

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua del río
Yanamarca, en el valle de Yanamarca, Jauja - 2024**

**Para optar el grado de maestra en:
Gestión del Sistema Ambiental**

Autora:

Bach. Melissa Milagros CONDOR MISARI

Asesor:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua del río
Yanamarca, en el valle de Yanamarca, Jauja – 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hebert Carlos CASTILLO PAREDES
PRESIDENTE

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Escuela de Posgrado
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 084-2025- DI-EPG-UNDAC

La Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Melissa Milagros CONDOR MISARI

Escuela de Posgrado:
MAESTRIA EN GESTIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

Tipo de trabajo:
TESIS

TÍTULO DEL TRABAJO:
**"APLICACIÓN DEL ICA-NSF PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
YANAMARCA, EN EL VALLE DE YANAMARCA, JAUJA - 2024"**

ASESOR (A): Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO

Índice de Similitud:
24%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 16 de julio del 2025



Firmado digitalmente por BALDEON
DIEGO Jheysen Luis FAU
20154605046-soft
Motivo: Soy el autor del documento.
Fecha: 16.07.2025 10:04:18 -05:00

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
Dr. Jheysen Luis BALDEON DIEGO
DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Emilia y Raúl

Con profundo amor y gratitud, quiero dedicarles estas palabras. Ustedes han sido el pilar fundamental en mi vida y la razón por la cual hoy puedo celebrar mis logros académicos. Su apoyo incondicional, sacrificios y enseñanzas han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mi querida hermana, Susan

Dedico este logro con todo mi corazón, reconociendo que, sin sus consejos y su amor, no habría podido llegar hasta aquí. Eres más que una hermana, eres mi amiga y confidente, y por ello te estoy eternamente agradecida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por acogerme y brindarme lo mejor durante mi permanencia como estudiante de Posgrado.

Mi sincero agradecimiento al Dr. Rommel López Alvarado, por su paciencia, responsabilidad y valiosa contribución en el desarrollo de esta tesis.

Extiendo mi gratitud a todos los docentes que formaron parte de mi educación durante los dos años en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales en mi formación académica.

Un agradecimiento especial a los miembros del Jurado Calificador

RESUMEN

La calidad de los recursos hídricos es de gran importancia debido a su impacto en el ecosistema, la salud humana y el desarrollo sostenible. En esta investigación se determinó la calidad del agua superficial del río Yanamarca ubicado en el Valle de Yanamarca provincia de Jauja Región Junín, aplicando el índice de calidad de agua (ICA) de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF). Para el estudio, se delimitaron cuatro puntos de muestreo y se utilizó la expresión matemática basada en los resultados del análisis de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológico establecidos en la metodología ICA-NSF (temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales). Este estudio es de tipo aplicativo, con un método cuantitativo, un nivel descriptivo-explicativo, y su diseño es no experimental y transversal. El resultado obtenido fue de 51,27, lo que según la categorización del ICA-NSF corresponde a una calidad regular. En conclusión, el río Yanamarca está siendo afectado principalmente por el vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes de las plantas de tratamiento del Centro Poblado de Yanamarca y distrito de Acolla, el uso de fertilizantes nitrogenados en áreas de cultivo cercanas al río y el sobrepastoreo, lo que afecta la conservación del medio ambiente acuático.

Palabras claves: Calidad de agua, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, metodología ICA-NSF.

ABSTRACT

The quality of water resources is of great importance due to its impact on the ecosystem, human health, and sustainable development. In this research, the quality of the surface water of the Yanamarca river, located in the Yanamarca Valley, province of Jauja, Junín Region, was determined by applying the water quality index (WQI) of the National Sanitation Foundation (NSF) of the United States. For the study, four sampling points were delimited and the mathematical expression was used based on the results of the analysis of nine physicochemical and microbiological parameters established in the ICA-NSF methodology (temperature, dissolved oxygen, pH, total dissolved solids, turbidity, nitrates, phosphates, biochemical oxygen demand and fecal coliforms). This study is of an application type, with a quantitative method, a descriptive-explanatory level, and its design is non-experimental and transversal. The result obtained was 51,27, which according to the ICA-NSF categorization corresponds to regular water quality. In conclusion, the Yanamarca River is being affected mainly by the discharge of domestic wastewater from the treatment plants of the Yanamarca Population Center and Acolla district without adequate treatment, the use of nitrogen fertilizers in crop areas near the river and overgrazing, which affects the conservation of the aquatic environment.

Keywords: Water quality, physicochemical and microbiological parameters, ICA-NSF methodology.

INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para la supervivencia de todas las formas de vida en nuestro planeta. De la calidad de este importante recurso hídrico depende la salud de la población y además influye de forma directa en su desarrollo económico, social y cultural. La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que aproximadamente 297,000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por la ingesta de agua contaminada. Por esta razón, la calidad del agua es considerado en la actualidad como un factor clave para la salud humana, el medio ambiente y la sostenibilidad. La calidad de los recursos hídricos superficiales depende en gran parte de las características de sus cuencas hidrográficas; pero existen un sinnúmero de factores antropogénicos que son los principales causantes del deterioro de la calidad de estos recursos, entre ellos principalmente el acelerado crecimiento de la población, la industrialización, las actividades agrícolas, la deficiencia de alcantarillado y las escasas instalaciones de tratamiento de aguas residuales

El río Yanamarca es el recurso hídrico importante de la provincia de Jauja y es considerada también como una de las cuencas hidrográficas de mayor interés de la región Junín. Este río es un sistema hídrico natural del cual se benefician las comunidades de Tingo Paccha, Yanamarca, Tunanmarca, Acolla, Pachascucho, Chocon, Muquillanqui y Tragadero para el desarrollo de varias actividades. El río Yanamarca es crucial para el desarrollo agrícola y el consumo humano. Sus aguas son especialmente valiosas para la agricultura, la actividad a la que más contribuyen. Sin embargo, algunos investigadores advierten que la contaminación derivada de actividades productivas y la deforestación ponen en riesgo esta importante fuente de agua, que podría convertirse en una causa.

El presente estudio tiene como principal objetivo determinar la calidad del agua superficial del río Yanamarca ubicado en el valle de Yanamarca provincia de Jauja,

mediante la aplicación del índice de calidad del agua (ICA) propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Los ICA son una herramienta ampliamente utilizada para identificar signos de contaminación de manera comprensiva y sintetizar diversos análisis fisicoquímicos, microbiológicos, entre otros. Esta herramienta ofrece simplicidad metodológica y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria del estado ecológico en las aguas dulces.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha considerado los siguientes capítulos:

Capítulo I: Problema de investigación. En este capítulo se sienta las bases para el estudio a seguir, por lo que es esencial que esté bien estructurado y sea convincente. Aquí se plantea el problema de investigación, se formula las preguntas y objetivos de la investigación, y se justifica la importancia del estudio.

Capítulo II: Marco teórico. Este capítulo se estructura en tres secciones fundamentales: los antecedentes de estudio, las bases teóricas y la definición de términos básicos. En la primera sección se revisan los antecedentes de estudios previos relacionados con la calidad del agua y su evaluación en diferentes contextos geográficos y ambientales, proporcionando un panorama de las investigaciones realizadas hasta la fecha, destacando la relevancia y la necesidad de este estudio específico en el río Yanamarca. En la segunda sección se dedica a las bases teóricas que sustentan los conceptos clave empleados en esta investigación. Aquí se profundiza en el ICA-NSF, describiendo su estructura, componentes y la metodología utilizada para obtener una evaluación precisa de la calidad del agua. La tercera sección define los términos más relevantes utilizados a lo largo del estudio, garantizando una comprensión clara de los conceptos técnicos y específicos que se manejan en la investigación.

Capítulo III: Metodología y técnicas de investigación. En este capítulo se describe

la metodología y las técnicas de investigación utilizadas para determinar la calidad del agua del río Yanamarca. Se consideran el tipo, método, nivel y diseño de la investigación, proporcionando una guía detallada sobre el enfoque adoptado en este estudio.

Capítulo IV: Resultados y discusión. En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos de la evaluación de la calidad del agua del río Yanamarca utilizando el Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF). Los datos recolectados se organizan en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLA

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	11
2.3.	Definición de términos básicos	35
2.4.	Formulación de hipótesis.....	38
2.4.1.	Hipótesis general	38
2.4.2.	Hipótesis específicas	38
2.5.	Identificación de variables.....	39
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	40

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	41
3.2.	Nivel de investigación	41
3.3.	Método de investigación.....	41
3.4.	Diseño de Investigación	42
3.5.	Población y muestra	42
3.5.1.	Población	42
3.5.2.	Muestra	42
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.7.	Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos	43
3.8.	Tratamiento estadístico.....	43
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	44

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	45
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	49
4.3.	Prueba de hipótesis.....	69
4.4.	Discusión de resultados	71

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Categoría 4: Conservación del medio acuático	17
Tabla 2. Campos Profesionales de los Panelistas Invitados	19
Tabla 3. Listado de Parámetros Incluidos	19
Tabla 4. Ejemplos de Respuestas del Primer Cuestionario	20
Tabla 5. Parámetros Incluidos en el Segundo Cuestionario WQI y Calificaciones de Significación del Primer Cuestionario WQI.....	21
Tabla 6. Lista de los Once Parámetros más Significativos	22
Tabla 7. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.....	27
Tabla 8. Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown	29
Tabla 9. Pesos Relativos para cada Parámetro ICA-NSF.....	29
Tabla 10. Puntos de muestreo:.....	48
Tabla 11. Resultados de los Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológico del Río Yanamarca	51
Tabla 12. ICA-NFS del punto de muestreo P-1	63
Tabla 13. ICA-NFS del punto de muestreo P-2	64
Tabla 14. ICA-NFS del punto de muestreo P-3	65
Tabla 15. ICA-NFS del punto de muestreo P-4	66
Tabla 16. ICA-NSF del Río Yanamarca.....	67
Tabla 17. Media y Desviación Estándar de los Puntos de Muestreo.....	68
Tabla 18. t de student.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Componentes de Aguas Residuales y sus Efectos	15
Figura 2. Curva de Calidad de Agua en Función de CF.....	31
Figura 3. Curva de Calidad de Agua en Función del pH.....	31
Figura 4. Curva de Calidad de Agua en Función de la DBO	32
Figura 5. Curva de Calidad de Agua en Función de los Nitratos	32
Figura 6. Curva de Calidad de Agua en Función de los Fosfatos	33
Figura 7. Curva de Calidad de Agua en función del Cambio de Temperatura	33
Figura 8. Curva de Calidad de Agua en Función de la Turbidez	34
Figura 9. Curva de Calidad de Agua en Función de los Sólidos Disueltos Totales	34
Figura 10. Curva de Calidad de Agua en Función de Oxígeno Disuelto	35
Figura 11. Río Yanamarca.....	45
Figura 12. Imágenes de la visita al Río Yanamarca	47
Figura 13. Puntos de Muestreo, presentados en Google Earth.....	47
Figura 14. Variación de los coliformes fecales en el agua del río Yanamarca	50
Figura 15. Variación del pH en el Agua del Río Yanamarca	52
Figura 16. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua del Río Yanamarca.....	53
Figura 17. Variación de Nitratos en el Agua del Río Yanamarca	53
Figura 18. Variación de Fosfatos en el Agua del Río Yanamarca	54
Figura 19. Variación de la temperatura en el Agua en el Río Yanamarca	55
Figura 20. Variación del cambio de temperatura del ambiente y el agua	55
Figura 21. Variación de los SDT en el Agua del Río Yanamarca.....	56
Figura 22. Variación de la Turbidez en el Agua del Río Yanamarca.....	57
Figura 23. Variación del Oxígeno Disuelto en el Agua del Río Yanamarca	57
Figura 24. Curva de Calidad NSF de Coliformes fecales	58
Figura 25. Curva de Calidad NSF de pH.....	59
Figura 26. Curva de Calidad NSF de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	59
Figura 27. Curva de Calidad NSF de Nitratos.....	60
Figura 28. Curva de Calidad NSF de Fosfatos	60
Figura 29. Curva de Calidad NSF del Cambio de Temperatura.....	61

Figura 30. Curva de Calidad NSF de Turbidez	61
Figura 31. Curva de Calidad NSF de Sólidos Disueltos Totales.....	62
Figura 32. Curva de Calidad NSF de Oxígeno Disuelto	62
Figura 33. Categorización ICA-NSF para el Río Yanamarca	67
Figura 34. Curva de Gauss	68
Figura 35. Curva de “t de student”	71

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La calidad de las aguas superficiales es una preocupación global debido a la introducción creciente de contaminantes de origen humano, cada vez más difíciles de tratar por su naturaleza química. Es crucial implementar medidas urgentes para abordar esta problemática y proteger nuestros recursos hídricos para las generaciones futuras.

Identificación del Problema

El río Yanamarca, se encuentra situado en la región de Junín, provincia de Jauja, a una altitud de 3460 msnm, recorre aproximadamente 15 kilómetros en dirección noreste - suroeste antes de desembocar en la laguna Tragadero.

Este río, a lo largo de su trayectoria ha sido un recurso vital para las comunidades de Tingo Pacha, Yanamarca, Tunanmarca, Marco y Acolla, proporcionando agua para consumo, riego y otras actividades.

Sin embargo, en los últimos años, el río está enfrentando una creciente contaminación debido al aumento de actividades agrícolas, ganaderas y la falta de manejo adecuado de los residuos. Estas actividades han generado la presencia de contaminantes antrópicos, como aguas residuales domésticas y escorrentía agrícola, cargada de fertilizantes y pesticidas, lo que ha deteriorado la calidad del agua. Esta situación pone en riesgo la salud del ecosistema acuático, la seguridad del agua para el consumo humano y su uso en la producción agrícola, afectando directamente a las comunidades que de ella dependen.

Determinación del Problema

La contaminación del río Yanamarca, provocada por actividades humanas en las comunidades circundantes, representa una amenaza significativa para la salud de los ecosistemas acuáticos y la seguridad del suministro de agua. La presencia de coliformes fecales y otros patógenos incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. La escorrentía agrícola y las aguas residuales domésticas están exacerbando esta situación, comprometiendo aún más la calidad del agua.

1.2. Delimitación de la investigación

La delimitación de la investigación sobre la calidad del agua del río Yanamarca incluye varios aspectos importantes para enfocar y limitar adecuadamente el estudio.

Delimitación Espacial

- La investigación se centra específicamente en el río Yanamarca, ubicadas en la región de Junín, provincia de Jauja en el valle de Yanamarca.

- Se identificó puntos de monitoreo estratégico a lo largo del curso del río, priorizando áreas cercanas a las comunidades de Yanamarca, Tunanmarca, Marco y Acolla, donde se concentra la actividad agrícola y ganadera.

Delimitación Temporal:

- El estudio se llevó a cabo durante un período de 8 meses para evaluar la calidad del agua en el río Yanamarca, asegurando un marco temporal relevante y representativo.

Delimitación de Parámetros de Estudio:

- Los análisis fisicoquímicos se centraron en los siguientes parámetros: pH, oxígeno disuelto, turbidez, nitratos, fosfatos, DBO₅, sólidos disueltos y temperatura.
- El estudio microbiológico se enfocó en la detección y cuantificación de indicadores de contaminación fecal, con el fin de evaluar la presencia de posibles riesgos para la salud pública.

Delimitación Metodológica:

- Se empleó una metodología que incluyó el muestreo sistemático de agua en diferentes puntos a lo largo del río, utilizando técnicas estandarizadas de recolección de muestras. Estas muestras fueron analizadas en laboratorio utilizando equipos y métodos validados.
- Se establecieron protocolos de muestreo y análisis para garantizar la coherencia y fiabilidad de los datos recopilados a lo largo del estudio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la calidad del agua del río Yanamarca aplicando el ICA-NSF en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos que determinan la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024?
- ¿Cuál es la concentración de los parámetros químicos que determinan la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024?
- ¿Cuál es la concentración del parámetro microbiológico que determinan la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la calidad del agua del río Yanamarca aplicando el ICA-NSF en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros físicos en el agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.
- Determinar la concentración de los parámetros químicos en el agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.
- Determinar la concentración del parámetro microbiológico en el agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.

1.5. Justificación de la investigación

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo sostenible de las comunidades. Sin embargo, diversas actividades humanas, como la expansión agrícola, la descarga de residuos domésticos e industriales y el crecimiento

urbano, pueden afectar su calidad, comprometiendo la salud de los ecosistemas y de la población. En este contexto, el río Yanamarca, ubicado en la provincia de Jauja, cumple un papel fundamental en el abastecimiento de agua para múltiples usos, por lo que es necesario evaluar su estado actual.

Este estudio tiene como propósito determinar la calidad del agua del río Yanamarca mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF), una metodología estandarizada y reconocida a nivel internacional que permite evaluar cuerpos hídricos a partir de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Su uso proporciona un diagnóstico preciso y comprensible, facilitando la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por las normativas ambientales.

La importancia de esta investigación radica en la generación de información científica confiable, indispensable para la toma de decisiones en materia de gestión del agua y protección ambiental. Los datos obtenidos permitirán identificar los niveles de contaminación del río Yanamarca, detectar posibles riesgos para la salud pública y el ecosistema, y plantear estrategias de mitigación y conservación.

Además, los resultados de este estudio servirán como una herramienta para autoridades locales, instituciones ambientales y la comunidad en general, promoviendo la implementación de políticas de manejo sostenible del recurso hídrico. Asimismo, contribuirán a la sensibilización y educación ambiental de la población, fomentando prácticas responsables para la preservación de la calidad del agua en la región.

Por lo tanto, esta no solo responde a la necesidad de evaluar el estado actual del río Yanamarca, sino que también constituye un aporte significativo para la investigación ambiental y la sostenibilidad del recurso hídrico, garantizando su disponibilidad y calidad para las generaciones presentes y futuras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Para la ejecución de la presente investigación se tuvo las siguientes limitaciones:

La conservación de las muestras durante la recolección a lo largo del río Yanamarca, toda vez que se tenía que mantener a una temperatura de 8°C para conservar sus características físico, química y biológico.

La dificultad en el traslado de muestras desde el lugar de recolección hasta el lugar de análisis (laboratorio Lima), es una limitante importante que pudo tener implicancias significativas para la integridad de las muestras y, por ende, para la precisión de los resultados obtenidos en la investigación.

La limitación financiera que impidió realizar un mayor número de análisis de las muestras puede tener varias implicaciones importantes para la investigación y la interpretación de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedentes internacionales

Coello, J., Ormaza, R., Déley, A., Recalde, C., y Rios, A. (2013), realizaron la investigación titulada “Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador”, el objetivo fue establecer la calidad del agua en los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos. Para el análisis fisicoquímico y microbiológico se establecieron 6 puntos de monitoreo en el río Ozogoché, 8 en el Río Pichahuiña y 4 en el Pomacocho, la duración del estudio fue un año, cubriendo las épocas secas y de lluvia (febrero 2011 a febrero 2012). Los resultados promedio de los nueve parámetros analizados se utilizaron para calcular el ICA de cada río, determinando que las tres microcuencas presentan buena calidad.

Méndez-Zambrano, P., Arcos-Logroño, J., y Cazorla-Vinueza, X. (2020), realizaron el estudio titulada “Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona”, el objetivo de este estudio fue determinar el índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno, para ello se realizó el monitoreo de agua en tres diferentes estaciones de la microcuenca del río Copueno, en los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2019 y enero del 2020, para medir parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y además realizar la identificación cualitativa y cuantitativa por medio del software IQA Data, el cual les permitió identificar los parámetros que están influyendo directamente en la calidad del agua. Los resultados del estudio indicaron que el índice de calidad del agua (NSF) para cada estación de muestreo en el río Copueno presentó clasificaciones diferentes, siendo así en la estación 1 registró un valor de 71,68 dando así una clasificación de buena; para la estación 2 registró un resultado de 59,99 dando una clasificación de regular y la estación 3 dio un resultado de 41,02 con una clasificación de mala. La calidad del agua del río Copueno se ve afectada principalmente por las descargas de las aguas residuales en diferentes zonas.

