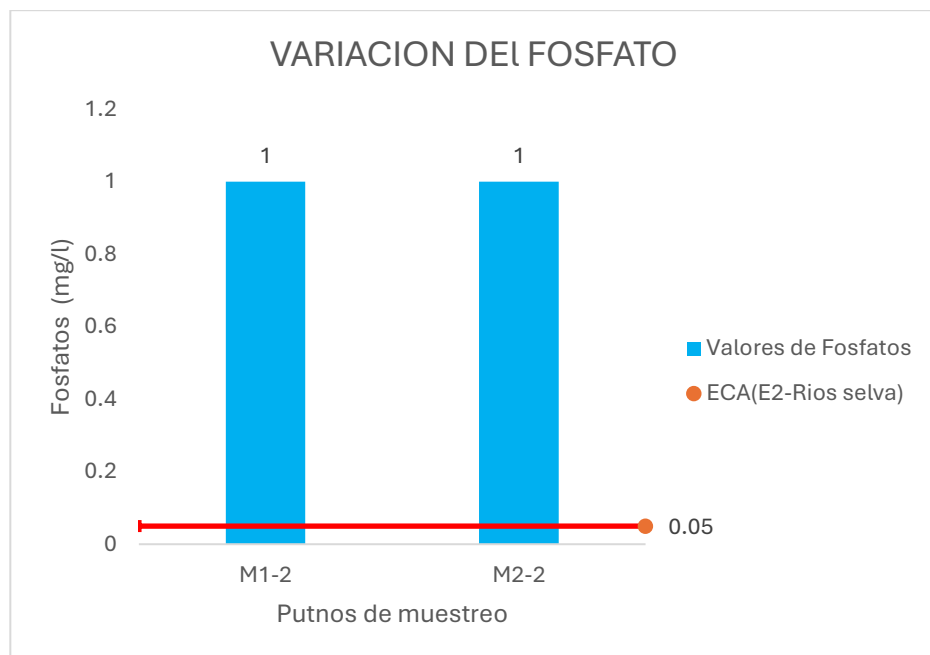


Figura 31. Variación del fosfato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 31, observamos que las estaciones M1-2 y M2-2, un valor de 1 mg/l, para ambas estaciones, por lo tanto, no cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica que su concentración en el medio no debe de ser mayor a 0,05 mg/l.

Tabla 10. Resultados de los parámetros para el mes de octubre.

i	Parámetros	Unidad de medida	Valores		ECA (E2-Rios)
			M1-3	M2-3	
1	O.D	mg/L	6,05	5,79	≥ 5
2	pH	unidad de pH	7,97	8,04	6,5-9,0
3	DBO5	mg/L	1,85	1,64	10
4	Nitratos	mg/L NO ₃ ⁺	10	10	13
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	2000
6	D Temperatura	°C	0,45	0,73	$\Delta 3$
7	Turbidez	NTU	0,67	0,75	20,00
8	S.D.T	mg/L	263,4	265,1	≤ 400
9	Fosfatos	mg/L PO	1	1	0,05

La tabla 10 observamos los valores obtenidos en las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, correspondientes al mes de octubre. Donde La temperatura ambiente a la hora del muestreo fue de 28 °C. los cuales se compararon con el ECA agua para la categoría 4 (E2-Rios selva).

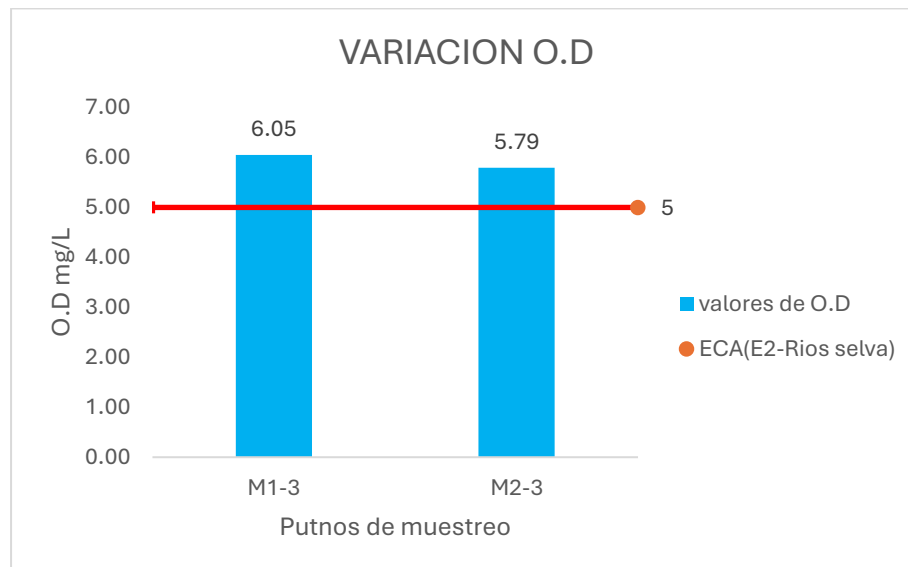


Figura 32. Variación de O.D en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 32, observamos que las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, tienen valores de 6,05 mg/l y 5,79 mg/l, dichos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4

(E2-Rios selva). El cual nos indica que las concentraciones no deben estar por debajo de los 5 mg/l.

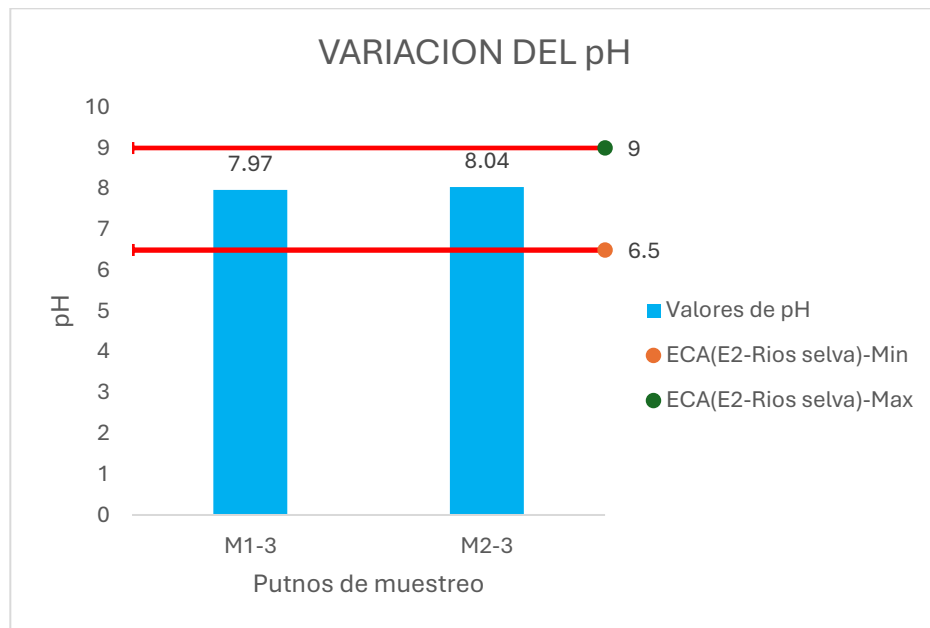


Figura 33. Variación de pH en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 33, se observa que los puntos de control M1-3 y M2-3, arrojaron valores de 7,97 y 8,04 de pH consecutivamente, estos la valores cumplen con los ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica u n rango ideal de 6,5 a 9.

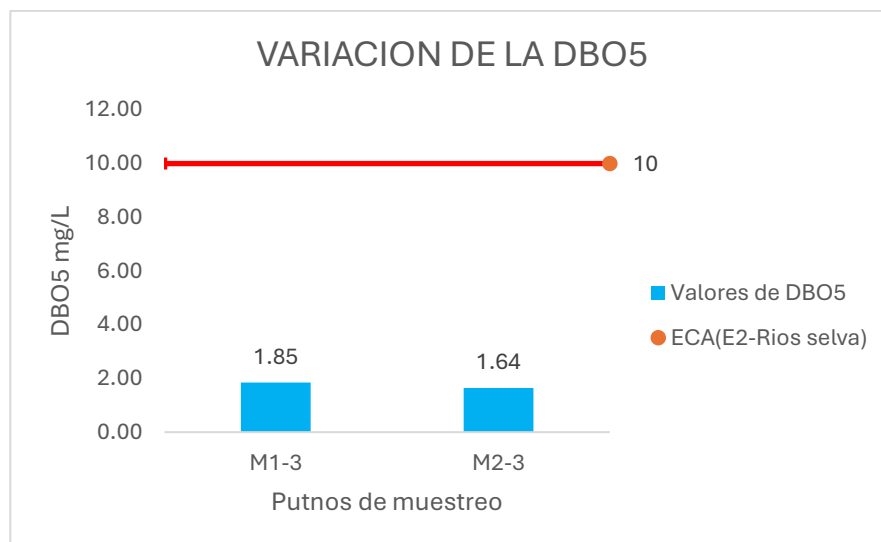


Figura 34. Variación del DBO5 en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 34, observamos que las estaciones M1-3 (1,85 mg/l) y M2-3 (1,64 mg/l), dichos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica que la DBO5 no debe ser mayor a 10 mg/l.

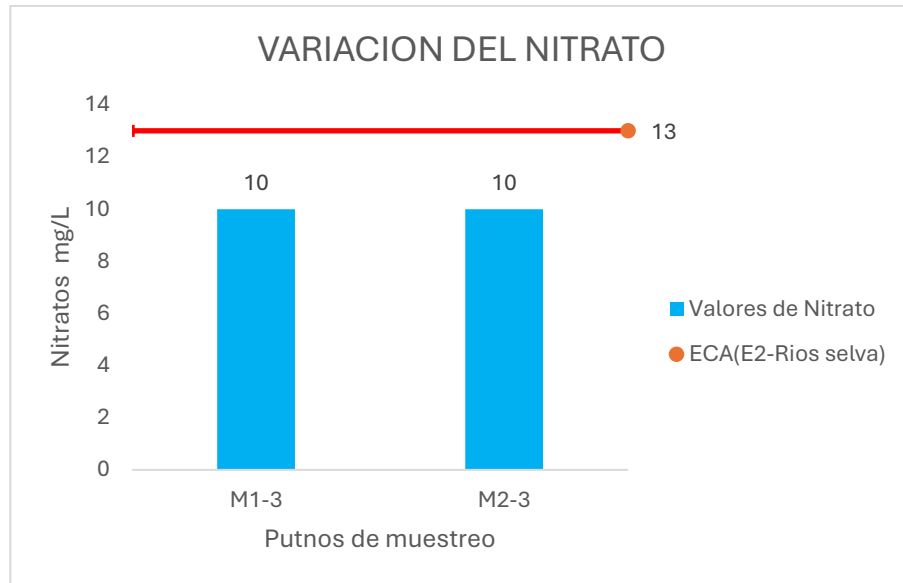


Figura 35. Variación del Nitrato en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 35, observamos que el valor para las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, fue de 10 para ambos casos, dicho valor cumple con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Ríos selva). El cual nos indica que la concentración no debe de ser mayor a 13 mg/l.

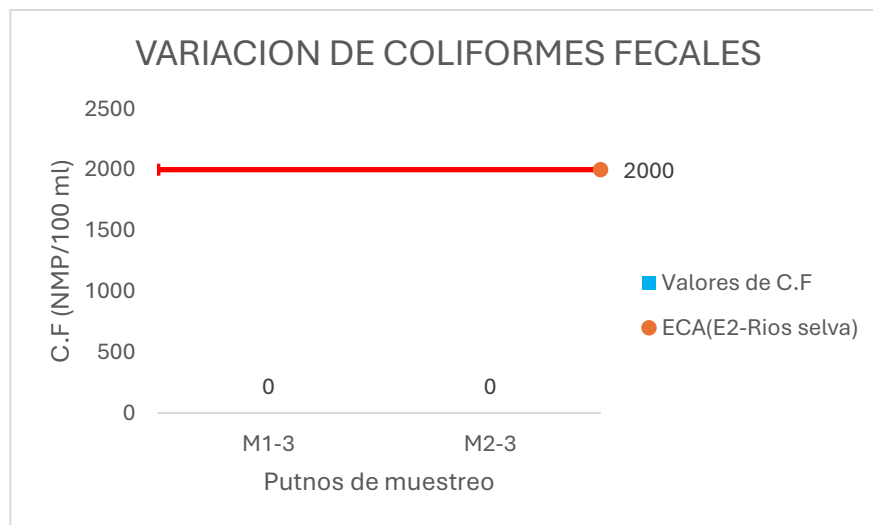


Figura 36. Variación de C.F en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

La figura 36 muestra la ausencia de C.F. en las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, lo que indica cumplimiento del ECA-Agua categoría 4 (E2-Ríos Selva), cuyo límite máximo es 2000 mg/l.