Paucar Peñaranda, C., Gonzales Carrasco, V., Álvarez Pucha, H., Madrid Celi, B., De Gracia Pérez, C., y Flores Acosta, A. (2023), realizaron la investigación titulada “*Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador*”. En esta investigación se determinó la calidad del agua superficial del río Jubones mediante la aplicación del índice de calidad de agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF). Para el desarrollo del estudio se delimitaron 4 puntos de muestreo y se aplicó la expresión matemática en base a resultados obtenidos del análisis de 9 parámetros fisicoquímicos

establecidos en la metodología ICA-NSF (temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales). Los resultados mostraron que en los cuatro puntos de muestreo el valor del ICA-NSF varió entre 51 y 70 por lo que, en esta sección geográfica de estudio, el agua del río Jubones tiene una escala de clasificación media.

Antecedentes Nacionales

Alberca Neira, O. (2023), en su tesis titulada “Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, causas y alternativas de solución, 2020”. El objetivo de la tesis fue evaluar la calidad del agua del río Huancabamba mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, identificar las causas de la contaminación y proponer posibles soluciones para ello se establecieron tres puntos de muestreo: aguas abajo de la ciudad (punto 01), frente a la ciudad (punto 02) y aguas arriba de la ciudad (punto 03). La evaluación se llevó a cabo en los meses de setiembre, octubre y noviembre de 2020, se analizaron parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes termotolerantes, se tomaron un total de 27 muestras, las cuales se analizaron en el laboratorio Environmental Quality Analytical Services (EQUAS). Los resultados fueron comparados con los ECA para agua en las categorías 1, 3 y 4 (poblacional y recreacional, bebida de animales, riego de plantas y conservación del medio acuático). Los coliformes termotolerantes fueron el único parámetro que sobrepasó los ECA. Los coliformes termotolerantes superaron los ECA en los puntos 01 y 02, con valores que oscilan entre 4,500 y 24,000 NMP/100 mL. En el punto 03, los valores van desde 350

hasta 920 NMP/100 mL. Del análisis realizado se concluyó que el agua presenta contaminación microbiológica debido a una alta concentración de coliformes termotolerantes. Por otro lado, se llevó a cabo una evaluación de los impactos ambientales que afectan la calidad de agua del río Huancabamba, de los cuales se identificó que el impacto más relevante son las aguas residuales, debido que son vertidas al río sin ningún tratamiento.

Bueno Salcedo, A. (2019), realizó el estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua del río Huancachupa, contaminado por descargas de aguas residuales en los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco, junio a agosto – 2019”, con el objetivo de determinar la calidad del agua del río Huancachupa y la relación que existe con la descarga de agua residual proveniente de los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca. Para ello se realizó el muestreo en diferentes puntos del cuerpo de agua, los cuales fueron tomados antes de la zona de mezcla, en la zona de mezcla y después de la zona de mezcla en un periodo de dos meses (julio y agosto del 2019). Los resultados de las pruebas de laboratorio superaron los valores establecidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), pero estuvieron dentro de los valores permitidos en los Límites Máximos Permisibles (LMP), esto sugiere que, aunque la calidad del agua en el río Huancachupa excede los estándares ambientales generales, aún se mantiene dentro de los límites permitidos legalmente. Para la prueba de hipótesis se utilizó el estadístico de prueba T-Student para muestras relacionadas demostrando que hay una relación estadísticamente significativa entre la calidad del agua del río Huancachupa y las descargas de agua residual de los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca.

Garay Acuña, U., y Quiliche Palacios, S. (2021), realizó el estudio titulado *Efecto de la descarga de las aguas residuales domésticas de la ciudad de los Baños del Inca sobre el agua del río Chonta, 2021*, con el objetivo de evaluar el efecto de la descarga de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Los Baños del Inca sobre el agua del río Chonta, 2021. El impacto de los vertidos domésticos depende no sólo de sus características comunes, sino que además pueden ser evaluados por parámetros establecidos por la normativa vigente. Es una investigación analítico - descriptiva. El tipo de estudio es longitudinal. Los resultados muestran un aparente efecto negativo por la comparación de las medianas donde en las estaciones M-1(A.R) (aguas arriba) es menor las concentraciones que en la estación M-2(A.B), excepto en el caso de DQO donde la estación M-2(A.B) es mayor; sin embargo, con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas se determinó un $p > 0.05$ (Sig. = 0.144), valor que muestra la aceptación de la hipótesis nula. Por lo tanto, la descarga de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Los Baños del Inca no influye negativamente en la calidad del agua del río Chonta, 2021. Sin embargo, dichos resultados se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3: Riego de vegetales y bebida de animales, establecidos en el DS 004 -2017 MINAM.

2.2. Bases teóricas – científicas

Contaminación del agua

La contaminación del agua es un problema ambiental significativo que afecta a los ecosistemas acuáticos y la salud humana. La contaminación puede deberse a impurezas orgánicas e inorgánicas que superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Las causas de la contaminación pueden deberse a la toxicidad y la falta o agotamiento de oxígeno en el recurso. La toxicidad es medida por la ocurrencia de envenenamiento de seres vivos con metales y otros productos orgánicos, sin embargo, la falta o el agotamiento del oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es medido a través de un el ensayo del Oxígeno Disuelto (DO).

Contaminación de los ríos

La contaminación se define como la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. Libro Blanco de agua en España (2000) p. 205

Principales fuentes de contaminación del agua

Las principales fuentes de la contaminación del agua son la agricultura, las industrias y la minería.

Agricultura: Las actividades agrícolas representan la principal fuente de contaminación del agua. La erosión del suelo en los terrenos de cultivo genera grandes cantidades de sedimentos, convirtiéndose en el principal contaminante. Otros agentes contaminantes provenientes de la agricultura incluyen fertilizantes, pesticidas, los desechos del ganado y de productos agrícolas procesados. La salinización del agua por riego excesivo.

Industria: Las plantas industriales también contribuyen significativamente a la contaminación del agua mediante la liberación de diversas sustancias químicas inorgánicas y orgánicas dañinas.

Minería: La minería es una de las actividades industriales que más contribuye a la contaminación de los ríos. Sus efectos pueden ser devastadores para los ecosistemas acuáticos y las comunidades cercanas.

Además, el cambio climático global también contamina el agua. En un mundo más cálido, algunas áreas experimentarán más precipitaciones mientras que otras tendrán menos. Las lluvias intensas pueden arrastrar sustancias químicas dañinas, nutrientes de las plantas y microorganismos hacia las vías acuáticas. Por otro lado, las sequías prolongadas pueden reducir el caudal de los ríos, disminuyendo la capacidad de diluir desechos y aumentando la propagación de enfermedades infecciosas entre las personas que carecen de suficiente agua limpia. Miller & Spoolman (2020), p.187

Tipos de contaminantes

Contaminantes biológicos. Sepúlveda (1999) señala que los contaminantes biológicos son los desechos orgánicos, como la materia fecal y los restos de alimentos, presentes en las descargas de aguas servidas. Estos contaminantes pueden provocar enfermedades como el cólera, la tifoidea, la hepatitis y otras infecciones contagiosas en los seres humanos, ya sea al beber agua contaminada o consumir alimentos regados o lavados con ella. Para medir el nivel de contaminación biológica en el agua, se monitorea la presencia de las bacterias coliformes que provienen del tracto intestinal humano. En el caso del agua utilizada para riego, se permite un máximo de mil coliformes por cada 100 ml de agua, mientras que el agua destinada al consumo humano debe estar completamente libre de estas bacterias (p. 51).

Contaminantes químicos. Sepúlveda (1999) indica que los contaminantes químicos, se mantienen en el agua por mucho tiempo, generalmente no son biodegradables y provienen de fuentes domésticas (alcantarillado) o industriales (tubo de descarga). Estos contaminantes incluyen derivados del petróleo, fertilizantes, plaguicidas, solventes industriales, sales de metales pesados, detergentes y plásticos. Un problema especialmente grave es la contaminación de las aguas subterráneas, que puede ocurrir debido a vertederos mal contruidos o al manejo inadecuado de desechos tóxicos (p. 51).

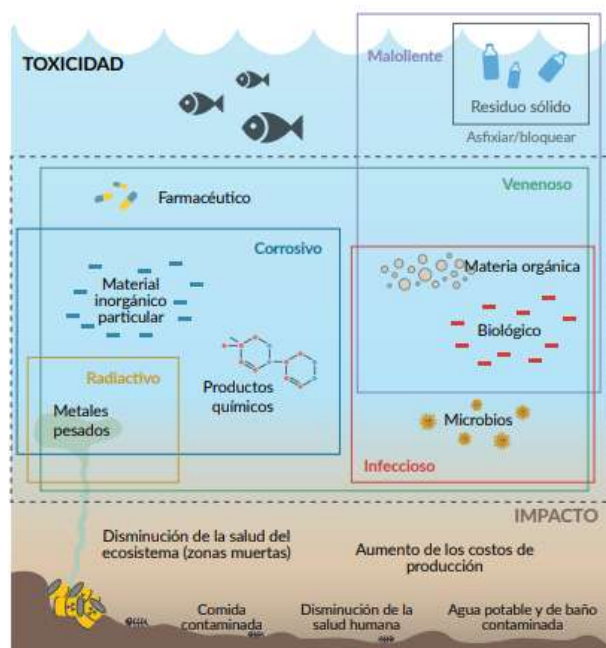
Contaminantes físicos. Sepúlveda (1999) señala que los contaminantes físicos pueden incluir partículas emitidas por fuentes fijas o presentes en el aire contaminado, así como el vertido de aguas calientes en cuerpos de agua, lo que altera la temperatura del entorno. De esta manera, los ríos pueden contaminarse, por descargas de aguas residuales; las bahías, por vertido de relaves mineros y residuos industriales líquidos; y los lagos, por desechos de la industria pesquera y salmonera, así como por la lluvia ácida generada por la contaminación atmosférica (p. 51).

Aguas residuales

Las aguas residuales son una mezcla de diversos componentes, que incluyen efluentes domésticos, compuestos por aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (provenientes del lavado y el baño); aguas de establecimientos comerciales e institucionales, como hospitales; efluentes industriales; aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; así como escorrentías agrícolas, hortícolas y acuícolas. Connor, et al. (2027), p.17.

Impactos de la liberación de aguas residuales no tratadas o tratadas inadecuadamente. El vertido de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas al medio ambiente provoca la contaminación de las aguas superficiales, los suelos y los acuíferos. Al ser descargadas en cuerpos de agua, las aguas residuales se diluyen y trasladarse río abajo o infiltrarse en acuíferos, afectando tanto la calidad como la disponibilidad del agua dulce. El destino final de las aguas residuales vertidas en ríos y lagos suele ser el océano. Las consecuencias de esta liberación pueden clasificar en tres grupos: efectos adversos para la salud humana debido a la reducción de la calidad del agua; efectos ambientales negativos por la degradación de cuerpos de agua y ecosistemas; y efectos potenciales sobre las actividades económicas (PNUMA, 2015b). Connor, et al. (2017), p.40.

Figura 1. Componentes de Aguas Residuales y sus Efectos



Nota: Adaptado de Corcoran et al. (2010, Fig. 5, p. 21)

Calidad del agua

La definición de calidad del agua desde los puntos de vista funcional y ambiental proporciona una comprensión integral de su estado y su aptitud para diferentes propósitos. Ambos enfoques son esenciales para garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos y la protección de la salud humana y del medio ambiente.

Desde un punto de vista funcional, la calidad del agua se define como la capacidad intrínseca del agua para satisfacer los diferentes usos que se le pueden dar. Esto implica evaluar si el agua es adecuada y segura para una variedad de propósitos, tales como el consumo humano, la agricultura, la industria, la recreación y preservación del ecosistema acuático. En este contexto, se analizan diversos parámetros que determinan si el agua cumple con los requisitos necesarios para cada uno de estos usos específicos.

Por otro lado, desde un punto de vista ambiental, la calidad del agua se evalúa en términos de las condiciones necesarias para mantener un ecosistema acuático equilibrado y para cumplir con objetivos específicos de calidad ecológica. Esto implica considerar un conjunto integral de características físicas, químicas y microbiológicas, esenciales para preservar la salud y la diversidad de los ecosistemas acuáticos. Desde este enfoque, se busca garantizar que el agua cumpla con estándares ambientales que respalden la sostenibilidad de los hábitats acuáticos y promuevan la conservación de la biodiversidad. La evaluación de la calidad del agua en términos ambientales implica no solo la ausencia de contaminantes que puedan ser perjudiciales para la vida acuática, sino también la presencia de condiciones que favorezcan el funcionamiento saludable y equilibrado de los ecosistemas asociados. Este enfoque contribuye a la gestión sostenible de los recursos hídricos y a la preservación de la salud de los ecosistemas acuáticos. Libro Blanco del Agua en España. (2000), p. 196.

Estándar de calidad ambiental (ECA)

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es una medida que define los niveles aceptables de concentración o grado de elementos, sustancias, o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, como cuerpos receptores. Estos niveles están establecidos de tal manera que no representen un riesgo significativo para la salud humana ni para el medio ambiente. (Ley General del Ambiente - Ley No 28611, p.33).

Estándares de calidad ambiental para el agua. “Definen el Nivel máximo de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no

presentan un riesgo significativo para la salud humana ni causan contaminación del medio ambiente” (Autoridad Nacional del Agua- Perú, 2016, p.83).

Tabla 1. Categoría 4: Conservación del medio acuático

Parámetros	Unidad	E2: Ríos
DBO₅	mg O ₂ /L	10
Fosfatos	mg/L	0,05
Nitratos (NO₃⁻) (c)	mg/L	13
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5
pH	-	6,5 – 9,0
Sólidos totales disueltos	mg/L	-
Temperatura	°C	Δ 3
Coliformes	NMP/100 mL	2000
Termotolerantes		
Turbidez	NTU	-

Fuente. Diario oficial EL PERUANO, 2017 (p.18-19)

Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta integral que permite identificar la calidad del agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. El ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos en una ecuación matemática, evaluando así el estado del cuerpo de agua (Yogendra & Puttaiah, 2008). Mediante el ICA, se puede realizar un análisis general de la calidad de agua en diferentes niveles y determinar la vulnerabilidad del cuerpo de agua frente a amenazas potenciales (Soni & Tomas, 2014). Esta herramienta surge como una alternativa para la evaluación de los cuerpos hídricos, permitiendo que los procesos de políticas públicas y el seguimiento de los impactos sean más eficaces. (Caho & López, 2017).

Índice de la calidad de agua desarrollada por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (ICA-NSF)

Brown (1970) señala que:

El índice de calidad de agua (ICA) desarrollado por la National Sanitation Foundation (NSF) de los Estados Unidos en 1970, es una medida importante para evaluar y monitorear la calidad de agua. Este índice fue creado utilizando técnicas de investigación propuestas por Delphi en 1963 y desarrolladas por la “Rand Corporation’s”. La técnica Delphi implica la utilización de opiniones colegiadas de expertos para recopilar información y llegar a un consenso sobre un tema determinado.

El índice de calidad de agua, conocido como "Water Quality Index" (WQI), también es una medida multiparámetro utilizada para evaluar la calidad de agua. Sin embargo, el WQI puede variar en su formulación y en los parámetros que considera, dependiendo del contexto y los estándares aplicables en cada región o país.

La metodología Delphi es ampliamente utilizada en la formulación de índices como el Water Quality Index (WQI), ya que permite recopilar y sintetizar el conocimiento y la experiencia de un grupo de expertos en el tema. Se convocó a una reunión en la que participaron 27 personas con experiencia en la gestión de recursos hídricos.

Durante la reunión, los participantes emitieron sus juicios y opiniones sobre los diferentes aspectos relevantes para la evaluación de la calidad de agua. Es importante destacar que, en muchos casos, se mantuvieron el anonimato de las respuestas para fomentar la libre expresión de ideas y evitar influencias externas. Para este estudio, se seleccionaron 142 personas con experiencia en la gestión de la calidad de agua, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Campos Profesionales de los Panelistas Invitados

Funcionarios reguladores (federales, interestatales, estatales, territoriales y regionales)	101
Gerentes de servicios públicos locales	5
Ingenieros consultores	6
Académicos	26
Otros (ingenieros de control de residuos industriales y representantes de organizaciones profesionales)	4
Total	142

Fuente. Brown 1970

En el primer cuestionario, se pidió a los encuestados que consideraran 35 parámetros para su posible inclusión en un índice de calidad del agua. Los encuestados evaluaron la relevancia de cada parámetro y pudieron sugerir otros que consideraban importantes.

Tabla 3. Listado de Parámetros Incluidos

Oxígeno disuelto	Manganeso
Demanda bioquímica de oxígeno	Magnesio
Demanda química de oxígeno	Fosfato
Sólido disuelto	Silicio
Color	Sodio y potasio
pH	Sulfato
Extracto de cloroformo de carbono	Temperatura
Dureza	Pesticidas
Alcalinidad	Organismos Coliformes
Acidez	Radioactividad
Aluminio	Fenoles
Amoniaco	Aceites y grasa
Bicarbonato	Herbicidas
Calcio	Turbiedad
Cloruro	Sólidos totales
Cobre	Coliformes totales
Fluoruro	
Hierro	

Fuente. Brown 1970

Se brindó a los encuestados la oportunidad de agregar cualquier parámetro que consideraran necesario incluir en el WQI. Cada parámetro debía clasificarse en una de las siguientes categorías: "no incluir", "indeciso" o "incluir". Se pidió a los encuestados que calificaran únicamente los parámetros marcados como "incluir", según su importancia como contribuyentes a la calidad general del agua.

Esta calificación se realizó en una escala de "1" (más alta) a "5" (más baja). La Tabla 3 muestra el inicio del cuestionario y una muestra de las respuestas.

Tabla 4. Ejemplos de Respuestas del Primer Cuestionario

	1	2	3	4
Parámetro	No incluye	Indeciso (a)	Incluir	Significado Valora desde "1" mayor hasta "5" más bajo
Oxígeno disuelto				1
DBO ₅				5
COD	x			
Color		x		
Turbiedad			X	3

Fuente. Brown, 1970

De un total de 142 personas, 102 encuestados (72 %) completaron y devolvieron el primer cuestionario. Sin embargo, solo 94 fueron devueltos a tiempo para recibir el segundo cuestionario.

Para el segundo cuestionario, se instruyó a los encuestados a anotar sus respuestas para cada parámetro y luego compararlas con los de todo el grupo. Luego, se les pidió que seleccionaran no más de 15 parámetros que consideraran más importantes para la inclusión en un índice de calidad del agua. Se les proporcionó la lista completa de parámetros, ordenados según su importancia decreciente determinada por la calificación promedio de todo el grupo en el

primer cuestionario. Este proceso permitió a los encuestados tomar decisiones informadas sobre qué parámetros consideraban más relevantes para incluir en el índice de calidad del agua.

Tabla 5. *Parámetros Incluidos en el Segundo Cuestionario WQI y Calificaciones de Significación del Primer Cuestionario WQI*

Parámetro	Significado de la tasa promedio en una escala de 1 (más alto) a 5 (más bajo)	Número de encuestados que indican el parámetro
Oxígeno disuelto	1,31	90
Coliformes fecales	1,35	83
pH	1,62	89
DBO5	1,65	74
Organismos coliformes	1,77	69
Herbicidas	1,87	56
Temperatura	1,89	87
Pesticidas	1,93	74
Fosfatos	2,01	82
Nitratos	2,06	82
Sólidos disueltos	2,09	77
Radioactividad	2,12	72
Fenoles	2,13	68
Demanda química de oxígeno	2,13	55
Extracto de cloroformo de carbono	2,18	56
Amonio	2,25	60
Sólido total	2,25	71
Aceite y grasa	2,26	65
Turbiedad	2,33	65
Cloruros	2,39	77
Alcalinidad	2,42	65
Hierro	2,53	66
Color	2,55	78
Manganeso	2,57	61
Fluoruros	2,59	58
Cobre	2,60	45
Sulfuros	2,62	60
Calcio	2,62	42
Dureza	2,72	64
Sodio y potasio	2,74	42
Acidez	2,76	49
Bicarbonato	2,76	37
Magnesio	2,80	40
Aluminio	2,81	16
Sílice	3,41	17

Fuente. Brown, 1970

De los 94 encuestados que recibieron el segundo cuestionario, 77 lo completaron y devolvieron. Posteriormente, utilizando la opinión de expertos, se estableció una lista adicional de once parámetros para su consideración. Además, algunos parámetros que anteriormente se habían presentado por separado fueron agrupados, lo que sugiere una fase de refinamiento y consolidación de los parámetros basada en la experiencia y el conocimiento de expertos en el campo de la calidad del agua.

Tabla 6. Lista de los Once Parámetros más Significativos

<i>Oxígeno disuelto</i>
<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>
<i>Turbiedad</i>
<i>Sólidos totales</i>
<i>Nitratos</i>
<i>Fosfatos</i>
<i>pH</i>
<i>Temperatura</i>
<i>Coliformes fecales</i>
<i>Pesticidas</i>
<i>Elementos tóxicos</i>

Fuente. Brown, 1970

En el tercer cuestionario se solicitó a los encuestados evaluar la variación en el nivel de calidad del agua de los nueve parámetros seleccionados utilizando una serie de gráficos (p. 340 - 343)

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF

A. Parámetros fisicoquímicos. Samboni et al., (2007), señala que “Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática” (p. 172-181).

Sólidos disueltos totales. Los sólidos disueltos totales (SDT) son una medida de la cantidad total de sólidos que están disueltos en el agua. Esta

medición incluye tanto componentes inorgánicos como orgánicos. Entre los componentes inorgánicos más comunes se encuentran las sales de calcio, magnesio, potasio y sodio, así como bicarbonatos, cloruros y sulfatos. OMS (2004, citado por Sánchez, 2020, p. 19).

Temperatura. (León 2014) señala que la temperatura es un factor físico influenciado principalmente por la radiación solar incidente en el agua. A lo largo del cauce de un río, la temperatura puede variar debido a diversos factores, como las condiciones climáticas (hora del día, estación del año y nubosidad), factores topográficos (profundidad del cuerpo de agua) y aspectos geográficos (latitud y altitud) (p.10).

Osorio & Zahiro (2010, citado en Clavijo & Granja, 2016) afirman que la temperatura juega un papel fundamental en la solubilidad de los gases y minerales, así como en la concentración del oxígeno disuelto y de carbonato de calcio. Además, influye directamente en el grado de fotosíntesis y el crecimiento de plantas y organismos, acelera los procesos de descomposición de materia orgánica y putrefacción (p. 10).

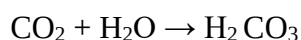
Turbidez. La turbidez se refiere a la falta de transparencia causada por la presencia de partículas sólidas suspendidas en el agua. Estas partículas pueden incluir sedimentos, arcilla, materia orgánica y otros materiales que afectan la claridad del agua. La forma más frecuente por la que el hombre aumenta la turbiedad de un curso hídrico es por la construcción de obras de ingeniería, agricultura y la deforestación; dichas actividades se convierten en fuentes de sedimentos que al depositarse en el fondo del agua destruyen los hábitats de las especies. Roldán (2003), citado por Mora & Tamay, 2022, p. 21.

“La actividad fotosintética de las plantas acuáticas depende de la disponibilidad de luz solar, y la turbidez del agua puede afectar significativamente la capacidad de la luz para penetrar en la columna de agua”. Argandoña & Macías (2013, citado por Mora & Tamay, 2022, p.21).

“La medición de la turbidez se basa en el principio de dispersión de la luz. Un nefelómetro es el instrumento de medición y la unidad de medida para la turbidez es la Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU)”. Ocasio (2008, citado por Minaya Vela, 2017, p. 37).

Potencial de hidrogeno (pH). Guevara (2016) señala que: El pH mide la concentración de iones H^+ en el agua y se define como el logaritmo negativo de dicha concentración en moles por litro moles/litro. Un pH de 7 es considerado neutro; valores superiores a 7 indican alcalinidad, lo que implica una mayor concentración de iones hidroxilo (OH^-) o la presencia de sustancias alcalinas como carbonatos y bicarbonatos. Por el contrario, valores inferiores a 7 indican acidez, lo que significa una mayor concentración de iones de hidrógeno (H^+).

En las aguas naturales, el pH está principalmente influenciado por las reacciones del dióxido de carbono (CO_2), que proviene de la atmósfera o de la respiración de las plantas, formando ácido carbónico (H_2CO_3), que posteriormente se disocia en bicarbonato (HCO_3^-) y libera iones de carbonato (CO_3^{2-}) e hidrógeno (H^+), influyendo en el nivel de pH según la siguiente reacción:



El pH es un indicador del equilibrio químico en el agua y afecta la disponibilidad de ciertos elementos químicos o nutrientes para ser absorbidos por las plantas; también afecta directamente a los peces y otras formas de vida acuática. Valores de pH inferiores a 4,8 y superiores a 9,2 se consideran tóxicos. La mayoría de las especies de peces de agua dulce toleran valores de pH entre 6,5 y 8,4, mientras que las algas no sobreviven a valores superiores a 8,5. (p. 388).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Argandoña & Macias (2013) definen la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5) como la cantidad de oxígeno utilizada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura. Esta prueba es fundamental para evaluar la calidad del agua residual. La DBO5 se determina generalmente a 20 °C después de un periodo de incubación de 5 días. Durante este tiempo, se mide el oxígeno consumido por las bacterias mientras oxidan la materia orgánica presente en el agua residual. Esta prueba proporciona una medida directa del contenido de materia orgánica biodegradable en el agua y es crucial para el monitoreo y control de la contaminación del agua. (p. 37)

Nitratos. El nitrato (NH_3^-) es un contaminante común en el agua y puede tener efectos nocivos para la salud humana si se encuentra en niveles elevados. La contaminación del agua por nitrato generalmente proviene de actividades agrícolas, siendo la fuente difusa más importante la aplicación excesiva o inadecuada de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, estiércol y compost, así como de sistemas sépticos. Estos productos

contienen nitrógeno, que puede convertirse en nitrato a través de procesos naturales, como la lixiviación. Water Boards (2013, citado en Minaya, 2017.

Fosfatos. El fosfato total se compone de ortofosfato, polifosfato y fósforo orgánico. En el agua, el fósforo se encuentra principalmente en forma de fosfato, esencial tanto para los nutrientes del suelo como para el bioplasma animal y vegetal. Este elemento es un nutriente crucial para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, un exceso de fósforo en cuerpos de agua puede provocar la proliferación masiva de algas y la muerte de otros organismos. La descomposición de estas algas consume el oxígeno disuelto en el agua, conduciendo a la eutrofización. Los fosfatos totales en el agua se expresan comúnmente en miligramos de fósforo por litro de agua (mg/L de P). Los fosfatos totales en el agua se expresan comúnmente en miligramos de fósforo por litro de agua (mg de P/L de H₂O). Total, Phosphate - Environmental Water Quality Information, (n.d.) (citado por Ramos & Guillermo, 2023).

Oxígeno disuelto. Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, un parámetro fundamental para la vida acuática y un indicador clave de la calidad del agua. La concentración de oxígeno disuelto puede variar en función de diversos factores, como la temperatura del agua, la presión atmosférica y la presencia de organismos fotosintéticos.

Cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, puede indicar problemas de contaminación del agua. La contaminación orgánica, como la proveniente de desechos industriales o domésticos, puede agotar el oxígeno disponible en el agua debido al proceso de descomposición bacteriana de la materia orgánica. Esto puede resultar en condiciones hipóxicas o anóxicas, lo que significa que hay bajos niveles de oxígeno o incluso ausencia total de

oxígeno, respectivamente. Estas condiciones pueden ser perjudiciales para la vida acuática, ya que muchos organismos dependen del oxígeno disuelto para sobrevivir.

La fotosíntesis de las plantas acuáticas es una fuente importante de oxígeno en los cuerpos de agua. Durante la fotosíntesis, las plantas utilizan la luz solar para convertir el dióxido de carbono y el agua en oxígeno y glucosa. Este oxígeno se libera en el agua, contribuyendo al suministro de oxígeno disuelto y beneficiando a otros organismos acuáticos. Por lo tanto, la presencia y salud de las plantas acuáticas también son cruciales para mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto en los ecosistemas acuáticos. ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012, citado por Mora & Tamay, 2022).

El oxígeno disuelto (OD) es, de hecho, uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua. Los valores normales de oxígeno disuelto suelen variar entre 7,0 y 8,0 miligramos por litro (mg/L), y estos valores son cruciales para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos. La fuente principal de oxígeno es el aire, el mismo que se difunde rápidamente en el agua ocasionada por la turbulencia que se presenta en un cuerpo de agua. Roldán P. (2003, citado por Mora & Tamay, 2022).

Tabla 7. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes

OD (mg/L)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	OD aceptables para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistema en plena producción fotosintética.

Fuente: Goyonela, 2007

B. Parámetros microbiológicos. Para Orozco C. et al., (2005, citado en Samboni R. et al., 2007), los parámetros microbiológicos aportan información sobre la cantidad de microorganismos en el agua, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización tanto los parámetros microbiológicos como fisicoquímicos en la evaluación del recurso hídrico.

Coliformes Fecales. Carrillo y Lozano (2008, citado en Minaya, 2017) señalan que los coliformes fecales son un grupo de bacterias que incluyen a los coliformes termotolerantes, capaces de sobrevivir a temperaturas relativamente altas, especialmente a 45 °C. Estos organismos forman parte del grupo de los coliformes totales, pero se diferencian por ser indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y aguas, y su presencia indica contaminación fecal de origen humano o animal, siendo la mayoría de ellos *E. coli*. (p.39).

Estimación del ICA-NSF

Un índice viable constituye una herramienta útil para evaluar el progreso de los programas de mejora de la calidad del agua, así como para comparar sus condiciones del agua a lo largo del tiempo y en diversas ubicaciones geográficas. En este sentido, se está explorando la posibilidad de utilizar una escala de espectro de colores para ilustrar la calidad del agua en toda una región o estado. Este concepto se representa de manera hipotética en la Tabla 8, en la que los valores del índice de calidad del agua están relacionados con los tonos de colores del espectro. En esta Tabla, la peor calidad es un rojo oscuro. Una estrecha franja anaranjada representa agua de calidad mala con un índice de 50, y la mejor calidad es el azul oscuro.

Se prevé que este índice tenga diversas aplicaciones en educación y comunicación pública. Por ejemplo, la publicación mensual de índices para cuerpos de agua seleccionados podría servir como una herramienta eficaz para informar a la ciudadanía sobre los avances en la reducción de la contaminación por parte de municipios, industrias y el desarrollo tecnológico.

Tabla 8. *Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown*

Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente. Brown 1970

Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF)

Tabla 9. *Pesos Relativos para cada Parámetro ICA-NSF*

Parámetros	Peso Temporal <i>Sub_i</i>	Peso Relativo W_i
Oxígeno disuelto	1,0	0,17
Coliformes Fecales	0,9	0,15
pH	0,7	0,12
DBO₅	0,6	0,10
Nitratos	0,6	0,10
Fosfatos	0,6	0,10
Temperatura	0,6	0,10
Turbidez	0,5	0,08
SDT	0,4	0,08
Total = $\sum$ =		1,00

Para el cálculo del índice de Brown se utiliza la suma ponderada lineal de los subíndices de Brown, 1970. Esta se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$ICA- NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

Donde:

ICA = Índice de calidad del agua, un número entre 0 y 100

Subi = Subíndice del parámetro i, un número comprendido entre 0 y 100

Wi = El peso unitario del iésimo parámetro, un número entre 0 y 1; y

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

n = número de parámetros

Los pesos relativos de los parámetros **Wi** que intervienen para el cálculo del ICA se muestran en la Tabla 9.

Curvas de Función

Castro et al. (2014, citado en Mora y Tamay, 2022) explican que:

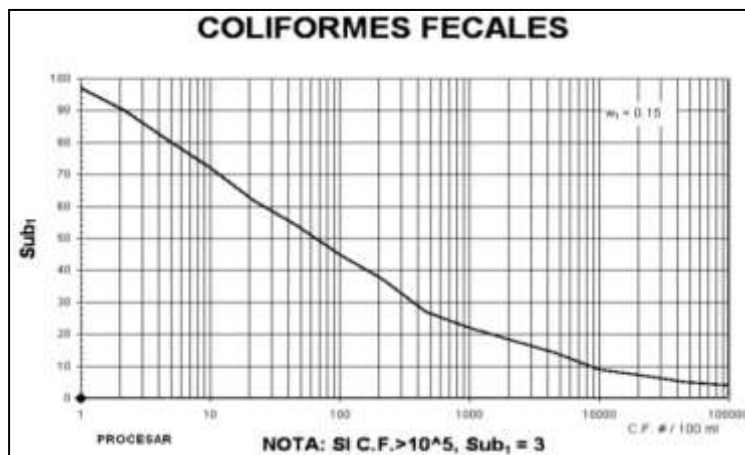
Para determinar los subíndices de cada parámetro, se utilizan como referencia la curva modelada propuesta por Brown. En este modelo, la cantidad del parámetro obtenido se representa en el eje de las abscisas, desde donde se traza una línea vertical hasta que intercepte la gráfica. El valor correspondiente en el eje vertical indica el subíndice el (Subi), el cual tiene un rango de 0 a 100 (p.39).

A continuación, se detallan las curvas de función de cada parámetro:

A. Coliformes fecales. Si el valor de los coliformes fecales (CF) es superior a 100 000 Bact/100 ml, el subíndice (Sub1) es igual a 3. Si el valor de los CF es inferior a 100 000 Bact/100 ml, se coloca en el eje X y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub1) de Coliformes fecales. Luego, este valor se

multiplica por el peso W1.

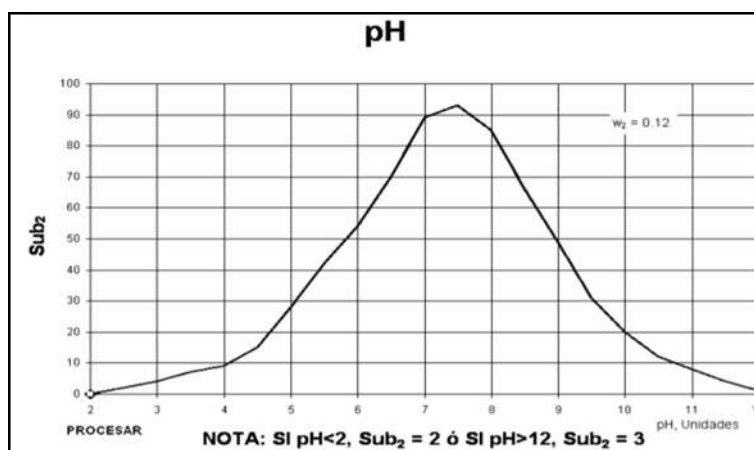
Figura 2. Curva de Calidad de Agua en Función de CF



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

B. Potencial de hidrógeno. Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades, el subíndice (Sub_2) es igual a 2. Si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades, el subíndice (Sub_2) es igual a 3. Si el valor obtenido de pH está entre 2 y 10 se ubica en el eje X de la Figura 3 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del (Sub_2) de pH, para luego multiplicarlo por el peso W2.

Figura 3. Curva de Calidad de Agua en Función del pH

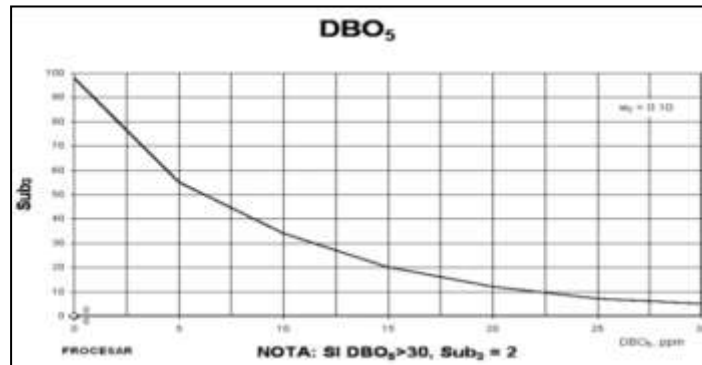


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

C. Demanda Bioquímica de Oxígeno. Si la DBO_5 es superior a 30 mg/L, el subíndice (Sub_3) es igual a 2. Si la DBO_5 es inferior a 30 mg/L, se coloca el

resultado obtenido de la DBO_5 en el eje X de la Figura 4 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub4) de DBO_5 , para luego multiplicar por el peso W3.

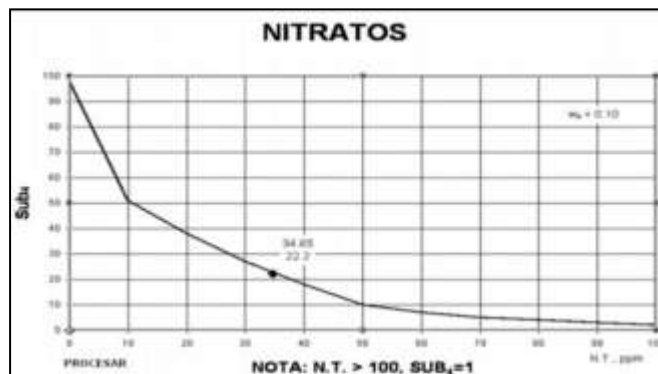
Figura 4. Curva de Calidad de Agua en Función de la DBO



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

D. Nitratos. Si el valor de los nitratos es superior a 100 mg/L, el subíndice (Sub4) es igual a 2. Si el valor de los nitratos es inferior a 100 mg/L, se coloca el valor obtenido en el eje de X de la Figura 5 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub4) de nitratos, para luego multiplicarlo por el peso W4.

Figura 5. Curva de Calidad de Agua en Función de los Nitratos

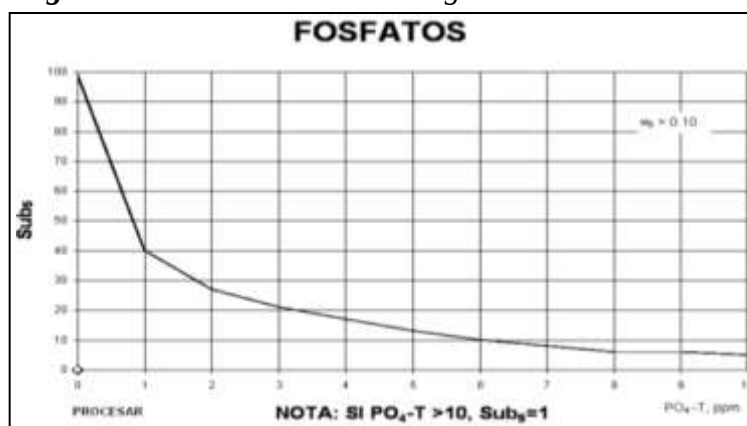


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

E. Fosfatos. Si el valor de los fosfatos es superior a 10 mg/L, el subíndice (Sub5) es igual a 5. Si el valor de los fosfatos es inferior a 10 mg/L, se coloca el valor obtenido en el eje de X de la Figura 6 y se traza una línea vertical

hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub5) de fosfatos, para luego multiplícalo por el peso W5.