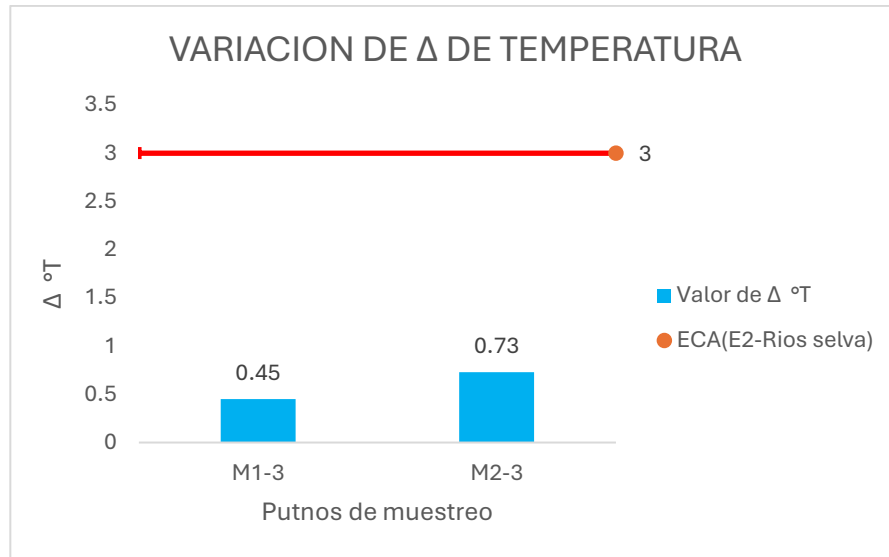


Figura 37. Variación de Δ °T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 37, observamos que las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, se tuvo un valor de 0,45 y 0,73 consecutivamente, estos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). El cual indica que no debe exceder de 3 mg/l.

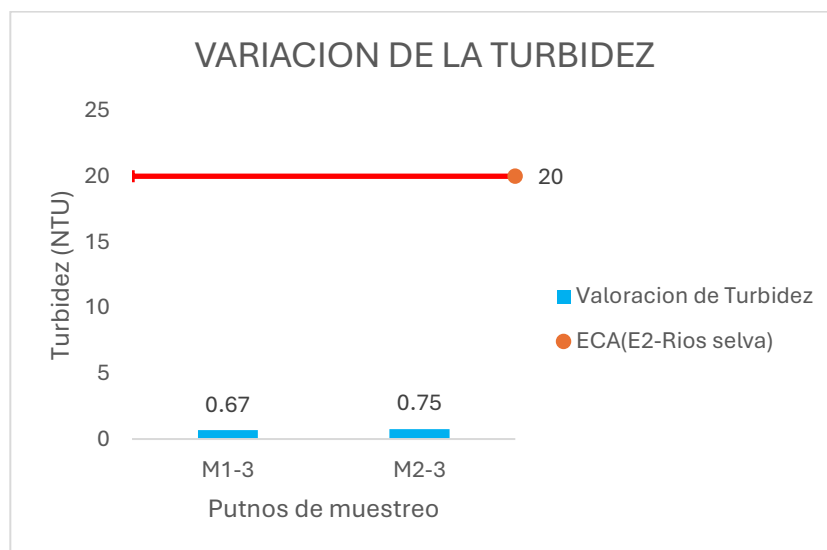


Figura 38. Variación de Turbidez en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 38, observamos que las estaciones M1-3 y M2-3, valores de 0,67 NTU y 0,75 NTU, dichos valores cumplen con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). Que indica que su concentración no debe ser mayor de 20 NTU.

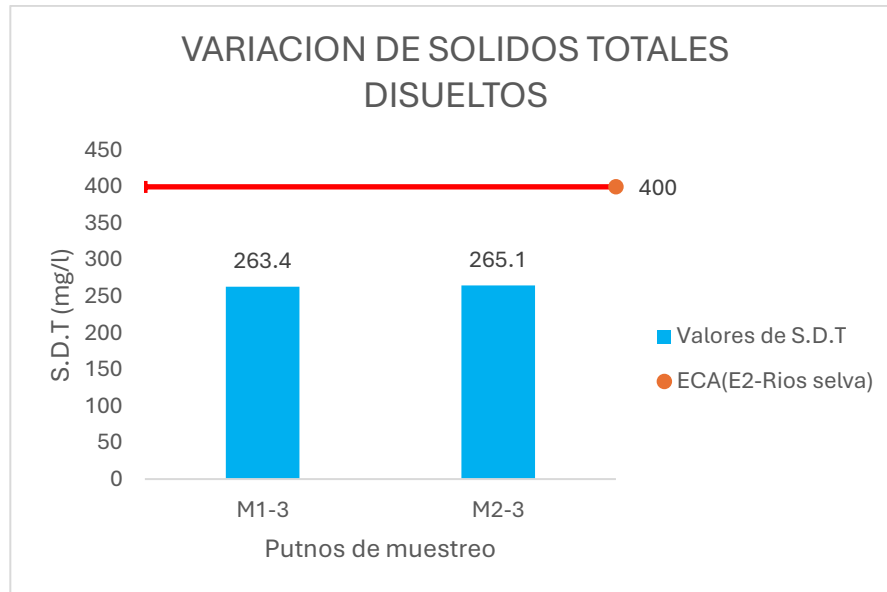


Figura 39. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 39, las estaciones de monitoreo M1-3 (263,4 mg/l) y M2-3 (265,1 mg/l) cumplen con el ECA-agua categoría 4 (E2-Ríos selva), cuyo límite máximo es 400 mg/l.