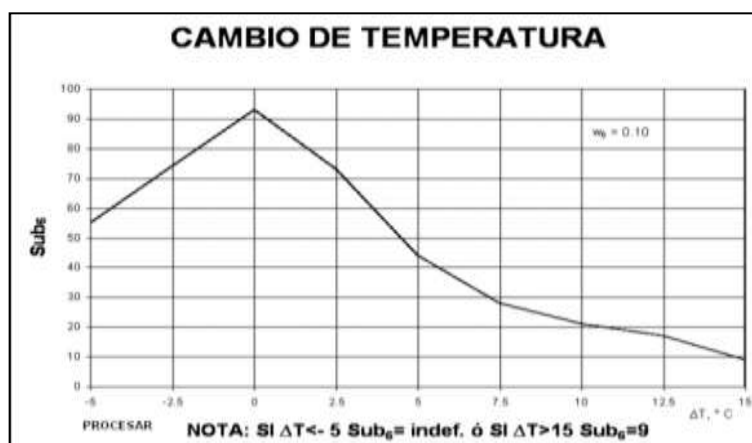
Figura 6. Curva de Calidad de Agua en Función de los Fosfatos



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

F. Temperatura. Para el parámetro de Temperatura el subíndice (Sub6), primero se calcula la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra. Con el valor obtenido, se procede de la siguiente manera: si la diferencia es superior a 15°C, el subíndice (Sub6) es igual a 9. Si la diferencia es inferior a 15°C, se busca el valor en el eje X de la Figura 7 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub6) de temperatura, para luego multiplícalo por el peso W6.

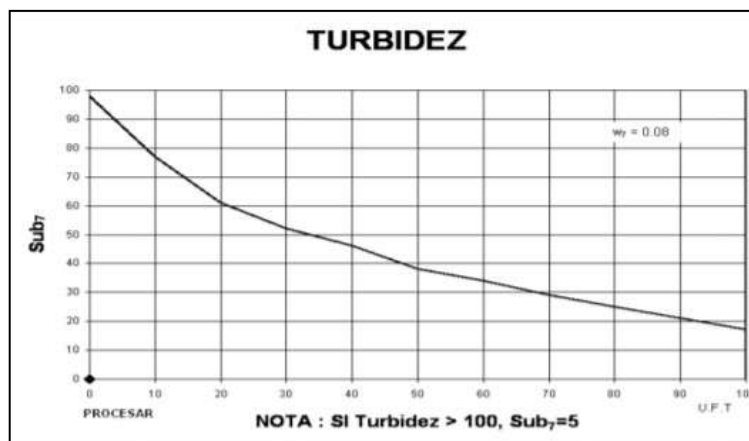
Figura 7. Curva de Calidad de Agua en función del Cambio de Temperatura



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

G. Turbidez. Si la Turbidez es superior a 100 NTU, el subíndice (Sub7) es igual a 5. Si la Turbidez es inferior a 100 NTU, se busca el valor en el eje X de la Figura 8 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub7) de turbidez, para luego multiplicarlo por el peso W7.

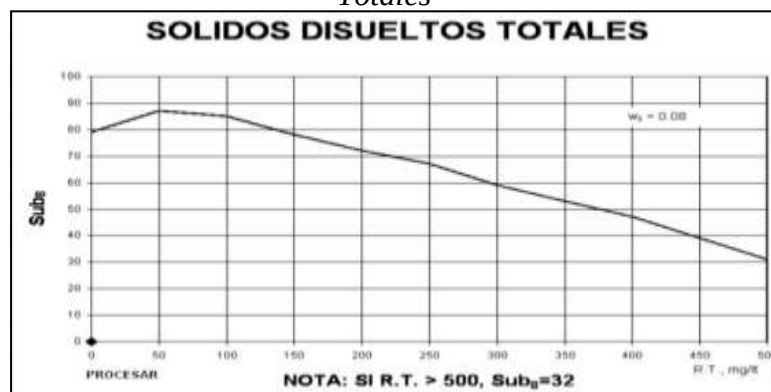
Figura 8. Curva de Calidad de Agua en Función de la Turbidez



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp. 339-343

H. Sólidos disueltos totales. Si la concentración de los sólidos disueltos totales (SDT) es mayor o igual a 500 mg/L, el subíndice (Sub8) es igual a 3. Si es menor de 500 mg/L, se busca el valor en el eje de X en la Figura 9 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub8) de SDT y, para luego multiplicarlo por el peso W8.

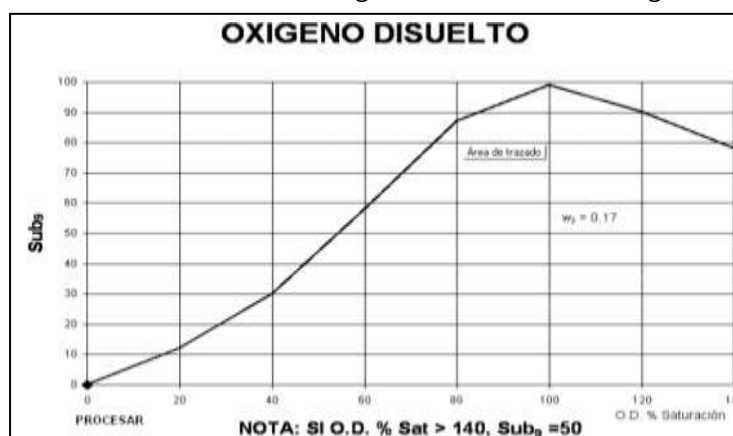
Figura 9. Curva de Calidad de Agua en Función de los Sólidos Disueltos Totales



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). *Water Sew Works*, 117, pp. 339-343

I. Oxígeno Disuelto. Si el % de Saturación de oxígeno disuelto (OD) es superior a 140%, el subíndice (Sub9) es igual a 50. Si el valor obtenido es inferior al 140% de Saturación de OD, se coloca el resultado obtenido en el eje X de la Figura 10 y se traza una línea vertical hasta que esta intercepte con la gráfica, indicándonos en el eje Y el valor del subíndice (Sub9) de OD, para luego multiplicarlo por el peso W9.

Figura 10. Curva de Calidad de Agua en Función de Oxígeno Disuelto



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). *Water Sew Works*, 117, pp. 339-343

2.3. Definición de términos básicos

La definición de términos se extrajo de Glosario de términos, ANA (2016).

Afluente

En hidrografía, arroyo o río secundario que desemboca en otro mayor o principal. También se le conoce como tributario.

Agua.

El agua es un recurso renovable crucial para la vida en la Tierra. La mayor parte del agua en nuestro planeta se encuentra en los océanos, que representan aproximadamente el 97.5% del total. El agua dulce, esencial para los seres vivos,

constituye solo alrededor del 2.5% del suministro de agua global. Esta agua dulce se encuentra en ríos, lagos, glaciares, capas de hielo, la atmósfera y el suelo. Además, el ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico, es el proceso natural mediante el cual el agua se mueve a través de la atmósfera, la tierra y los cuerpos de agua, pasando por varias fases como la evaporación, la condensación, la precipitación y la escorrentía.

Agua superficial

Es el agua que se encuentra en la superficie del suelo, son producidas por las precipitaciones líquidas y sólidas, y aporte glaciar. Se presentan en etapa de circulación como son los ríos arroyos y manantiales; o en reposo, como los lagos, lagunas, reservorios y humedales.

Agua residual

Son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo. Se excluye a aquellas que por sus características de calidad no requieren de un tratamiento previo en función a los Límites Máximos Permisibles de la actividad, según lo establecido expresamente en el Instrumento de Gestión Ambiental.

Aguas residuales domésticas

Son aquellas de origen residencial, comercial e industrial que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Conservación del recurso hídrico/ conservación del agua

Conjunto de medidas tomadas para preservar y mejorar el estado de los recursos hídricos, en cuanto a la oferta de cantidad, calidad y oportunidad, considerando las necesidades de agua de los ecosistemas.

Cuerpo de agua

Extensión de agua de un río, lago, laguna, humedal, acuífero, glaciar o mar que cubre parte de la superficie terrestre. Algunos cuerpos de agua son artificiales como los embalses, reservorios, estanques y otros, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada, salobre o dulce.

Desarrollo sostenible

Desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Efluente

Es la salida de agua desde un cuerpo natural de agua o desde una estructura fabricada por el ser humano.

Impacto Ambiental

Alteración positiva o negativa de uno o más componentes del ambiente, provocada por la implementación de un proyecto. El impacto es la diferencia entre la condición ambiental que ocasionaría el proyecto y la que ocurriría sin éste.

Límite máximo permisible (LMP)

Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Monitoreo de agua.

El monitoreo de agua es un proceso sistemático y continuo que implica la recolección, análisis y evaluación de datos relacionados con la calidad y la cantidad del agua en diversas fuentes y sistemas. Este proceso se lleva a cabo para comprender mejor la salud y la seguridad del suministro de agua, así como para identificar posibles problemas de contaminación, gestionar recursos hídricos de manera eficiente y cumplir con los estándares de calidad y normativas ambientales.

Parámetros físicos.

Los parámetros físicos son medidas que describen características físicas de una muestra de agua, sin alterar su composición química. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la salud y la idoneidad del agua para diversos usos,

como el consumo humano, la agricultura y el mantenimiento de ecosistemas acuáticos.

Parámetros químicos.

Los parámetros químicos son medidas que describen las propiedades químicas de una muestra de agua. Estos parámetros son esenciales para evaluar la calidad del agua y garantizar su seguridad para diversos usos, desde el consumo humano hasta la protección de ecosistemas acuáticos.

Parámetros microbiológicos.

Los parámetros microbiológicos se refieren a las medidas utilizadas para evaluar la presencia y la concentración de microorganismos en una muestra de agua. Estos microorganismos pueden incluir bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos patógenos o indicadores de contaminación fecal. Los parámetros microbiológicos son fundamentales para determinar la calidad sanitaria del agua, especialmente en lo que respecta a su seguridad para el consumo humano.

Río

Corriente de agua que drena una unidad hidrográfica de forma natural y las aguas que circulan por sus afluentes.

Vertimiento de aguas residuales

Es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye las provenientes de naves y artefactos navales.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad del agua del río Yanamarca aplicando el ICA-NSF en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024 es buena.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración de los parámetros físicos influye significativamente en la determinación de la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.
- La concentración de los parámetros químicos influye significativamente en la determinación de la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.
- La concentración del parámetro microbiológico influye significativamente en la determinación de la calidad del agua del río Yanamarca en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024.

2.5. Identificación de variables

Variable Dependiente

Calidad del agua del río Yanamarca

Variable Independiente

ICA-NSF

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLES	FUNCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente ICA-NSF (Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	El ICA-NSF es una herramienta desarrollada por la Fundación Nacional de Sanidad para evaluar la calidad del agua de cuerpos de agua dulce. Este índice integra diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos para proporcionar una evaluación global de la calidad del agua.	Parámetros fisicoquímicas	pH Temperatura Turbidez Nitratos Fosfatos Solidos disueltos totales OD DBO ₅	pH °C NTU mg/L mg/L mg/L mg O ₂ /L NMP/100 mL
		Parámetros microbiológicas	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
Variables Dependiente Calidad de agua del Río Yanamarca	La calidad del agua de un río se define por el grado en que cumple con los estándares físicos, químicos y biológicos establecidos para garantizar su seguridad y salubridad. Estos estándares aseguran que el agua sea apta para los ecosistemas acuáticos, el consumo humano, la recreación y otros usos.	Parámetros fisicoquímicos	pH Temperatura Turbidez Nitratos Fosfatos Solidos disueltos totales OD DBO ₅	pH °C NTU mg/L mg/L mg/L mg O ₂ /L NMP/100 mL
		Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente estudio es aplicada, ya que se enfoca en la aplicación práctica de un método específico (ICA-NSF) para resolver un problema concreto, que es determinar la calidad del agua del río Yanamarca.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptiva-explicativa. Es descriptiva porque la investigación describirá la calidad del agua del río Yanamarca en diferentes puntos de monitoreo, basándose en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Es explicativo porque se explicarán las posibles causas de la calidad observada, considerando factores antropogénicos y naturales que puedan influir en los resultados obtenidos.

3.3. Método de investigación

El método utilizado en la presente investigación fue el método cuantitativo, con el objetivo de determinar la calidad del agua del río Yanamarca

en el Valle de Yanamarca, Jauja. Para ello, se determinó dicha calidad mediante el análisis y la comparación de datos con la Clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown.

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue no experimental - transversal. No experimental porque no se manipularon variables independientes; en su lugar, se observaron y analizaron los parámetros de calidad del agua tal como se presentaron en el entorno natural. Además, fue transversal (o transeccional) porque la recolección de datos se realizó en un momento específico o en intervalos de tiempo definidos, sin un seguimiento prolongado.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población para la presente investigación fue considerada las aguas del río Yanamarca desde la quebrada donde inicia el río hasta la alimentación a la Laguna Tragadero.

3.5.2. Muestra

La muestra total consistió en 20 litros de agua, recolectados en los cuatro puntos de muestreo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas para utilizar la recolección de datos (muestras) se realizó bajo la R. J. N° 010-2016-ANA (Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales), desde:

- Reconocimiento del lugar y de los puntos de muestreo.
- Rotulado y etiquetado.

- Toma de muestras.
- Preservación de muestras.
- Medición de los parámetros insitu.
- Llenado de cadena Custodia.
- Almacenamiento, conservación y transporte de muestras.

Instrumentos de recolección de datos

- Fichas de recolección de datos y
- Cadena de custodia.

3.7. Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos recolectados en el campo, se utilizó la hoja de cálculo Excel y el programa estadístico SPSS. Los resultados obtenidos se evaluaron mediante análisis para caracterizarlos a través del ICA-NFS. Además, para validar la hipótesis, se utilizó la Prueba t de Student.

3.8. Tratamiento estadístico

La caracterización ICA-NFS, se sustentó estadísticamente mediante la Campana de Gauss, graficados con los datos de los puntos de muestreo ubicados estratégicamente en el curso del río.

Para validar la hipótesis respecto a la calidad del agua del río Yanamarca contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas, como también de la segregación del pastoreo de ganados y de la agricultura, se determinó mediante la Prueba de t de student, con los datos de los puntos de muestreo.

Asimismo, se halló el nivel de significancia y se realizó la prueba estadística utilizando el t de student, previamente se halló la media y la desviación estándar de los datos de las muestras tomadas. Con el propósito de aceptar o descartar la prueba de hipótesis.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Toda la información utilizada en este trabajo de investigación proviene de fuentes confiables y verificadas. Estos estudios incluyen científicos revisados por pares, informes gubernamentales, datos de instituciones académicas reconocidas y otras fuentes autorizadas en el campo de la calidad del agua y el medio ambiente. Este enfoque no solo garantiza la integridad y la validez epistemológica de los resultados, sino que también refleja un compromiso ético con la precisión y la transparencia en el desarrollo de la investigación.

La investigación ofrece detalles claros y transparentes sobre las fuentes de información utilizadas, incluyendo referencias bibliográficas completas, lo cual es esencial para la validación y replicación por parte de otros investigadores, en consonancia con los principios de la ética académica y la integridad científica.

Durante la realización del estudio, se adoptaron medidas rigurosas de seguridad para minimizar cualquier impacto negativo en el medio ambiente y la biodiversidad. Esto se logró mediante prácticas sostenibles de muestreo, el uso responsable de recursos naturales y la protección de áreas sensibles, reflejando un compromiso ético con la conservación y el respeto por la naturaleza.

Como investigador, me comprometo a mantener la veracidad de los resultados, adhiriéndome a los más altos estándares de integridad científica. Además, asumo la responsabilidad social y ética de respetar y proteger el medio ambiente y la biodiversidad, reconociendo nuestra obligación moral de preservar la naturaleza para las generaciones presentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el efluente del río Yanamarca, situado en la región de Junín, provincia de Jauja, dentro del Valle de Yanamarca, a una altitud de 3460 msnm. Este río Yanamarca tiene un caudal promedio anual de 2 m³/s y proporciona recursos hídricos a todo el Valle de Yanamarca. Sus aguas fluyen de noreste a suroeste, recorriendo aproximadamente 15 kilómetros con un ancho de entre 6 y 7 metros, y desembocan en la laguna Tragadero

Figura 11. Río Yanamarca



Procedimientos para la ejecución del presente trabajo de investigación

El trabajo de investigación se desarrolló en cuatro etapas: preliminar, de campo, laboratorio y gabinete.

Etapas preliminar

En esta etapa se definió el problema, explicando su origen y relevancia. Se delimitó el área de estudio, especificando la zona intervenida para la investigación. Además, se presentó la fundamentación teórica, que incluyó una revisión bibliográfica de la literatura reciente y relevante relacionada con el problema.

Etapas de campo

A. Visita al área de estudio

Se realizaron visitas a lo largo del río Yanamarca con el objetivo de comprender la situación actual del cuerpo de agua, realizar un diagnóstico e identificar las actividades antropogénicas que contribuyen a la contaminación. Estas visitas me permitieron establecer los puntos de muestreo adecuado. Para ello, obtuve la información necesaria y entrevisté a algunos comuneros de las comunidades de Pachascucho, Chocón, Muquillanmqui y Tragadero, quienes expresaron su preocupación por la instalación de dos plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en los distritos de Yanamarca y Acolla. Los efluentes de estas plantas son vertidos al río Yanamarca, que desemboca en el humedal laguna Tragadero.

Figura 12. Imágenes de la visita al Río Yanamarca



B. Determinación de los puntos de muestreo. La recolección de muestras se llevó a cabo el 08 de junio del 2024, con cuatro puntos de muestreo, ubicados a lo largo del río Yanamarca. En cada punto de muestreo, se tomaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos, utilizando frascos esterilizados y debidamente rotulados. Además, se empleó un GPS para precisar la ubicación de cada punto de muestreo.

Figura 13. Puntos de Muestreo, presentados en Google Earth

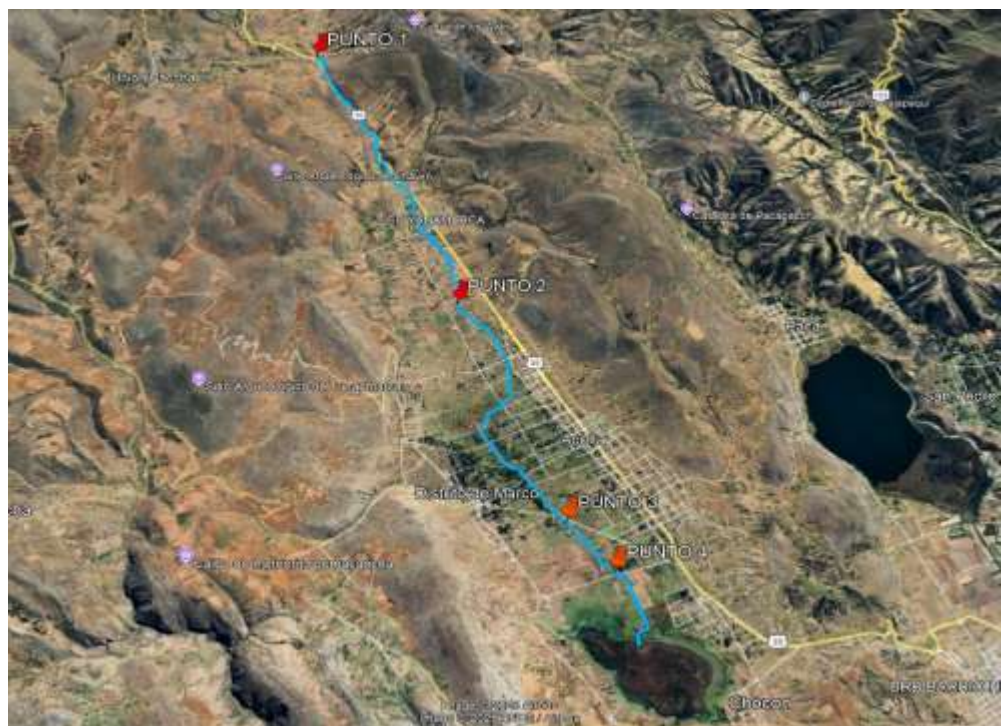


Tabla 10. Puntos de muestreo:

Estaciones de Muestreo	Identificación	Ubicación		
		Sur	Oeste	Altitud
P-1	Tingo Paccha	11°39'8.81"	75°34'58.46"	3505,7 m
P-2	Yanamarca	11°42'22.26"	75°33'44.32"	3499,6 m
P-3	Acolla	11°44'38.05"	75°32'59.68"	3484,2 m
P-4	Pachascucho	11°45'5.97"	75°32'40.20"	3481,5 m

Nota: Para el estudio se ha considerado 4 puntos de muestreo ubicados a lo largo del río Yanamarca (15.5 km), en la jurisdicción de las comunidades de Tingo Paccha, Yanamarca, Acolla y Pachascucho

C. Procedimiento de muestreo. Después de establecer los puntos de muestreo a lo largo del curso del río Yanamarca, se procedió a la recolección manual de las muestras, tomando en cuenta la descarga de aguas residuales domésticas en la zona. Los pasos seguidos en este procedimiento fueron los siguientes:

1º Preparación de los recipientes: Se utilizaron frascos de polietileno de boca ancha, esterilizados, limpios y secos para evitar cualquier tipo de contaminación. Cada frasco fue debidamente rotulado antes de su uso (enviados por el R-Lab S.A.C.).

2º Enjuague del recipiente: Antes de la toma de muestra, cada recipiente fue enjuagado dos veces con agua de la misma fuente de muestreo. Este paso asegura que cualquier residuo en el frasco se elimine y que las condiciones del muestreo sean representativas.

3º Recolección de la muestra: La toma de muestra se realizó en dirección contraria al flujo del río. El frasco fue sumergido boca abajo en el agua y luego se invirtió lentamente, permitiendo que la boca del frasco quedara ligeramente hacia arriba. Esta técnica minimiza la entrada de

contaminantes superficiales. La muestra se recolectó a una profundidad de aproximadamente 20 cm.

4° Transporte y conservación: Las muestras recolectadas se colocaron en cajas térmicas (coolers) y se mantuvieron a una temperatura de 4°C durante el transporte. Esta medida se tomó para asegurar la adecuada conservación de las muestras hasta su análisis.

Etapas de laboratorio

Las muestras recolectadas del cuerpo de agua fueron enviadas al laboratorio de ensayo R-Lab S.A.C., acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con el registro N° I.E-127. En este laboratorio, se llevaron cabo los análisis fisicoquímicos (DBO_5 , NO_3^- , PO_4^{3-} , TUR) y microbiológico (CF).

Por otro lado, los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales fueron medidos in situ en cada punto de muestreo utilizando un equipo multiparámetro portátil HANNA.

Etapas de gabinete

En esta etapa, se realizaron los cálculos y comparaciones con la Normativa Ambiental Nacional, utilizando los resultados del análisis de los nueve parámetros, para determinar si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Además, se ha evaluado la calidad del agua según la Escala de Clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Presentación de resultados

En la Tabla 11 se presenta los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Yanamarca.

Análisis e interpretación de resultados

Niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Yanamarca

A. Coliformes fecales

La Figura 14 muestra la variación de las concentraciones de coliformes fecales en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (1600 NMP/100 mL), P-2 (350×10^2 NMP/100 mL), P-3 (920 NMP/100 mL) y P-4 (350×10^1 NMP/100 mL).

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, la concentración máxima permitida de coliformes fecales es de **2000 NMP/100 ml**. Por lo tanto, los valores obtenidos en los puntos de muestreo P-1 y P-3 se encuentran dentro del límite máximo permisible (LMP), mientras que en los puntos de muestreo P-2 y P-4 superan los valores máximos establecidos.

Figura 14. Variación de los coliformes fecales en el agua del río Yanamarca

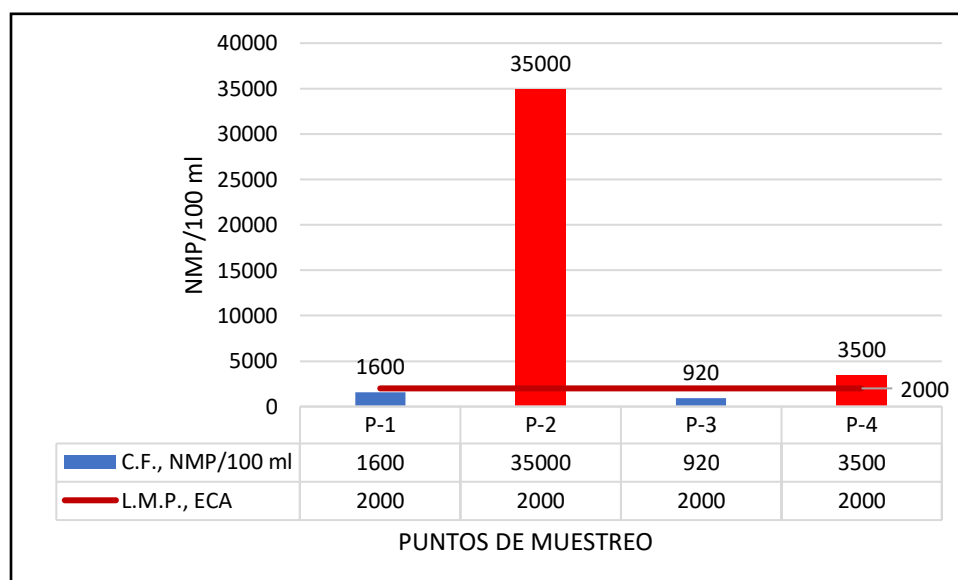


Tabla 11. Resultados de los Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológico del Río Yanamarca

Recolección de muestra	Muestras	pH	DBO ₅ mg O ₂ /L	SDT mg /L	TUR NTU	CF NMP/100 mL	NO ₃ ⁻ mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	OD mg/L	%	Temperatura °C Amb. Agua		Variación T °C
Muestreo 8-6-24	P-1	8,51	1,5	214	1,8	1600	3,66	0,104	0,01	1,2	13,0 °	9,0 °	4,0 °
	P-2	7,54	2,8	349	2,9	350x10 ²	2,25	5,08	0,11	1,5	6,0 °	10,0 °	-4,0 °
	P-3	8,70	0,8	219	1,0	920	3,90	0,12	0,07	1,8	10,0 °	7,0 °	3,0 °
	P-4	7,78	5,3	424	4,3	350x10 ¹	4,47	1,93	0,08	1,8	11,0 °	8,0 °	3,0 °
Promedio		8,13	5,54	301,5	2,5	10255	3,63	1,80	0,27	0,07	10,5 °	8,5 °	1,5 °

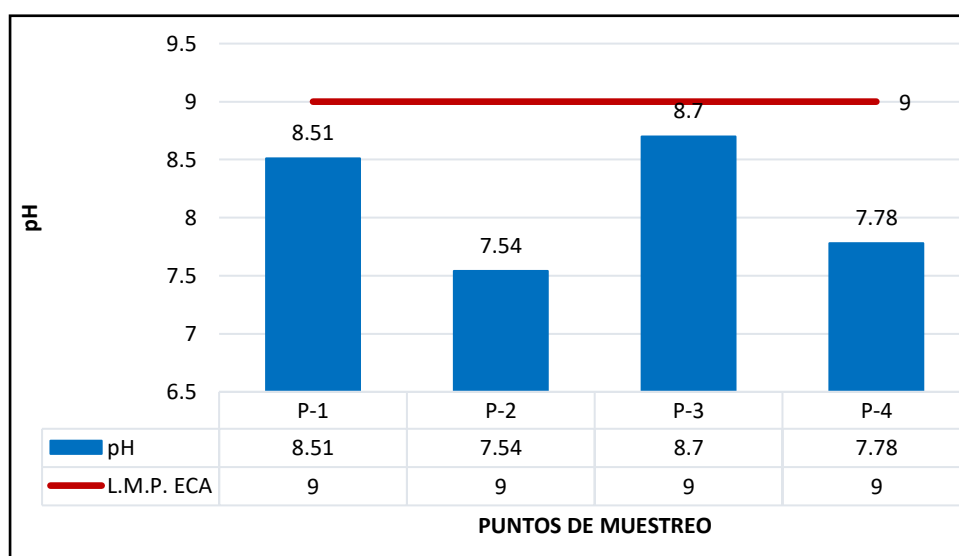
Fuente: laboratorio de ensayo R-Lab S.A.C.

B. Potencial de hidrógeno

La Figura 15 muestra la variación de los valores de pH en los cuatro puntos de muestreo, obteniéndose los siguientes resultados: P-1 (8,51), P-2 (7,54), P-3 (8,70) y P-4 (7,78) unidades.

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, el rango de pH aceptable es de 6,5 a 9,0, conforme al Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Por lo tanto, los valores obtenidos en los cuatro puntos de muestreo cumplen con los límites máximos permisibles (LMP).

Figura 15. Variación del pH en el Agua del Río Yanamarca



Fuente: Elaboración propia.

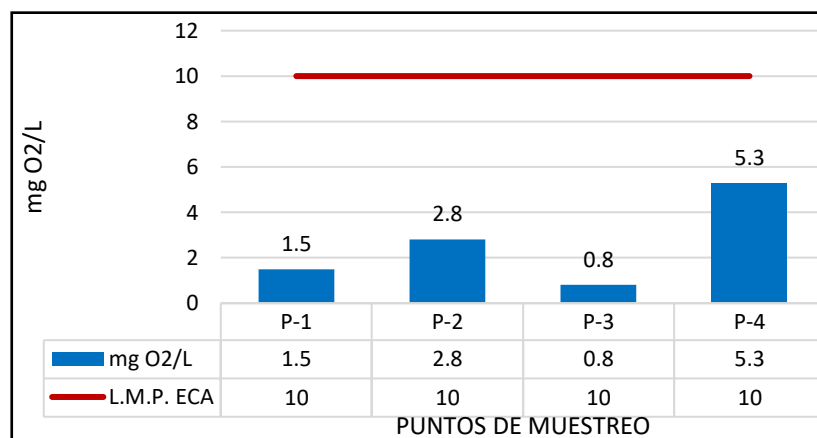
C. Demanda bioquímica de oxígeno

La Figura 16 muestra la variación de los valores de la DBO₅ en los cuatro puntos de muestreo, obteniéndose los siguientes resultados: P-1 (1,5 mg O₂/L), P-2 (2,8 mg O₂/L), P-3 (0,8 mg O₂/L) y P-4 (5,3 mg O₂/L).

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, la concentración permitida de la DBO₅ es 10 mg O₂/L. Por lo tanto, los

valores registrados en los puntos de muestreo se encuentran dentro de los límites permisibles (LMP).

Figura 16. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua del Río Yanamarca



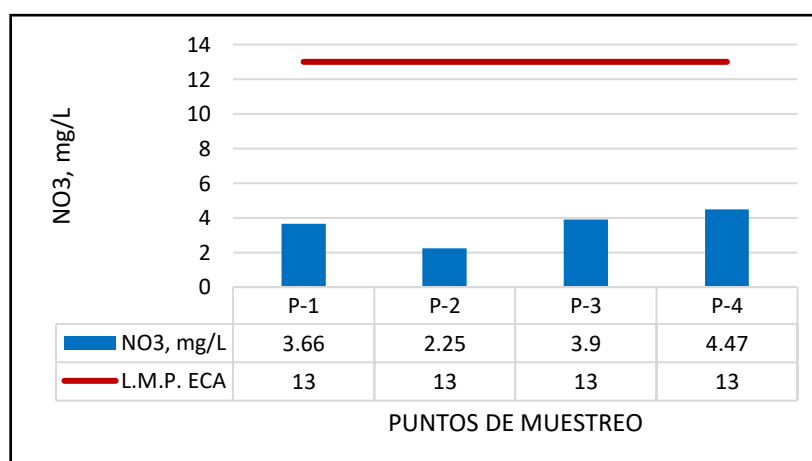
Fuente: Elaboración propia.

D. Nitratos

La Figura 17 muestra la variación de los valores de nitratos en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (3,66 mg/L), P-2 (2,25 mg/L), P-3 (3,90 mg/L) y P-4 (4,47 mg/L).

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua), Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, el límite máximo permisible es de 13 mg/L. Por lo tanto, los valores obtenidos en todos los puntos de muestreo se encuentran por debajo de este LMP.

Figura 17. Variación de Nitratos en el Agua del Río Yanamarca

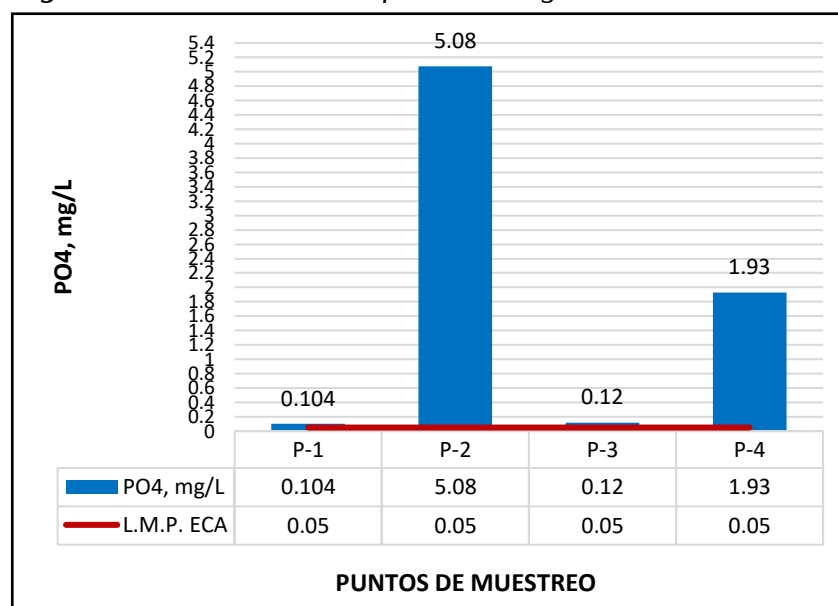


E. Fosfatos

La Figura 18 muestra la variación de los valores de fosfatos en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (0,104 mg/L), P-2 (5,08 mg/L), P-3 (0,12 mg/L) y P-4 (1,93 mg/L).

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, el límite máximo permisible (LMP) es de 0,05 mg/L. Por lo tanto, los valores registrados en todos los puntos de muestreo superan este límite.

Figura 18. Variación de Fosfatos en el Agua del Río Yanamarca



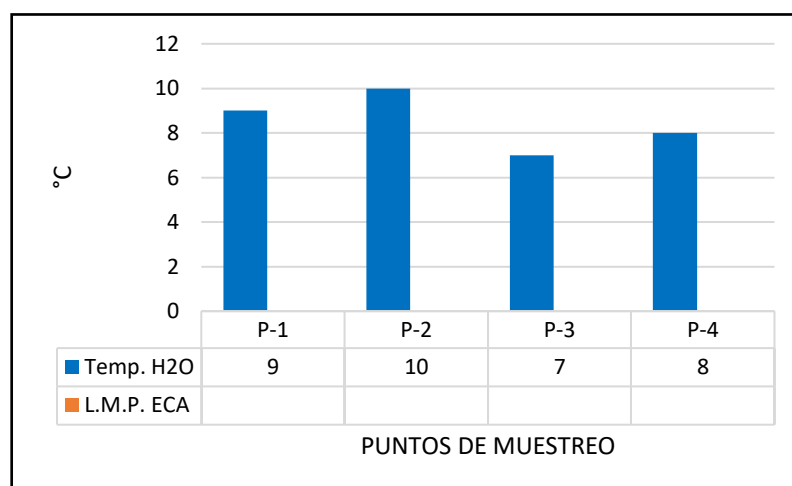
Fuente: Elaboración propia.

F. Temperatura

La Figura 19 muestra la variación de la temperatura en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (9 °C), P-2 (10 °C), P-3 (7 °C) y P-4 (8 °C).

Cabe señalar que la temperatura no está considerada en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos.

Figura 19. Variación de la temperatura en el Agua en el Río Yanamarca



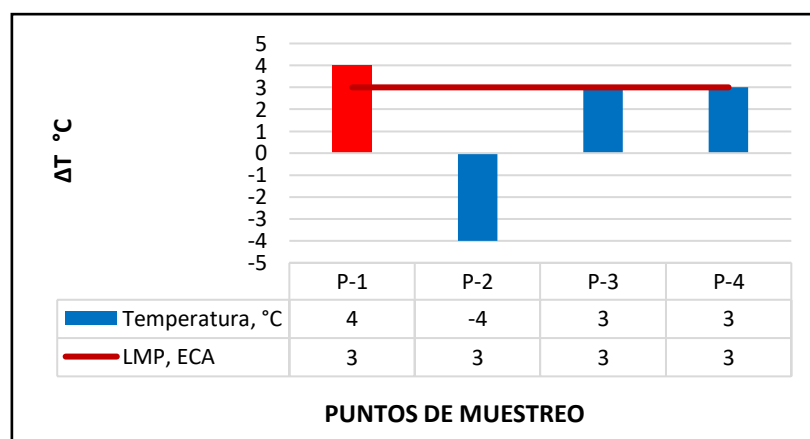
Fuente: Elaboración propia.

G. Variación de la temperatura

La figura 20 muestra la diferencia de temperatura entre el ambiente y el agua en los cuatro puntos de muestreo, obteniéndose los siguientes resultados: P-1 (4,0°C), P-2 (-4,0°C), P-3 (3,0°C) y P-4 (3,0°C).

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, el límite máximo permisible (LMP) para la variación de la temperatura es $\Delta 3$. Por lo tanto, el valor obtenido en P-1 excede este límite, mientras que los puntos de muestreo P-2, P-3 y P-4 están dentro del rango permitido.