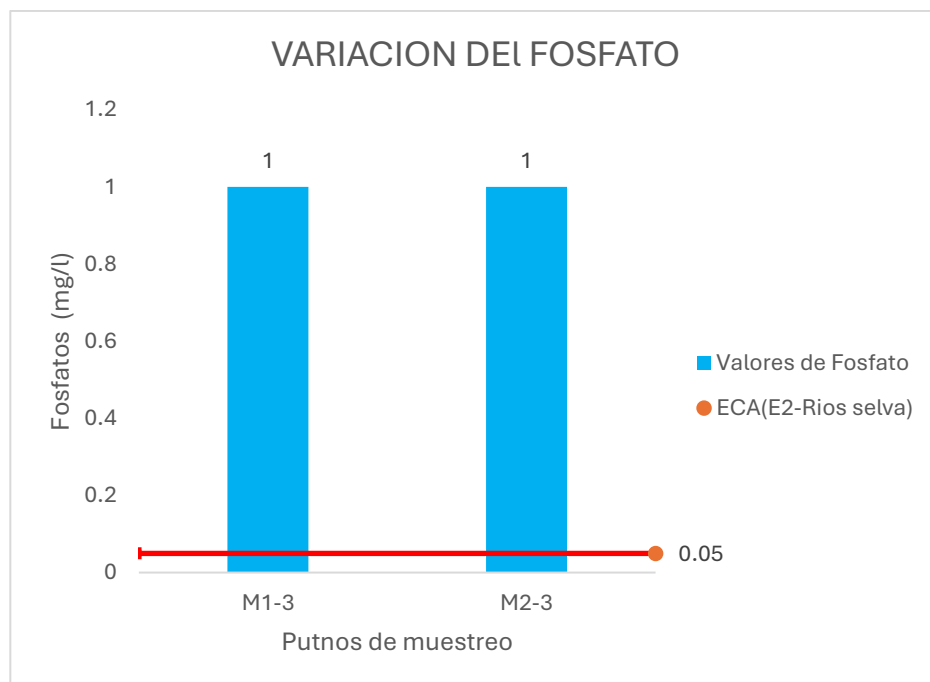


Figura 40. Variación de S.D.T en los puntos de muestreo y su comparación con el ECA para agua.

En la figura 40, observamos que las estaciones de monitoreo M1-3 y M2-3, tienen una concentración de 1 mg/l para ambos casos, en sentido este valor con cumple con el ECA- agua para la categoría 4 (E2-Rios selva). Que nos indica que su concentración no de ser mayor a 0.05 mg/l.

4.2. Comparación de la calidad del agua a través de ICA-NFS en las estaciones de monitoreo.

Una vez realizada la ponderación se procedió al cálculo del ICA -NFS, para las estaciones de monitoreo M1 y M2. Teniendo un total de 6 muestras correspondientes para los meses de evaluación que fueron agosto, septiembre y octubre. las cuales se presentan a continuación.

Tabla 11. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de agosto estación 1-muestra 1(M1-1).

i	Parámetro	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	83,67	88	0,17	14,96
2	pH	unidades	8,06	82	0,12	9,84
3	DBO5	mg/l	1,49	84	0,1	8,4
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15
6	D Temperatura	°C	0,45	89	0,1	8,9
7	Turbidez	NTU	0,41	96	0,08	7,68
8	S.D.T	mg/l	224,2	70	0,08	5,6
9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria indice						79.38

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se observa el resultado de la muestra correspondiente al punto M1-1, que se encuentra ubicada en la parte alta, la cual tuvo una clasificación de 79,38 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Tabla 12. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de agosto estación 2-muestra 1 (M2-1).

i	Parámetros	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	81,51	86	0,17	14,62
2	pH	unidades	8,05	82	0,12	9,84
3	DBO5	mg/l	1,27	85	0,1	8,5
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15
6	D Temperatura	°C	0,56	88	0,1	8,8
7	Turbidez	NTU	0,42	96	0,08	7,68
8	S.D.T	mg/l	224,2	69,5	0,08	5,56

9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria índice						79,00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestran los valores obtenidos para la muestra correspondiente al punto M2-1, que se encuentra ubicada en la parte baja, la cual tuvo una clasificación de 79,00 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Los valores del ICA-NFS, presentaron una variación en los puntos de monitoreo, para la parte alta y baja, estos valores fueron los siguientes M1-1 (79,38) y M2-1 (79,00), los cuales se encuentran en el rango de 71-90, teniendo una clasificación de “Buena”, por lo tanto, la calidad de agua correspondiente al mes de agosto fue Buena.

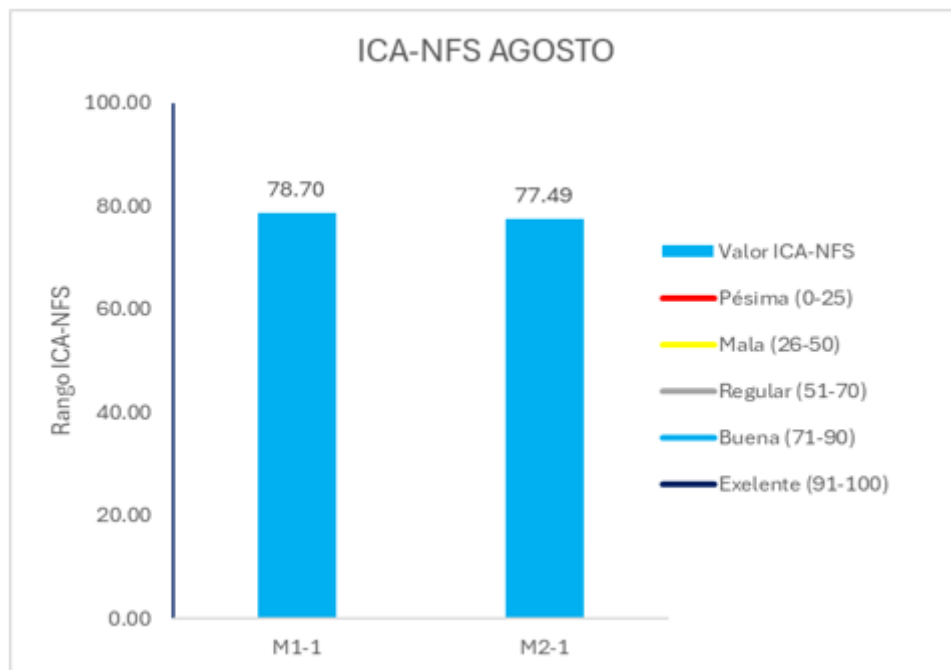


Figura 41. Variación del ICA-NFS, en las estaciones de monitoreo para el mes de agosto.

Tabla 13. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de septiembre estación 1-muestra 2(M1-2).

i	Parámetros	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	68,83	70	0,17	11,9
2	pH	unidades	8,1	80	0,12	9,6
3	DBO5	mg/l	1,3	84	0,1	8,4
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15

6	D Temperatura	°C	0,83	86	0,1	8,6
7	Turbidez	NTU	0,45	96	0,08	7,68
8	S.D.T	mg/l	226,2	70	0,08	5,6
9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria índice						75,78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestran los valores obtenidos para la muestra correspondiente al punto M1-2, que se encuentra ubicada en la parte alta, la cual tuvo un calificativo de 75,78 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Tabla 14. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de septiembre estación 2-muestra 2(M2-2).

i	Parámetros	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	64,37	64	0,17	10,88
2	pH	unidades	8,13	79	0,12	9,48
3	DBO5	mg/l	1,07	88	0,1	8,8
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15
6	D Temperatura	°C	0,72	86,5	0,1	8,65
7	Turbidez	NTU	0,48	95	0,08	7,6
8	S.D.T	mg/l	228,4	69,5	0,08	5,56
9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria índice						74,97

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se observa los valores obtenidos para la muestra correspondiente al punto M2-2, que se encuentra ubicada en la parte baja, la cual tuvo una clasificación de 74,97 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Los valores del ICA-NFS, presentaron una variación en los puntos de monitoreo, para la parte alta y baja, estos valores fueron los siguientes M1-2 (75,78) y M2-2 (74,97), los cuales se encuentran en el rango de 71-90, teniendo una clasificación de “Buena”, por lo tanto, la calidad de agua correspondiente al mes de septiembre fue Buena.