Figura 20. Variación del cambio de temperatura del ambiente y el agua

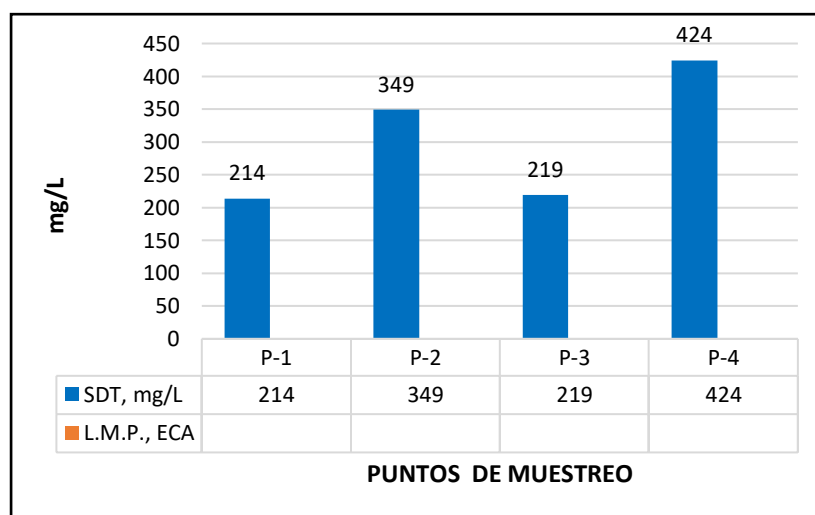


H. Sólidos disueltos totales (SDT)

La Figura 21 muestra la variación de los Sólidos Disueltos Totales (SDT) en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (214 mg/L), P-2 (349 mg/L), P-3 (219 mg/L) y P-4 (429 mg/L).

Cabe mencionar que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, no establecen un límite para este parámetro.

Figura 21. Variación de los SDT en el Agua del del Río Yanamarca



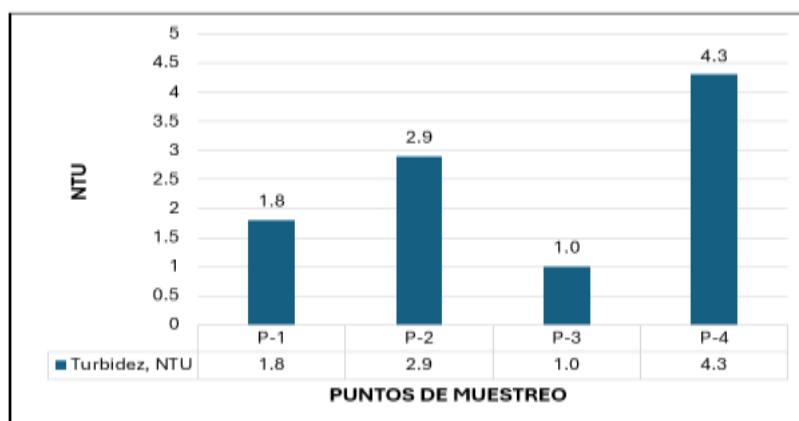
Fuente: Elaboración propia.

I. Turbidez

La figura 22 muestra la variación de los niveles de turbidez en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (1,8 NTU), P-2 (2,9 NTU), P-3 (1,0 NTU), P-4 (11,5 NTU).

Cabe señalar que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, no establecen un límite para este parámetro.

Figura 22. Variación de la Turbidez en el Agua del del Río Yanamarca



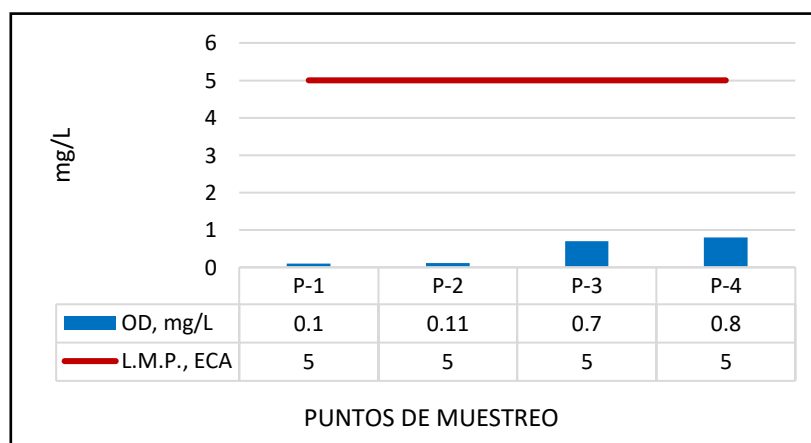
Fuente: Elaboración propia.

J. Oxígeno disuelto

La Figura 23 muestra los niveles de oxígeno disuelto (OD) en los cuatro puntos de muestreo, con los siguientes resultados: P-1 (0,01 mg/L), P-2 (0,11 mg/L), P-3 (0,07 mg/L) y P-4 (0,08 mg/L).

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos, el límite mínimo permisible (LMP) es de ≥ 5 mg/L, conforme al Decreto Supremo No 004-2017-MINAM. Por lo tanto, las concentraciones de OD registrados en los cuatro puntos de muestreo están por debajo de los límites establecidos.

Figura 23. Variación del Oxígeno Disuelto en el Agua del Río Yanamarca

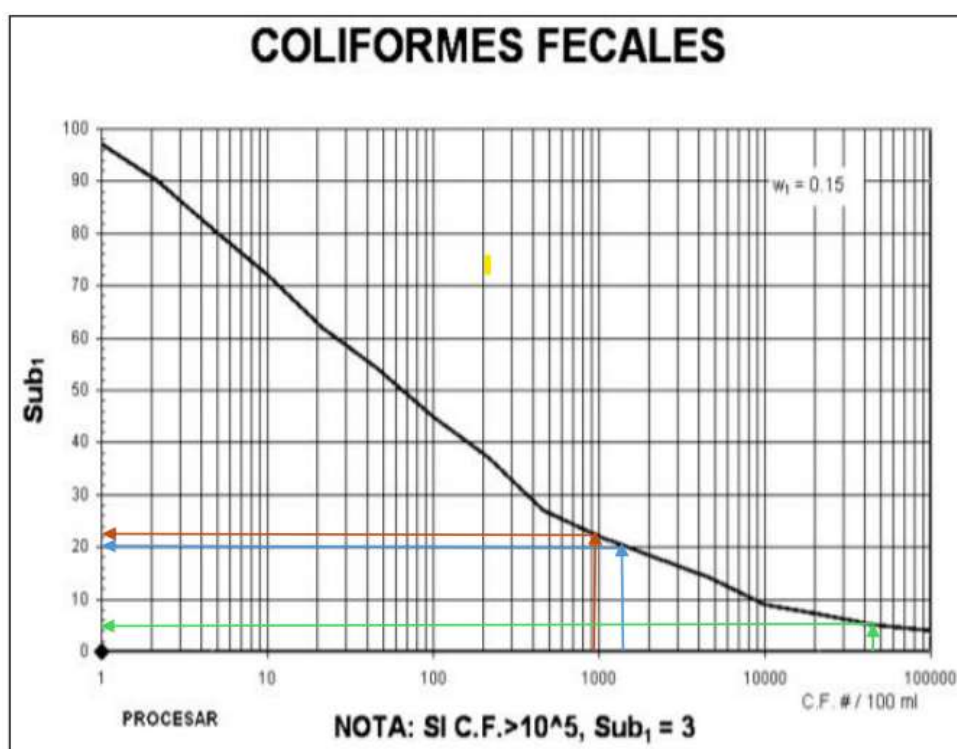


Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF) del río Yanamarca

El índice de calidad del agua (ICA-NSF) permitió determinar el estado del cuerpo de agua, considerando en su análisis ocho parámetros fisicoquímicos (DBO₅, pH, OD, SDT, Turbidez, NO₃⁻, PO₄⁻³, y T ° C) y un parámetro microbiológico (Coliformes fecales), de acuerdo con la ecuación matemática propuesta por Brown:

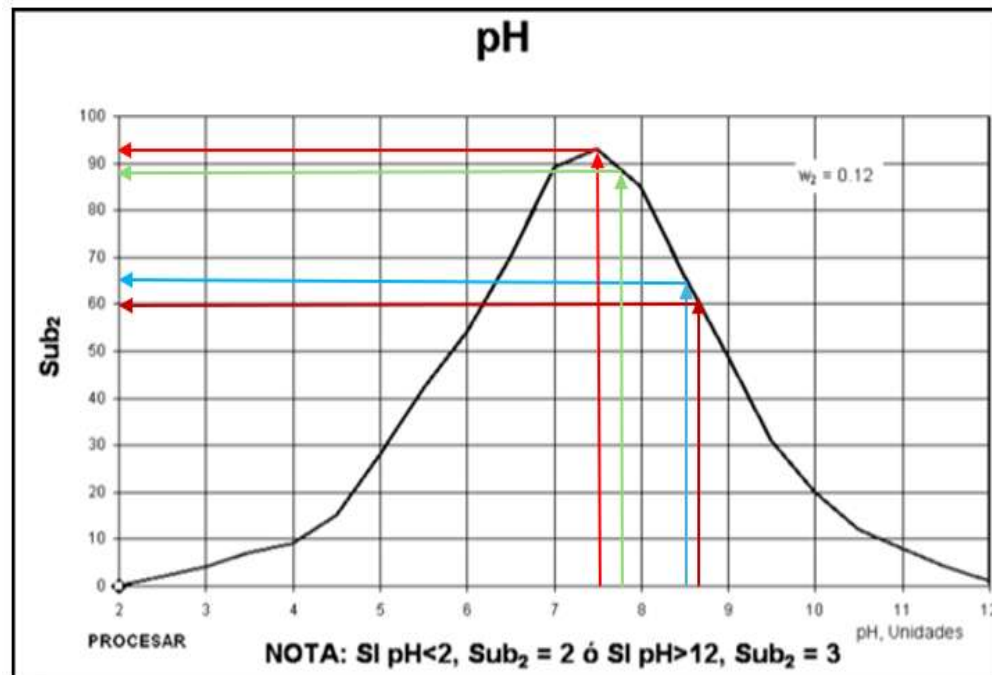
$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

Figura 24. Curva de Calidad NSF de Coliformes fecales



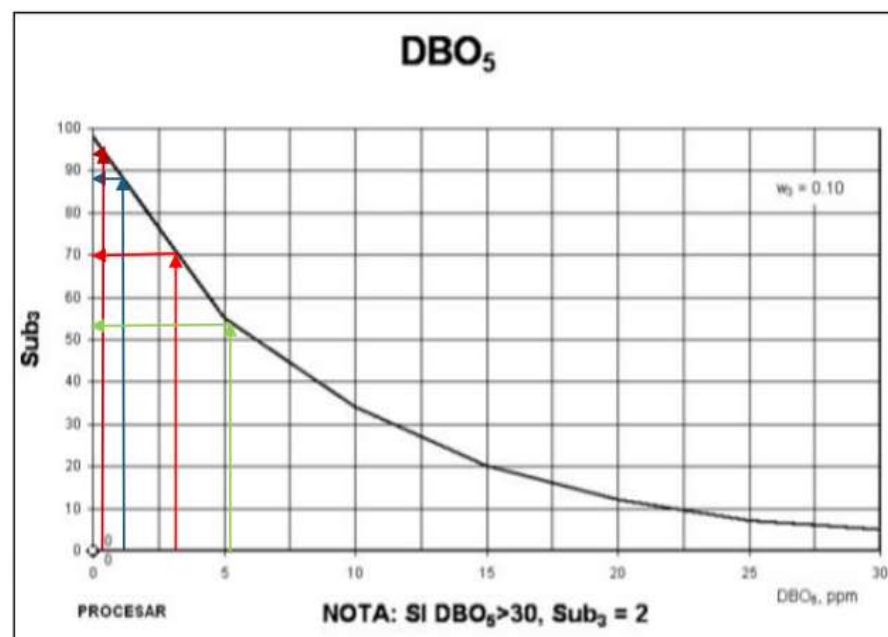
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Curva de Calidad NSF de pH



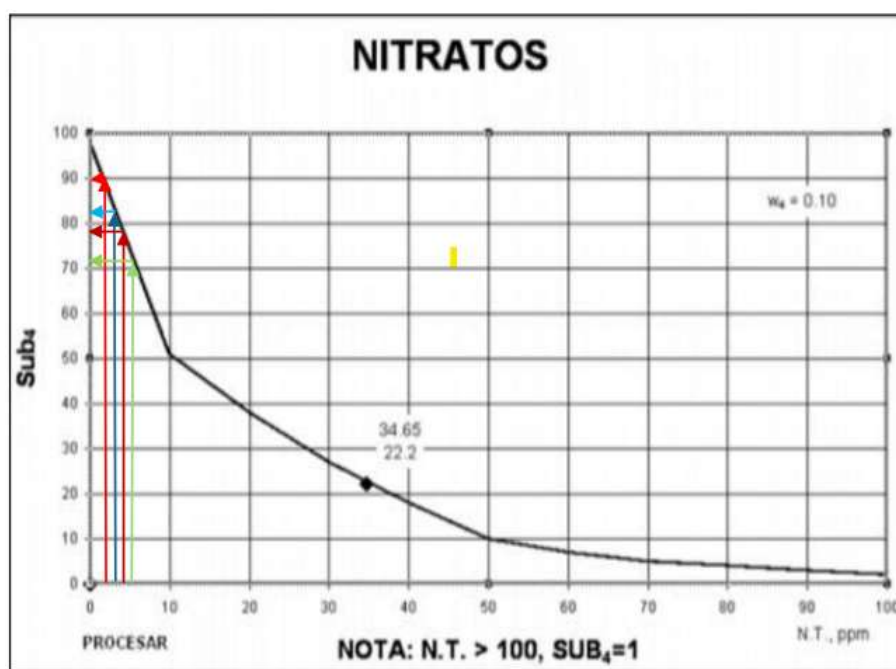
Fuente: Elaboracion propia.

Figura 26. Curva de Calidad NSF de la Demanda Bioquímica de Oxígeno



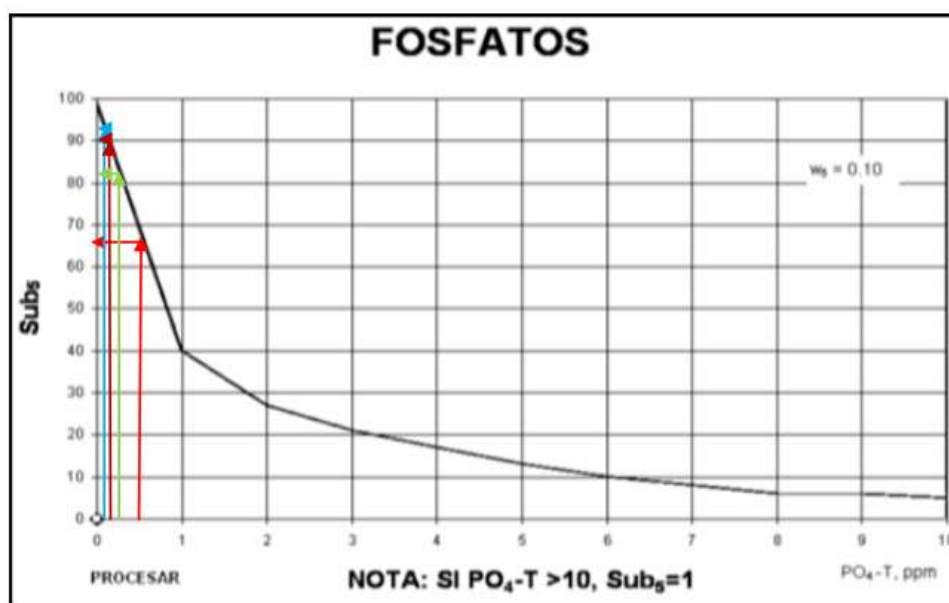
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Curva de Calidad NSF de Nitratos



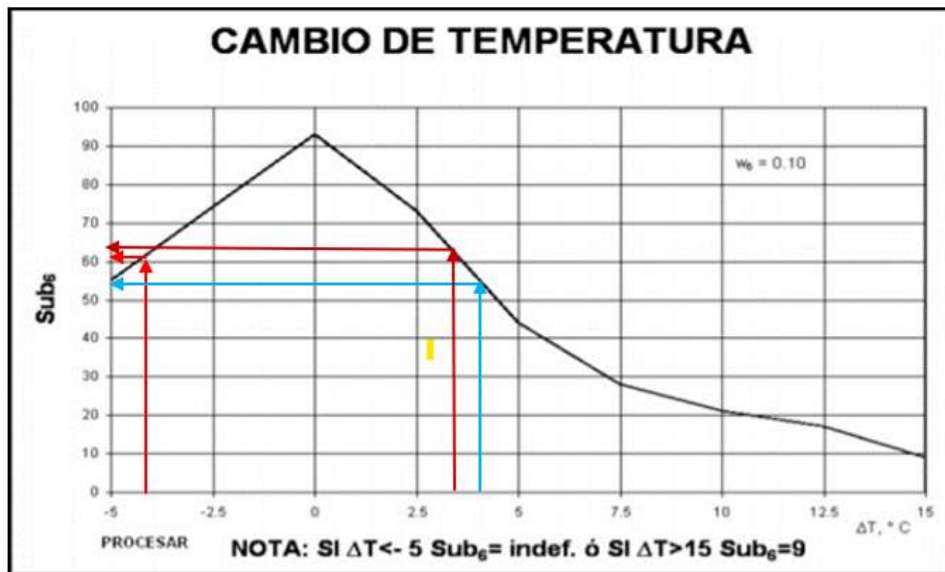
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Curva de Calidad NSF de Fosfatos



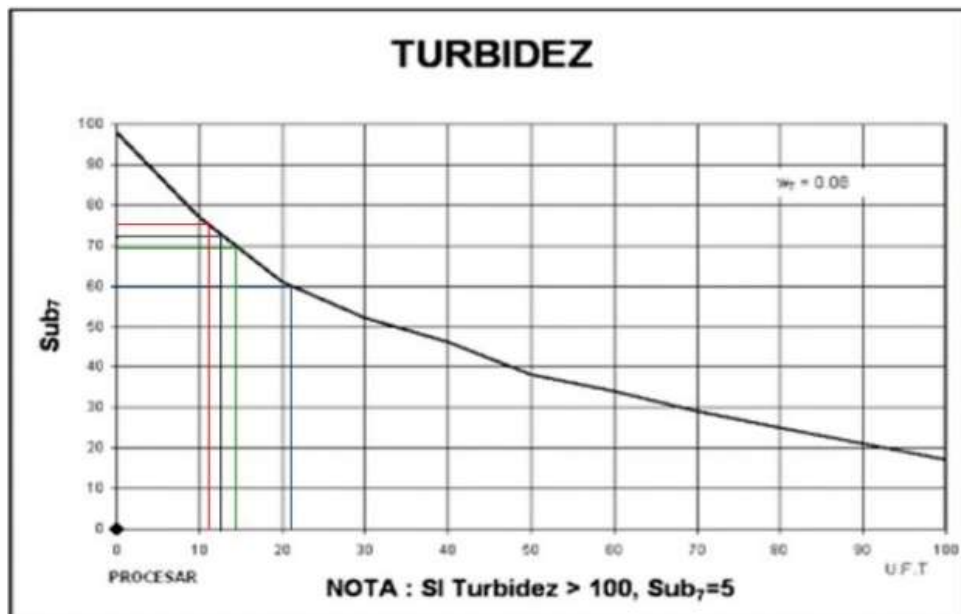
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Curva de Calidad NSF del Cambio de Temperatura



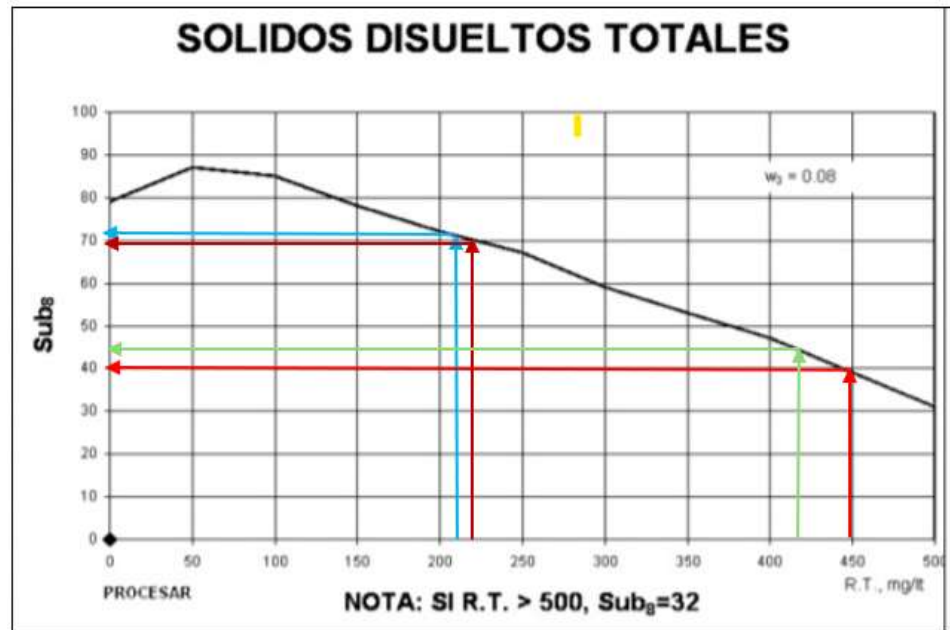
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Curva de Calidad NSF de Turbidez



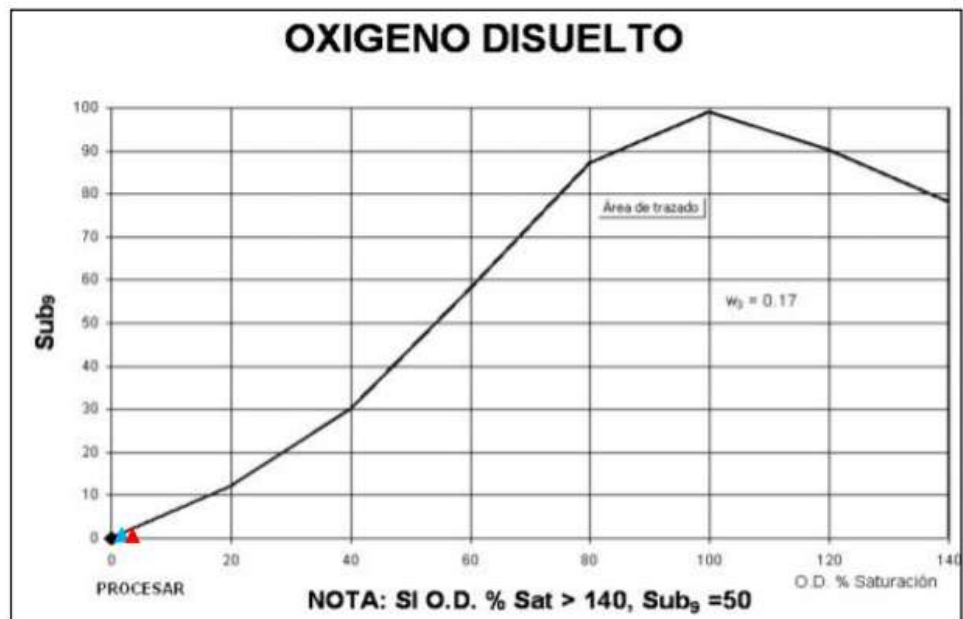
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Curva de Calidad NSF de Sólidos Disueltos Totales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Curva de Calidad NSF de Oxígeno Disuelto



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. ICA-NFS del punto de muestreo P-1

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos	
				relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Colif. Fecales	NMP/100	1600	20	0,15	0,3
pH	-	8,51	65	0,12	7,8
DBO₅	mg O ₂ /L	1,5	89	0,10	8,9
Nitratos	mg/L	3,66	82	0,10	8,2
Fosfatos	mg/L	0,104	93	0,10	9,3
Δ T °	° C	4,0	55	0,10	5,5
Turbidez	NTU	1,8	92	0,08	7,36
Oxígeno disuelto	%	1,2	0,1	0,17	0,017
	mg /L	0,01	-	-	-
Σ (Sub_i * W_i)					53,14

Nota. Se observan los subíndices de la calidad del agua en el punto de muestreo del P-1, con los siguientes valores: CF = 1600 NMP/100 mL con subíndice 20; pH = 8,51 con subíndice 65; DBO₅ = 1,5 mg O₂/L con subíndice 89; NO₃⁻ = 3,66 mg/L con subíndice 82; PO₄⁻³ = 0,104 mg/L con subíndice 93; ΔT = 4,0 °C con subíndice 55; turbidez = 1,8 NTU con subíndice 92; SDT = 214 mg/L con subíndice 92 y porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 1,2% con subíndice 0,1. Tomado de “A Water Quality Index—Do We Dare”. Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

$$ICA-NSF = 53,14$$

En el primer punto de muestreo P-1, se obtuvo un valor de 53,14 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 51 - 70, lo cual corresponde a una calidad de agua regular.

Tabla 13. ICA-NFS del punto de muestreo P-2

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Coliformes	NMP/100	350x10 ²	20	0,15	0,3
Fec.	mL	7,54	92	0,12	11,04
pH	-				
O ₅	mg O ₂ /L	2,8	70	0,10	7,0
Nitratos	mg/L	2,25	90	0,10	9,0
Fosfatos	mg/L	5,08	67	0,10	6,7
Δ T °	° C	-4,0	62	0,10	6,2
Turbidez	NTU	2,9	89	0,08	7,12
SDT	mg/L	349	40	0,08	3,2
Oxígeno disuelto	%	1,5	0,12	0,17	0,02
	mg /L	0,11	-	-	-
Σ (Sub _i * W _i)					49,58

Nota. Se observan los subíndices de la calidad del agua en el punto de muestreo P-2, con los siguientes valores: CF = 350x10² NMP/100 ml con subíndice 20; pH = 7,54 con subíndice 65; DBO₅ = 2,8 mg O₂/L con subíndice 70; NO₃⁻ = 2,25 mg/L con subíndice 90; PO₄⁻³ = 5,08 mg/L con subíndice 67; ΔT = -4,0 ° C con subíndice 62; turbidez = 2,9 NTU con subíndice 89; SDT = 349 mg/L con

subíndice 40 y porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 1,5% con subíndice 0,12. Tomado de “A Water Quality Index—Do We Dare”. Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

$$ICA-NSF = 49,58$$

En el segundo punto de muestreo P-2, se obtuvo un valor de 49,58 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26 – 50, lo cual corresponde a una calidad de agua mala.

Tabla 14. ICA-NFS del punto de muestreo P-3

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos	Sub _i * W _i
				relativos (W _i)	
Coliformes	NMP/100	920	22	0,15	3,3
Fecales	mL				
pH	-	8,70	60	0,12	7,2
DBO₅	mg O ₂ /L	0,8	95	0,10	9,5
Nitratos	mg/L	3,90	78	0,10	7,8
Fosfatos	mg/L	0,12	90	0,10	9,0
Δ T°	°C	3,0	65	0,10	6,5
Turbidez	NTU	1,0	95	0,08	7,6
SDT	mg/L	219	69	0,08	5,52
Oxígeno disuelto	%	1,8	0,11	0,17	0.02
	mg /L	0,07	-	-	-
Σ (Sub_i * W_i)					56,44

Nota. Se observa los subíndices de la calidad del agua del P-3, cuyos valores son: CF = 920 NMP/100 ml con subíndice 22; pH = 8,70 con subíndice 60; DBO₅ = 0,8

mg O₂/L con subíndice 95; NO₃⁻ = 3,90 mg/L con subíndice 78; PO₄⁻³ = 0,12 mg/L con subíndice 90; ΔT = 3,0 ° C con subíndice 65; turbidez = 1,0 NTU con subíndice 95; SDT = 219 mg/L con subíndice 69; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 1,8% con subíndice 0,11. Tomado de “A Water Quality Index—Do We Dare”. Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

$$ICA-NSF = 56,44$$

En el tercer punto de muestreo P-3, se obtuvo un valor de 56,44 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 51 – 70, lo cual corresponde a una calidad de agua regular.

Tabla 15. ICA-NFS del punto de muestreo P-4

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos	Sub _i * W _i
				relativos (W _i)	
Coliformes	NMP/10	350x10 ¹	4,2	0,15	0,63
Fecales	0 mL				
pH	-	7,78	89	0,12	10,68
DBO₅	mg O ₂ /L	5,3	53	0,10	5,3
Nitratos	mg/L	4,47	72	0,10	7,2
Fosfatos	mg/L	1,93	82	0,10	8,2
Δ T °	° C	3,0	55	0,10	5,5
Turbidez	NTU	4,3	88	0,08	7,04
SDT	mg/L	424	45	0,08	3,6
Oxígeno	%	1,8	0,1	0,17	0,02
disuelto	mg /L	0,08	-	-	-
Σ (Sub_i * W_i)					48,17

Nota. Se observan los subíndices de la calidad del agua en el punto de muestreo P-4, con los siguientes valores: CF = 350x10¹ NMP/100 mL con subíndice 4,2; pH = 7,78 con subíndice 89; DBO₅ = 5,3 mg O₂/L con subíndice 53; NO₃⁻ = 4,47 mg/L con subíndice

72; $\text{PO}_4^{-3} = 1,93 \text{ mg/L}$ con subíndice 82; $\Delta T = 3,0^\circ \text{C}$ con subíndice 55; turbidez = 4,3 NTU con subíndice 88; SDT = 424 mg/L con subíndice 45 y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD) = 1,8% con subíndice 0,1. Tomado de “A Water Quality Index—Do We Dare”. Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

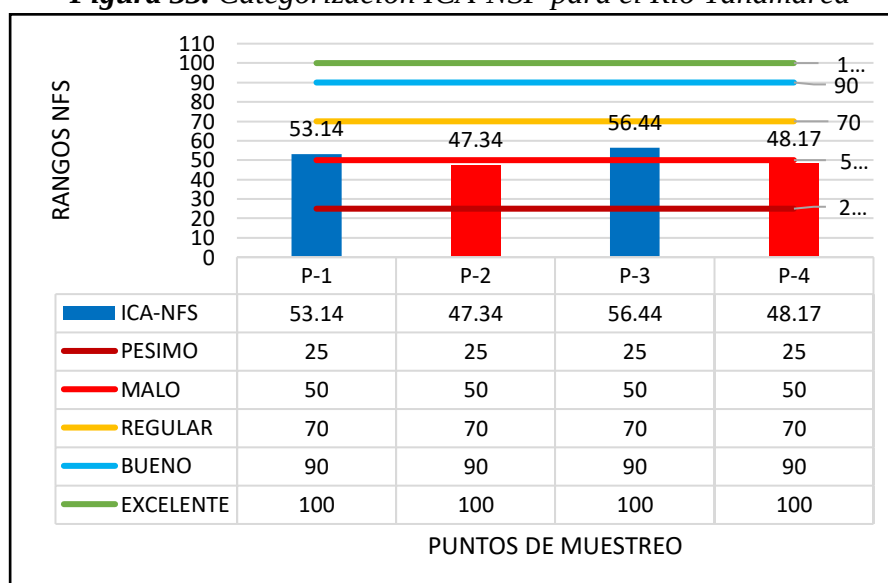
$$\text{ICA-NSF} = 48,17$$

En el Cuarto punto de muestreo P-4 se obtuvo un valor de 48,17 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown, este valor se encuentra en el rango de 26 - 50, lo cual corresponde a una calidad de agua mala.

Tabla 16. ICA-NSF del Río Yanamarca

Puntos de muestreo	ICA - NSF	Calidad de agua
P-1	53,14	Regular
P-2	49,58	Mala
P-3	56,44	Regular
P-4	48,17	Mala
Promedio	51,83	Regular
Mínimo	47,34	
Máximo	56,44	

Figura 33. Categorización ICA-NSF para el Río Yanamarca



Nota. Los resultados obtenidos del análisis muestran que el ICA total para el agua del río Yanamarca se encuentra en un rango de 47,34 a 56,44, con un valor promedio de 51,27. Este valor indica que la calidad del agua es **Regular**.

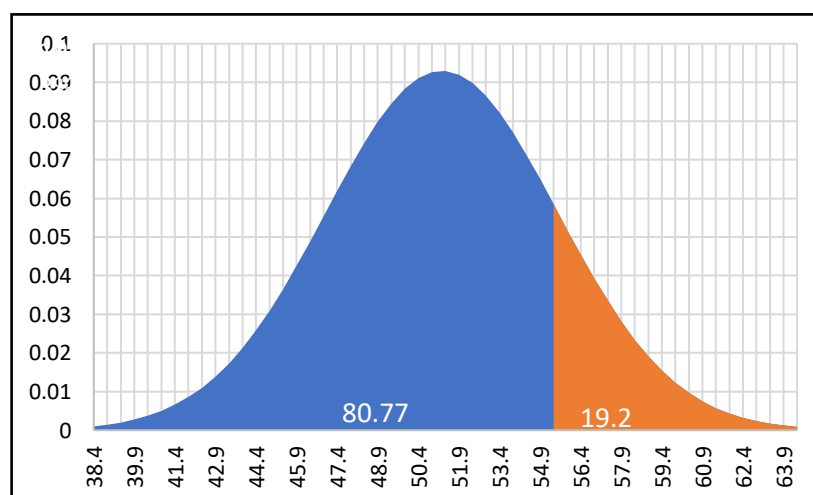
La media y la desviación estándar lo hallamos reemplazando datos de la Tabla 17 en el programa SPSS

Tabla 17. Media y Desviación Estándar de los Puntos de Muestreo

PUNTOS DE MUESTREO					
P-1	P-2	P-3	P-4		
53,14	47,34	56,44	48,17	51,27	X
				4,29	D.S.

La caracterización del ICA-NFS, se sustenta estadísticamente mediante la campana de Gauss, la cual se graficó utilizando los datos de la Tabla 17. En ella se observa que el 80,77% de las muestras corresponden a una calidad **mala**, mientras que el 19,23% presentan una calidad **regular**. Estos resultados confirman los obtenidos en la figura 32.

Figura 34. Curva de Gauss



4.3. Prueba de hipótesis

La calidad del agua del río Yanamarca, contaminada por el vertimiento de aguas residuales domésticas, se clasifica como regular. Esta determinación se realizó mediante la prueba t de Student, utilizando los datos presentados en la Tabla 16.

Ho: La calidad del agua del río Yanamarca, contaminada por el vertimiento de aguas residuales domésticas, según el ICA-NFS es regular.

$$H_0: \mu \leq 55$$

Ha: La calidad del agua del río Yanamarca, contaminada por el vertimiento de aguas residuales domésticas, según los ICA-NSF es buena.

$$H_a: \mu > 55$$

Nivel de significancia:

Los cálculos se realizaron con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, es decir, $\alpha = 0.05$.

Estadístico de prueba:

Se utilizó el estadístico t de Student para contrastar un conjunto de datos menor a 30, calculado a partir de la media y la desviación estándar.

Datos:

N = tamaño de muestra = 4

$\bar{X}$ = media = 51,27

S = desviación estándar = 4.29

μ = media poblacional = 55

GL = grados de libertad = 4 - 1 = 3

α = nivel de significancia = 5% = 0.05

Tabla 18. t de student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467

$t = 2,3534$ (t de tabla)

Hallaremos la t calculado mediante la formula:

$$t_c = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}} = \frac{51,27 - 55}{4,29 / \sqrt{4}} = - 1,738 = - 1,74$$

$t_c = - 1,74$ (t calculado)

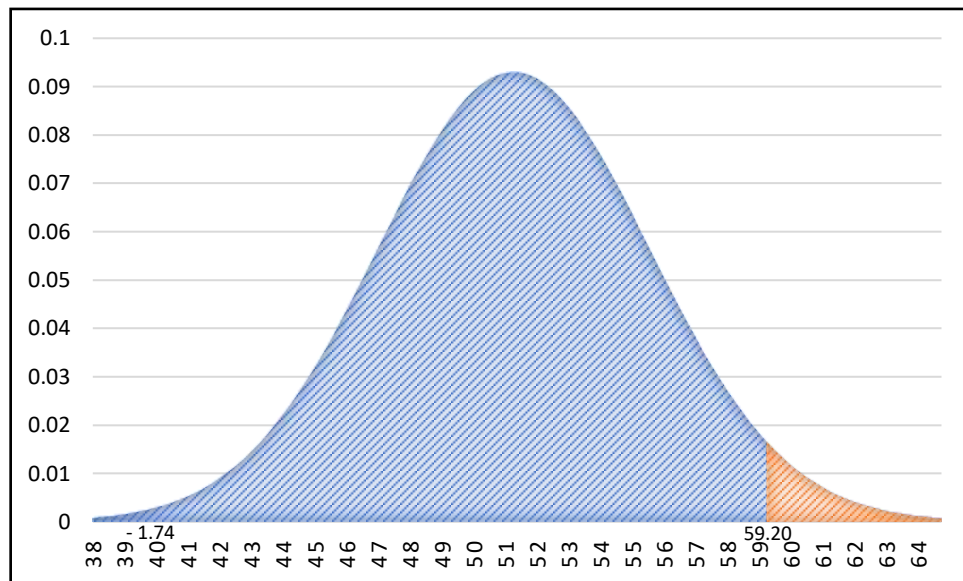
Contrastamos la t (tabla) con t (calculado), para ver el rechazo o aceptación de la hipótesis.

$$- 1,74 < 2,3534$$

Se concluye que el agua del rio de Yanamarca es REGULAR.

Para validar el resultado lo presento mediante la grafica de la curva de t de student.

Figura 35. Curva de “t de student”



Nota. Se observa que el valor de t calculado (t_c) = -1.74 es menor que el valor t de tabla = 2.34, lo que indica que se encuentra dentro del área de aceptación. Por lo tanto, según el ICA-NSF, la calidad del agua del río Yanamarca, afectada por el vertimiento de aguas residuales domésticas, se clasifica como regular.

Conclusión: Se acepta la hipótesis nula (H_0), confirmando que la calidad del agua del río Yanamarca es regular.

4.4. Discusión de resultados

Para el análisis de datos cuantitativos, se consideraron los niveles de medición de los nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológico de los cuatro puntos de muestreo de agua. Se aplicaron métodos estadísticos que permitieron describir las características principales de cada parámetro. Para este análisis, se utilizó el software Excel, el cual facilitó el procesamiento de datos y la obtención de cuadros de datos, distribuciones de frecuencia y figuras. A partir de estos resultados, se realizaron deducciones e interpretaciones de las gráficas, comparándolos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aguas (MINAM, 2017) y determinando la calidad del agua según la metodología ICA-NSF, propuesto por Brown.

Para evaluar diferencias significativas de los parámetros fisicoquímicos del agua entre cuatro puntos de muestreo se utilizó el análisis de varianza.

El promedio de los cuatro puntos de muestreo de cada uno de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y los niveles de concentración de Coliformes termotolerantes fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aguas (MINAM, 2017).

Los valores de la Tabla 11 corresponden a los resultados del análisis realizado por el laboratorio de ensayo R-Lab S.A.C., que evaluó los parámetros fisicoquímicos y microbiológico.