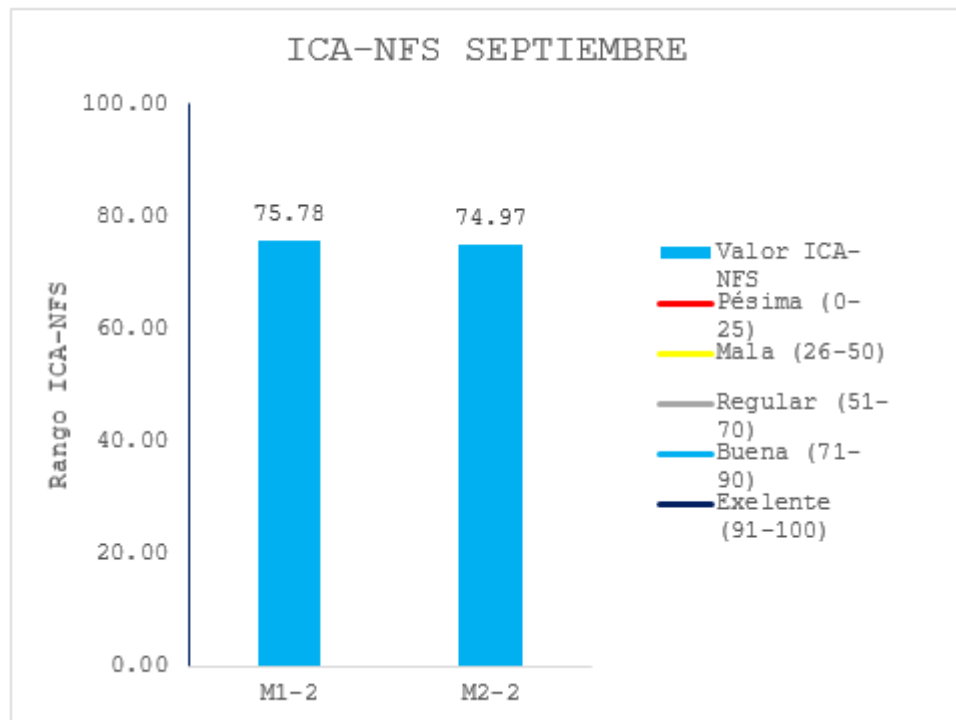


Figura 42. Variación del ICA-NFS, en las estaciones de monitoreo para el mes de septiembre.

Tabla 15. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de octubre estación 1-muestra 3 (M1-3).

i	Parámetros	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	81,65	86,5	0,17	14,71
2	pH	unidades	7,97	84,5	0,12	10,14
3	DBO5	mg/l	1,85	81,5	0,1	8,15
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15
6	D Temperatura	°C	0,45	89	0,1	8,9
7	Turbidez	NTU	0,67	94	0,08	7,52
8	S.D.T	mg/l	263,4	66	0,08	5,28
9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria indicé						78,70

Fuente: elaboración propia

En la tabla 15, se observa los valores obtenidos para la muestra correspondiente al punto M1-3, que se encuentra ubicada en la parte alta, la cual tuvo una clasificación de 78.70 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Tabla 16. Cálculo de ICA-NFS, correspondiente al mes de octubre estación 2-muestra 3 (M2-3).

i	Parámetros	unidades	Valores	Subi	wi	subi*wi
1	O.D	% sat	78,14	83	0,17	14,11
2	pH	unidades	8,04	82	0,12	9,84
3	DBO5	mg/l	1,64	83	0,1	8,3
4	Nitratos	mg/l	10	50	0,1	5
5	Coliformes Fecales	#/100 ml	0	100	0,15	15
6	D Temperatura	°C	0,73	86	0,1	8,6
7	Turbidez	NTU	0,75	93	0,08	7,44
8	S.D.T	mg/l	265,1	65	0,08	5,2
9	Fosfatos	mg/l	1	40	0,1	4
Sumatoria indicé						77,49

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16, observamos los valores obtenidos para la muestra correspondiente al punto M2-3, que se encuentra ubicada en la parte baja, la cual tuvo una clasificación de 77.49 y se clasifica como un agua de calidad “buena”, según el ICA-NFS.

Los valores del ICA-NFS, presentaron una variación en los puntos de monitoreo, para la parte alta y baja, estos valores fueron los siguientes M1-3 (78.70) y M2-3 (77.49), los cuales se encuentran en el rango de 71-90, teniendo una clasificación de “Buena”, por lo tanto, la calidad de agua correspondiente al mes de octubre fue Buena.

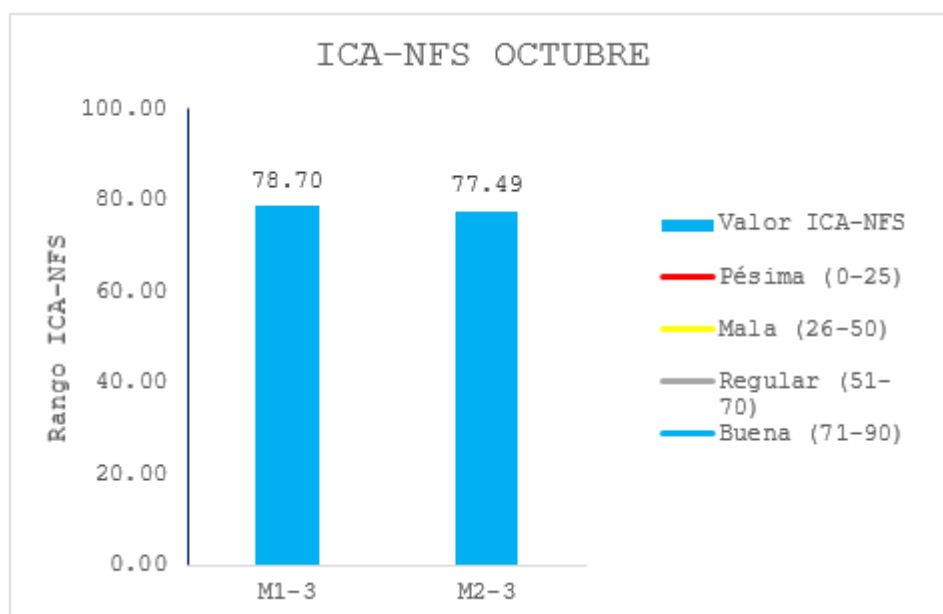


Figura 43. Variación del ICA-NFS, en las estaciones de monitoreo para el mes de octubre.

4.3. Aplicación de estadística

Tabla 17. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación estación 1.

Pto	Meses	COD.	O.D (mg/l)	C.F (#/100ml)	pH (Unid.)	DBO (mg/l)	ΔT (°C)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	SDT (mg/l)	TUR (NUT)
Estación 1	Ago.	M1-1	6,20	0,00	8,06	1,49	0,45	10,00	1,00	224,20	0,41
	Sep.	M1-2	5,10	0,00	8,10	1,30	0,83	10,00	1,00	226,20	0,45
	Oct.	M1-3	6,05	0,00	7,97	1,85	0,45	10,00	1,00	263,40	0,67
Media			5,78	0,00	8,04	1,55	0,58	10,00	1,00	237,93	0,51
Desv. Estand			0,60	0,00	0,07	0,28	0,22	0,00	0,00	22,08	0,14
Varianza			0,36	0,00	0,00	0,08	0,05	0,00	0,00	487,41	0,02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación estación 1.

Pto	Meses	COD.	O.D (mg/l)	C.F (#/100ml)	pH (Unid.)	DBO (mg/l)	ΔT (°C)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	SDT (mg/l)	TUR (NUT)
Estación 2	Ago.	M2-1	6,04	0,00	8,05	1,27	0,56	10,00	1,00	226,00	0,42
	Sep.	M2-2	4,77	0,00	8,13	1,07	0,72	10,00	1,00	228,40	0,48
	Oct.	M2-3	5,79	0,00	8,04	1,64	0,73	10,00	1,00	265,10	0,75
Media			5,53	0,00	8,07	1,33	0,67	10,00	1,00	239,83	0,55
Desv. Estand			0,67	0,00	0,05	0,29	0,10	0,00	0,00	21,91	0,18
Varianza			0,45	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	480,24	0,03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Valores estadísticos para el ICA-NFS para el periodo de investigación de las estaciones de monitoreo.

Pto	Meses	COD.	O.D (mg/l)	C.F (#/100ml)	pH (Unid.)	DBO (mg/l)	ΔT (°C)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	SDT (mg/l)	TUR (NUT)
Estación 1	Ago.	M1-1	6,2	0	8,06	1,49	0,45	10	1	224,2	0,41
	Sep.	M1-2	5,1	0	8,1	1,3	0,83	10	1	226,2	0,45
	Oct.	M1-3	6,05	0	7,97	1,85	0,45	10	1	263,4	0,67
Estación 2	Ago.	M2-1	6,04	0	8,05	1,27	0,56	10	1	226	0,42
	Sep.	M2-2	4,77	0	8,13	1,07	0,72	10	1	228,4	0,48
	Oct.	M2-3	5,79	0	8,04	1,64	0,73	10	1	265,1	0,75
Media			5,66	0,00	8,06	1,44	0,62	10,00	1,00	238,88	0,53
Desv. Estand			0,58	0,00	0,05	0,28	0,16	0,00	0,00	19,70	0,14
Varianza			0,34	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	388,15	0,02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Prueba estadista T student para de las estaciones de muestreo en el periodo de investigación agosto-octubre.

Prueba Estadística	O.D (mg/l)	C.F (#/100ml)	pH (Unid.)	DBO (mg/l)	ΔT (°C)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)	SDT (mg/l)	TUR (NUT)
T-student	0,036798	1	0,3235186	0,000688	0,495311	1	1	0,0064015	0,194613

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

Los valores obtenidos para los parámetros se compararon con el ECA-Agua de categoría 4 (conservación del medio acuático)-E2 ríos (selva), se observó que el parámetro de fosfato que tuvo un valor de 1 mg/l, supera los estándares de calidad ambiental, el cual exige que este valor no debe ser mayor a 0,05 mg/l. esto se observó en todas las muestras concernientes a los 2 puntos de monitoreo, en el caso del O.D, correspondiente al mes de septiembre la muestra M2-2 (4,77 mg/l), no cumple con los estándares de calidad ambiental, que exigen un mínimo de 5 mg/l.

De igual manera se realizó la interpolación y ponderación con los valores obtenidos para los 9 parámetros, para calcular el ICA-NFS, teniendo como resultados lo siguiente: el mes de agosto presenta una calidad de agua “Buena”, el mes de octubre una calidad de agua buena y el mes de octubre buena, se observó que las 2 estaciones de monitoreo cuentan con buena calidad de agua.

En ese sentido se puede decir que el agua en esta sección del río Supte es de buena calidad esto según el ICA-NFS, de igual forma comparado con el ECA-Agua, concerniente a la conservación del medio acuático, se puede decir que es bueno, pero que está siendo afectada ligeramente por la concentración de Fosfatos.

A partir de las pruebas realizadas se encontró que, los parámetros de coliformes fecales, nitrato y fosfato no hubo diferencias debido a que los valores que se encontraron fueron los mismos los cuales se observan en los cuadros, para los parámetros de oxígeno disuelto, DBO5 y SDT, se observa que el p-valor fueron de 0,037, 0,000688 y 0,0064 consecutivamente, los cuales están por debajo de 0.05, por lo tanto cual se concluye que no hay una diferencia significativa entre los valores, el en caso del pH, ΔT y Turbidez, su p-valor fue de 0,33, 0,49 y 0,19, los cuales son mayores a 0.05, lo cual indica que existe una diferencia significativa entre los valores.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. se debe de realizar un monitoreo en las épocas de avenida y comparar con las de estiaje que dicho sea el caso, es la época en la cual se realizó el presente trabajo, de esta manera se podría saber cuál es el comportamiento de la calidad de agua con mayor claridad durante todo el año.
2. Realizar un estudio con mayor profundidad y así tener en consideración parámetros que también son importantes en la calidad del agua tales como el carbono orgánico, alcalinidad, dureza, conductividad y otros. De esta manera se podría saber con mayor exactitud la calidad de agua que pueda presentar un cuerpo de agua, ya que dentro del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Se observa que todos los parámetros tienen su ECA.
3. En poblaciones jóvenes se debe implementar un sistema de saneamiento y prevención de contaminación de los ríos a fin de conservar una buena calidad del agua y así conservar los medios acuáticos que se encuentran cerca de las ciudades ya que estas son las más afectadas por la actividad antrópica.
4. Realizar evaluaciones en distinta época del año para poder comprarlas con los datos obtenidos en la presente investigación y ver si hay diferencias significativas.

VII. REFERENCIAS

Ajcabul, A. O. (2016). Análisis comparativo entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río La Quebrada, El Frutal [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional – Universidad de San Carlos de Guatemala

APHA, AWWA & WEF. (2012). Standar Methods for the examination of water and wastewater. Washintong D.C: 22 ED. [Links]

Aquino, P. (2017). Calidad del agua en el Perú. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR).

Autoridad Nacional del Agua (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales Resolución Jefatural N° 010- 2016-ANA

Autoridad Nacional del Agua. (2018). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. (1° ed.). Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2439>

Autoridad Nacional del Servicio Civil. (2021). Gestión sostenible del agua. (1° ed.). Escuela Nacional de Administración Pública.

BORRERO, Carolina. Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo. Universidad de los Andes. 2018. pp. 20.

Brack, Antonio y Cecilia Mendiola (2006) problemas de contaminación del agua en Perú, CTA_s3_anexo 2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría. Capítulos 1 y 2 [en línea], [Revisado el 20 de Febrero de 2010]; Disponible en: <http://www.cepis.org.pe/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/filtrarapmanual2.html>.

Chang, R. G. (2013). Química (11a ed. edición. México; Madrid: MacGraw-Hill. ISBN 978-607- 15-0928-4.

Coral, B. E. (2014). Evaluación de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, distrito de Independencia - Huaraz - 2013-2014 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Santiago Antunez de Moyolo]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Santiago Antunez de Moyolo.

Corrales L. Fung E. (2017). Diseño de un Sistema de monitoreo de los co-beneficios generados por la iniciativa REDD+ MbA de El Salvador. CATIE. Turrialba, Costa Rica

Eugenio Leiva- Machuca pereyra (2023) Determinación de la calidad ambiental del agua de la cuenca del río Mashcón mediante la aplicación del método ICA-NSF, pag 13.

Fernández, N.; Solano, F., Índices de calidad y de contaminación del agua., Universidad de Pamplona, 2005.

Fontalvo-Julio, F. A. y Tamaris-Turizo, C. E. (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica*, 13(2), 101-111. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2510>

Galindo, H. (2020) ESTADÍSTICA PARA NO ESTADÍSTICOS.

García-Gonzales, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A. y Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del Agua*, 25(2), 115-126. <https://doi.org/10.4995/Ia.2021.13921>

Gómez-Duarte, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Rev. Fac. Med*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

Hach (2022). Biochemical Oxygen Demand (BOD). PO Box 389, Loveland, CO 80539.

Lanza, E. G., Hernández, P. S., & Carbajal, P. J. (2000). Comisión Nacional del Agua de México, & Universidad Nacional Autónoma de México. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: Bioindicadores.

Larios Meoño, F., González Taranco, C., y Morales Olivares, Y. (2016). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber Y Hacer*, 2(2), 8–25. Recuperado a partir de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>

Mamani V.E. (2012). Informe principal: Propuesta de estándares nacionales de calidad ambiental para agua subterránea. Dirección General de Calidad Ambiental. Ministerio del Ambiente del Perú.

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.

MINAM, 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Navarro, A. E., Leyva, Z. C. y Mendoza, J. C. (2019). Tópicos sobre contaminantes y contaminación del agua. AM Editors.

Nicoya Península Waterkeeper.(NPWK). TURBIEDAD EN LOS RIOS, portal de información , 2020. <https://www.nicoyawaterkeeper.org/>

Olivera, E. (2019). Influencia de la calidad de agua de consumo en la morbilidad por enfermedades de transmisión hídrica en la población infantil del distrito de Cátac-Recuay-

Ancash durante el año 2016. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Perú. <https://n9.cl/zpvoq>

Orozco, C.; Pérez, A.; Gonzáles, M. N.; Rodríguez, F.; Alfayate, J., Contaminación Ambiental. Una visión desde la química., tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A. 2005.

Paniagua, O. (2017). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y fines agrícolas en las cuencas de la Región Huancavelica. Tesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. <https://n9.cl/u823m>

PREQB. Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters, 2004 –305 (b) /303 (d) Final Report. 2004.

PURITEC (2020). Sólidos disueltos en agua; Que son y su importancia de medirlos. México, Sólidos disueltos en agua; Que son y su importancia de medirlos (manantialwater.com.mx)

Raymundo Agui,J.C. (2021). Calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Supte san Jorge en Rupa Rupa, leoncio prado. Tesis para título, universidad nacional agraria de la selva. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8fb1ab45-80ec-4b3b-a1e9-a1b3a9ff7ebf/content>. pag.15

ANEXOS

7.1. Anexo 1. Datos de parámetros evaluados.

Tabla 21. Datos recopilados en campo y laboratorio para las estaciones de monitoreo en los periodos de evaluación agosto-octubre.

i	Parámetro	Unidad de medida	PERIODO DE EVALUACION					
			AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
			M1-1	M2-1	M1-2	M2-2	M1-3	M2-3
1	O.D	mg/L	6,2	6,04	5,1	4,77	6,05	5,79
2	pH	unidad de pH	8,06	8,05	8,1	8,13	7,97	8,04
3	DBO5	mg/L	1,49	1,27	1,3	1,07	1,85	1,64
4	Nitratos	mg/L NO3+	10	10	10	10	10	10
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0
6	Temperatura	°C	0,45	0,56	0,83	0,72	0,45	0,73
7	Turbidez	NTU	0,41	0,42	0,45	0,48	0,67	0,75
8	S.D.T	mg/L	224,2	226	226,2	228,4	263,4	265,1
9	Fosfatos	mg/L PO	1	1	1	1	1	1
T. AMBIENTE (°C)			28,33		27,88		28	

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 44. Toma de muestras estación de monitoreo M1, muestra 2.



Figura 45. Toma de muestras estación de monitoreo M2, muestra 2.



Figura 46. Toma de datos en campo con equipo multiparámetro, para pH, SDT y °T.



Figura 47. Toma de datos en campo con equipo multiparámetro, para pH.



Figura 48. Toma de datos en campo con equipo Turbidímetro, para turbidez



Figura 49. Lectura de datos para la turbidez.



Figura 50. Presencia de eutrofización en los márgenes del río, por el exceso de compuestos inorgánicos (fosfatos).



Figura 51. Muestras para determinación de O.D y DBO5.



Figura 52. Medición de parámetro Oxígeno Disuelto

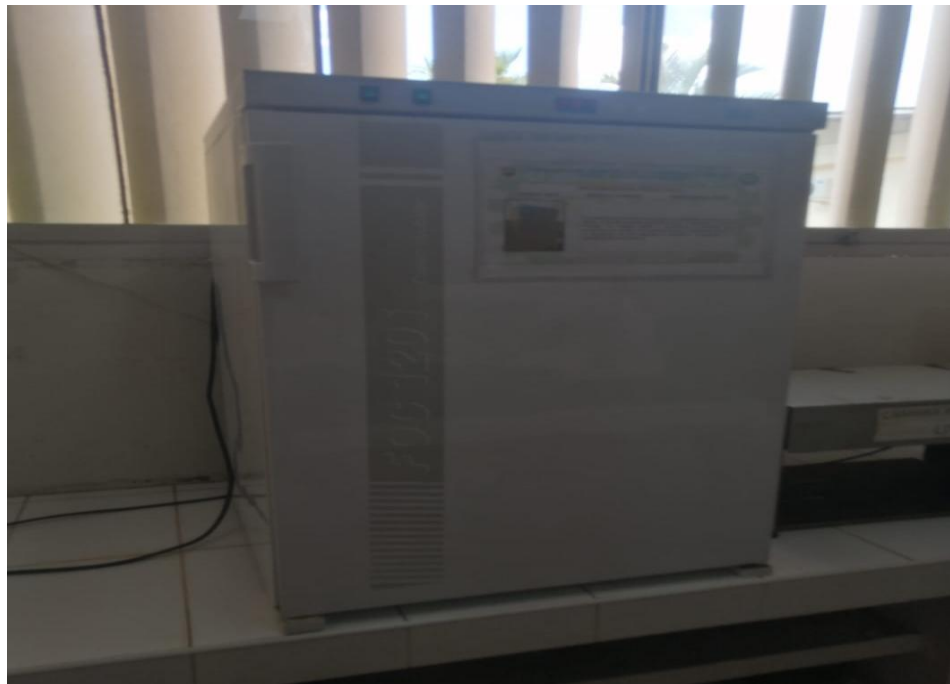


Figura 53. Cámara de incubación para determinación de DBO5.



Figura 54. Muestras en la cámara de incubación para la determinación de DBO5.



Figura 55. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-1 y M2-1 (sin presencia).



Figura 56. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-2 y M2-2 (sin presencia).



Figura 57. Determinación de Coliformes totales NMP/100 ml, muestra M1-3 y M2-3 (sin presencia).

Tabla 22. Matriz de consistencia.

Problemas	objetivo	Hipótesis	variables	Indicador	Metodología
<p>Problema General ¿cuál es la calidad del agua de rio Supte en un tramo de influencia en el sector santa rosa de Shapajilla?</p>	<p>Objetivo general Determinar la calidad del agua de rio Supte en un tramo de influencia del sector santa rosa de Shapajilla.</p>	<p>Hipótesis la calidad del agua será buena o mala, por la presencia antrópica.</p>	<p>Independiente la calidad del agua</p>	<p>Físico, Químico y Microbiológico</p>	<p>tipo de investigación (finalidad): Aplicada</p> <p>Alcance de la investigación: Descriptivo y Correlacional</p> <p>Enfoque de la investigación: Cuantitativo</p> <p>Diseño de Investigación: No experimental.</p> <p>Tiempo: Transversal</p> <p>Método de investigación: Inductivo</p>
<p>problemas específicos ¿la calidad del agua del rio Supte san Jorge cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA)?</p>	<p>objetivo específico. Determinar la calidad a través del ICA-NFS y verificar si la calidad de agua cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA)</p>	<p>Hipótesis la calidad del agua medida a través del ICA-NFS, presenta variaciones que van de pésimo a excelente Si cumplen con los estándares de calidad ambiental , que establecen límites máximos permisibles para cada parámetro evaluado</p>	<p>Dependiente ICA-NFS y ECA</p>	<p>Índice ICA-NFS ECA-Agua</p>	<p>Población: Rio, Supte sector Santa rosa de Shapajilla</p> <p>Muestreo: No probabilístico</p> <p>Técnica e instrumentos de recopilación de datos y medición:</p> <p>técnica: campo. Monitoreo de 2 estaciones, recopilación de información y muestras</p> <p>Instrumentos: GPS, equipos multiparámetros , turbidímetro, oxímetro y otros.</p>

Tabla 23. Matriz de operacionalización.

variables	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores	Parámetros	escala de medida	Técnicas y Instrumentos
Independiente la calidad del agua	Este término hace referencia a el estado en el que se encuentre un cuerpo de agua respecto a sus parámetros	Basado en la recolección de una serie de parámetros fisicoquímicas y biológicos	físico, químico y microbiológico			<p>Población: Rio Supte, sector Santa rosa de Shapajilla</p> <p>Muestra: 2 puntos de monitoreo (alta y baja)</p> <p>Técnica: monitoreo de puntos , recolección de muestras</p>
Dependiente ICA-NFS y ECA	el ICA-NFS es un indicador de la calidad ambiental utilizada para la evaluación y el monitoreo de la calidad de agua de ríos, lagos y humedales. Los ECAS se establecieron mediante resolución N°004-2017-MINAM, donde se estable los límites máximos permitidos para cada parámetro del agua.	se calcula mediante el empleo de ecuaciones matemáticas establecidas por la Fundación Nacional de Saneamiento EE.UU. Se emplea el software ICA-Test y hojas de cálculo Excel. El ECA se utiliza mediante la comparación de los valores obtenidos en el estudio y comparados con los establecidos.	Índice ICA-NFS ECA-Agua	Oxígeno disuelto, DBO5, Fosfatos, Nitratos, pH, Temperatura, Turbidez, SDT, coliformes totales.	<p>Ordinal (0-100) unidad: Excelente Buena Media Malo Muy malo</p>	<p>Instrumento: observación: GPS, reconocimiento de campo, monitoreo de estaciones de control. Registro de datos de campo, comparación con el ECA, Calculo de ICA-NFS, software Microsoft Excel</p>

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS-QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₄ ⁺)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,000036	0,000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Figura 58. ECA-agua, categoría 4. Conservación del medio acuático. E2: Ríos de la selva. MINAM,2017.