Los niveles de coliformes fecales en el agua del río Yanamarca oscilan entre 920 y 350×10^2 NMP/100 mL, valores considerablemente elevados en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del medio acuático E2: Ríos, que establece un límite de 2000 NMP/100 mL según el D.S. N°004-87-2017/MINAM. Las altas concentraciones de coliformes en el río se deben principalmente a la descarga directa de efluentes provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Centro Poblado de Yanamarca y del distrito de Acolla. Además, la actividad ganadera en las riberas del río, particularmente el pastoreo, incrementa la carga de coliformes fecales en el agua. De acuerdo con Kraemer et al. (2014), los escenarios de contaminación analizados muestran diferencias significativas en la cantidad de bacterias coliformes presentes en el agua de escorrentía, resaltando que las concentraciones más elevadas ocurren en áreas con mayor carga contaminante de origen animal. Nuestros hallazgos respaldan estas observaciones, evidenciando que la presencia de ganado y la descarga de aguas residuales a lo largo del río contribuyen significativamente al aumento de los

niveles de coliformes fecales. En particular, se registraron concentraciones máximas de 2531 UFC/100 mL, lo que corrobora la tendencia identificada en nuestro estudio.

Los valores de pH obtenidos, que varían entre 7,54 y 8,70 unidades, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos. Estos resultados indican que el agua del río Yanamarca presenta una ligera alcalinidad, característica común en cuerpos de agua influenciados por la fotosíntesis, la presencia de carbonatos y bicarbonatos, y posiblemente la descarga de aguas residuales. Fernández et al. (2015) en su estudio sobre la calidad del agua en el río Santa en Perú, registraron valores de pH entre 7,4 y 8,8 unidades, sugiriendo condiciones alcalinas influenciadas por la actividad agrícola y el vertido de aguas residuales. Este estudio es similar con los resultados observados en el río Yanamarca, donde la interacción entre procesos naturales y actividades humanas parece mantener el pH dentro de un rango alcalino, pero compatible con la conservación del medio acuático según los estándares establecidos.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mostraron niveles bajos, con concentraciones entre 0,8 y 5,3 mg O₂/L, lo cual se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, categoría 4: conservación del ambiente acuático, E2: Ríos, cuyo límite es de 10 mg O₂/L. Estos bajos niveles de DBO pueden atribuirse al proceso de dilución que ocurre en el río, debido a su mayor flujo de agua y a la acción de ciertas bacterias que descomponen la materia orgánica sin afectar significativamente el intercambio gaseoso con el aire. Según

Caho y López (2017), una mayor demanda de oxígeno en cuerpos de agua suele estar relacionada con la presencia de materia orgánica difícilmente biodegradable, lo que implica una mayor carga contaminante y un impacto negativo en la calidad del agua. En este estudio, sin embargo, la baja concentración de DBO sugiere un escenario diferente. La menor demanda de oxígeno podría deberse a una menor presencia de este tipo de contaminantes, lo que indicaría una menor carga de materia orgánica. Alternativamente, los resultados también podrían reflejar una alta capacidad del río para diluir y procesar la materia orgánica presente, lo que favorecería su autorregulación y la conservación de la calidad del agua. Esta diferencia con lo planteado por Caho y López resalta la importancia de considerar factores como la dinámica hidrológica y la actividad bacteriana en la interpretación de los niveles de DBO en cuerpos de agua.

Los niveles de fosfatos obtenidos varían entre 0,104 y 5,08 mg/L, que superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, específicamente en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos. Estos valores evidencian una significativa contaminación por fosfatos, atribuible a diversas fuentes, como las descargas de aguas residuales no tratadas provenientes de las plantas de tratamiento, el pastoreo de animales, y la escorrentía de fertilizantes desde las zonas agrícolas aledañas al río Yanamarca. Estos fosfatos, al ser nutrientes clave, pueden desencadenar procesos de eutrofización en el ecosistema acuático. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Gómez et al. (2014, citado en Alarcón et al., 2016), quienes en su estudio realizado en el humedal Laguna de los Milagros en Tingo María, encontraron que las concentraciones

elevadas de fosfatos en el agua estaban relacionadas con la descomposición de materia orgánica nitrogenada, originada por la muerte de algunas especies acuáticas.

Los resultados de la concentración de nitratos obtenidos, que oscilan entre 2,25 y 4,47 mg/L, se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E2: Ríos. Estos valores indican que, en términos de nitratos, el agua del río Yanamarca no presenta un riesgo significativo de contaminación bajo las normas actuales. Sin embargo, es importante considerar que niveles de nitratos incluso dentro de los límites permisibles pueden contribuir a procesos de eutrofización si se combinan con otras fuentes de nutrientes como fosfatos, especialmente en sistemas acuáticos sensibles. Un estudio relevante que complementa esta discusión es el de De Souza et al. (2016), quienes analizaron los niveles de nitratos en cuerpos de agua de áreas agrícolas en Brasil. Aunque encontraron que muchos ríos mantenían concentraciones de nitratos dentro de los límites aceptables, observaron que el uso intensivo de fertilizantes representaba un riesgo creciente para la calidad del agua a largo plazo. Este estudio resalta la necesidad de un monitoreo continuo y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles para evitar futuras contaminaciones.

Los resultados de temperatura en el río Yanamarca mostraron valores que oscilan entre 7°C y 10°C, con diferencias entre la temperatura ambiente y la del agua que varían de -4°C a 4°C. Este fenómeno es comparable con el estudio realizado por López (2019) en la laguna de Colta, donde las diferencias entre la temperatura ambiente y la del agua se registraron entre 2,9°C y 5,9°C. Estos

cambios en la temperatura pueden influir significativamente en las propiedades físicas y químicas del agua, provocando una disminución en la densidad, una reducción de la viscosidad, un aumento en la tensión de vapor saturante en la superficie y una disminución en la solubilidad de gases como el oxígeno. Estas condiciones pueden favorecer la producción de gases como el ácido sulfúrico, el metano y otras cadenas parcialmente oxidadas, generando olores y sabores desagradables que afectan la calidad del agua y del ecosistema acuático.

Los sólidos disueltos totales (SDT) en el agua del río Yanamarca registraron valores que oscilaron entre 214 y 424 mg/L, significativamente elevados y relacionados con las altas precipitaciones y los procesos de escorrentía. Estos niveles indican la presencia de una cantidad considerable de materia disuelta en el agua. En contraste, un estudio realizado por López (2019) en la laguna de Colta reportó valores de SDT entre 3 y 23 mg/L, lo que subraya la considerable variación observada en el río Yanamarca.

Los altos niveles de SDT pueden tener efectos perjudiciales, como la reducción de la penetración de la luz en el agua, lo que a su vez disminuye la concentración de oxígeno al incrementar la turbidez. Esta condición limita el desarrollo de la vida acuática y puede crear desequilibrios entre las especies, afectando la salud general del ecosistema.

Es importante señalar que, aunque la turbidez no está contemplada en los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del medio acuático, E2: Ríos, este parámetro sigue siendo fundamental para la gestión y evaluación de la calidad del agua. Los resultados obtenidos en el río Yanamarca revelan valores de turbidez que oscilan entre 1,0 y 4,3 UNT, lo que indica una baja claridad del agua. Esta condición puede tener efectos adversos en

la fotosíntesis, comprometiendo así la calidad del ecosistema acuático en su conjunto. El estudio de López (2019) sobre la laguna de Colta reportó valores de turbidez entre 5,1 y 1,3 NTU, lo que refuerza los hallazgos obtenidos en el río Yanamarca. La similitud en los rangos de turbidez sugiere que, a pesar de las diferencias en los cuerpos de agua, la turbidez sigue siendo un factor crítico para la salud de los ecosistemas acuáticos.

Los valores de oxígeno disuelto medidos en las cuatro estaciones de muestreo del río Yanamarca oscilan entre 0,01 y 0,11 mg/L, situándose muy por debajo del Límite Máximo Permitido (LMP) de 5 mg/L establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para el agua. Esta situación indica una condición de hipoxia severa, lo que implica la pérdida de organismos y especies sensibles en el ecosistema acuático. La baja concentración de oxígeno disuelto se atribuir principalmente a la influencia de actividades antrópicas, particularmente las descargas de aguas residuales, que impactan negativamente en la calidad del agua en los puntos de muestreo.

Este hallazgo concuerda con lo reportado por Caho y López (2017), quienes indicaron que los puntos afectados por vertimientos domésticos e industriales presentan niveles de oxígeno disuelto inferiores al estándar de calidad requerido para la cuenca, que es de 2 mg/L. La coincidencia con sus resultados subraya la gravedad del problema de contaminación en el río Yanamarca, sugiriendo la necesidad urgente de implementar medidas de gestión y control para mitigar la influencia de las descargas residuales y restaurar la calidad del agua en este ecosistema.

En la Tabla 16 se presentan los valores del ICA-NSF calculados para cada punto de muestreo, los cuales oscilan entre 47,34 y 56,44, con un promedio de

51,27. Según la clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown (1970), estos resultados indican que la calidad del agua del río Yanamarca es regular.

CONCLUSIONES

1. El índice de calidad del agua del río Yanamarca, calculado mediante la metodología ICA-NSF, es de 51,27. Según la clasificación propuesta por Brown (Tabla 8), este valor indica que la calidad del agua es REGULAR. Esta situación es preocupante, ya que implica ciertos niveles de contaminación, aunque no extremos. Sus efectos negativos pueden manifestarse en distintos ámbitos:
 - En el ecosistema acuático: reducción de la vida acuática, disminución del oxígeno en el agua y proliferación descontrolada de algas y microorganismos dañinos.
 - En la salud humana: aumento del riesgo de enfermedades, problemas en el consumo y uso doméstico del agua.
 - En la economía local: afectaciones a actividades como la pesca, el turismo y la agricultura.
2. El Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) obtenido revela impactos negativos en la composición del río Yanamarca, principalmente debido a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado en el Centro Poblado de Yanamarca y el distrito de Acolla. Esta situación evidencia la necesidad urgente de mejorar la gestión de los servicios municipales y de implementar de manera efectiva políticas públicas que regulen y mitiguen la contaminación del río.
3. Los valores obtenidos para los parámetros físicos fueron: turbidez entre 1.0 y 4.3 NTU, sólidos totales disueltos entre 214 y 424 mg/L, y variaciones de temperatura de -4°C a 4°C. Cabe destacar que estos parámetros no están contemplados en los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua, específicamente en la Categoría 4: Conservación del Medio Acuático, Subcategoría E2: Ríos.

4. Los valores obtenidos para los parámetros químicos fueron: demanda bioquímica de oxígeno entre 0.8 y 5.3 mg O₂/L, nitratos entre 2.25 y 4.47 mg/L, fosfatos entre 0.104 y 5.08 mg/L, y oxígeno disuelto entre 0.01 y 0.11 mg/L. Estos resultados indican que dichos parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles (LMP), ya sea por su ausencia o por su exceso en el cuerpo de agua. En contraste, el pH, con valores entre 7.78 y 8.70, se encuentra dentro de los límites establecidos.
5. El análisis de coliformes fecales arrojó valores entre 920 y 35,000 NMP/10 mL, los cuales superan los límites máximos permisibles (LMP) según la normativa ambiental. Esta contaminación se debe a las descargas de efluentes provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Centro Poblado de Yanamarca y del distrito de Acolla hacia el río Yanamarca.
6. El análisis del ICA-NSF indica que las condiciones del agua no son óptimas para el mantenimiento de la vida acuática. Por ello, se acepta la hipótesis nula, confirmando que la calidad del agua del río Yanamarca es REGULAR.

RECOMENDACIONES

1. Optimizar la operación y el mantenimiento periódico de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado de Yanamarca y del distrito de Acolla, con el objetivo de mejorar su eficiencia en la eliminación de nitratos y fosfatos antes de que los efluentes sean vertidos en el río. Esto garantizará que las descargas cumplan con los estándares ambientales y reduzcan su impacto en la calidad del agua.
2. Monitorear y gestionar los niveles de nueve parámetros (coliformes termotolerantes, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, temperatura, nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto) en el efluente de la planta de tratamiento de las comunidades de Yanamarca y Acolla, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales.
3. Capacitar a los agricultores en prácticas agrícolas responsables, como estrategia clave para fomentar el desarrollo sostenible y preservar los recursos naturales, especialmente el río Yanamarca. La colaboración entre las autoridades locales y la comunidad es esencial para el éxito de esta iniciativa.
4. Realizar un monitoreo anual o semestral de la calidad del agua, así como llevar a cabo campañas de educación y concienciación dirigidas a la comunidad local y a los agricultores, sobre la importancia de preservar el ecosistema acuático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberca Neira, O. (2023). *Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros físicoquímicos y microbiológico, causas y alternativa de solución*, 2020. [Tesis de título, Universidad Católica Sedes Sapientiae].
<https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/1905/Tesis%20-%20Alberca%20Neira%2c%20Olmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua-Perú (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf
- Autoridad Nacional del agua (ANA). (s/f). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE)
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en los efluentes de las lagunas de oxidación situados en la parroquia, Colón, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí en el periodo de marzo a setiembre de 2013*. [Tesis de título, Universidad Técnica de Manabí].
<https://studylib.es/doc/7742731/determinacion-de-solidos-totales--suspendidos>
- Bueno Salcedo, A. (2019). *“Evaluación de la calidad de agua del río Huancachupa, contaminado por descargas de aguas residuales en los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco, junio a agosto – 2019”*. [Tesis de título, Universidad de Huánuco].
<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2961/BUENO%20SALCEDO%2c%20Abigail%20Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brown, R.M., McClellan, N.I., Deininger, R.A. y Tozer, R.G. (1970). A Water Quality Index—Do We Dare. *Water Sewage Works*, 117, pp. 339- 343. [A Water Quality Index—Do We Dare Water Sew Works, 117, 339-343. - References - Scientific Research Publishing \(scirp.org\)](https://www.scirp.org/journal/water-sewage-works)

- Caho Rodríguez, C. A. y López Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Revista Producción + Limpia*, Vol. 12, N° 2, pp. 35–49, 2017; DOI: [10.22507/pml.v12n2a3](https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3)
- Carrillo, E. M., & Lozano, A. M. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult (Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial). Bogotá, Colombia
- Coello, J., Ormaza, R., Déley, A., Recalde, C., y Ríos, A. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocha-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *RIIGEO*, 7(30), pp. 66 - 71. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>
- Connor, R., Cordeiro, A., Koncagul, E., y Uhlenbrook, S. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. https://www.researchgate.net/publication/328928337_The_United_Nations_World_Water_Development_Report_2017_Wastewater_The_Untapped_Resource
- Corcoran, Emily, Christian Nellemann, Elaine Baker, Robert Bos, David Osborn, y Heidi Savelli. (2010). Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development: A Rapid Response.
- De Souza, L.; Ribeiro, L.; Ferreira, C.; Almeida, M.; Gomes, P. (2016). "Environmental land use conflicts in catchments: A major cause of amplified nitrate in river water". *Revista: Science of the Total Environment*
- Encinas Malagón, M. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación. Principios Básicos*. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
- Estrella Montúfar, M. (2021). “Determinación de la calidad de agua en la Cuenca Baja del Río De Paute contrastando parámetros físicoquímicos y biológicos (*Diatomeas Epilíticas*)”. [Tesis de posgrado, Universidad Internacional SEK]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4224/1/Estrella%20Mont%C3%bafar%20%20Mar%c3%ada%20Cristina.pdf>
- Fernández; Chinchay Tuesta, Ady Rosin; Dávila Arenas, Catherine Estefany; Villarreal Serpa, Verónica. Informe de monitoreo ambiental de calidad de agua y sedimento

- realizado en las subcuencas Santiago, Sipchoc y el río Santa, distritos y provincias de Aija y Recuay, departamento de Áncash.
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/1679>.
- Garay Acuña, U., y Quiliche Palacios, S. (2021). Efecto de la descarga de las aguas residuales domésticas de la ciudad de los Baños del Inca sobre el agua del río Chonta, 2021. [Tesis de título, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrego].
<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/2185/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guevara, E. (2016). Transporte y Transformación de Contaminantes en el ambiente y contaminación de las Aguas. ANA.
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3941/ANA0002523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kraemer, F. B., Chagas, C. I., Santanatoglia, O. J., Paz, M., & Moretton, J. (2014). *Biological water contamination in some cattle production fields of Argentina subjected to runoff and erosion. Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(4), 1008–1017.
- Lemus, M., Cabrera, M., y Calmette, X. (2022). Parámetros fisicoquímicos y calidad microbiológica de las aguas del río Yaque Norte, República Dominicana. *The Biologist* (Lima), 20(2), pp.323-330.
<https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/1353/1494>
- León Carrasco, M. (2014). “*Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del Río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA- Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe Cantón Paquisha*”. [Tesis de título, Universidad Central del Ecuador].
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/995d215c-3292-458e-ab96-d74baa370476/content>
- Ley General del Ambiente. Ley N° 28611. (2005), Congreso de la República, El Peruano, Lima.
- Libro Blanco de agua en España (2000) Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Madrid
- Méndez-Zambrano, P., Arcos-Lograño, J., y Cazorla-Vinueza, X. (2020). Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona.

Las Ciencias, 6(2), pp.734 - 746. <https://Dialnet-DeterminacionDelIndiceDeCalidadDelAguaNSFDeIRioCop-7504260>

Miller & Spoolman (2020), Water Resources and Water Pollution

Minaya, R. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vacante. Iquitos. Perú. 2016. [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4690>.

Ministerio del Medio Ambiente. (2000). Libro Blanco del Agua en España. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>

Ministerio del Ambiente. (7 de junio de 2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Ministry of Environment. (2020). Environmental Water Quality Information. https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/en/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_32.aspx

Mora Campos, M. y Tamay Heras, A. (2022). *Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca – Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888>

Orozco, C., Pérez, A., Gonzales, M., Rodríguez, F., y Alfayate, J. (2011). Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química. https://www.academia.edu/84550844/LIBRO_Contaminacion_ambiental_una_vision_desde_la_quimica_2011

Osorio Rivera, M., Carrillo Barahona, W., Negrete Costales, J., Llor Lalvay, X., Riera Guachichulla, (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento (Ecuador)* 6(3), pp. 228-245. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>

Osorio & Zahiró (2010). “Influencia de la temperatura en la solubilidad de gases y minerales en cuerpos de agua”

Paucar Peñaranda, C., Gonzales Carrasco, V., Álvarez Pucha, H., Madrid Celi, B., De Gracia Pérez, C., y Flores acosta, A. (2023). Aplicación del índice de calidad del

- agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador. *Ciencia Latina Internacional*, 7(4), pp. 1264 – 1277.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6953>
- Ramos & Guillermo, (2023), *Análisis comparativo del desempeño del índice ICA-PE y el índice NSF-WQI en el río Locumba* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT.
<https://huajsapata.unap.edu.pe+8alicia.concytec.gob.pe+8repositorio.upt.edu.pe+8>
- Ramos Montesinos y Guillermo Velásquez. (2023). “*Análisis Comparativo del Desempeño del Índice ICA-PE y el Índice WQI-NSF en el Río Locumba*”. [Tesis de título, Universidad Privada de Tacna].
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2759/Guillermo-Velasquez-Ramos-Montesinos.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Roldán Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
cortolima.gov.co+10redalyc.org+10nperci.org+10
- Samboni Ruiz, N., Carvajal Escobar, Y., y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), pp. 172-181.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Sanguil Medina, B. (2022). *Evaluación de la calidad del agua mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF del río Quero, Cantón Quero*. [Tesis de posgrado, Universidad Internacional SEK]
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4580/1/Sanguil%20Medina%20%20Byron%20Sebastian.pdf>
- Sepúlveda, L. (1999). La contaminación ambiental. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34094/libro_la_contaminacion_ambiental.pdf?sequence=3&isAllowed=y pmc.ncbi.nlm.nih.gov+11researchgate.net+11jrpr.com+11
- Soni, H. B., & Thomas, S. (2014). Assessment of surface water quality in relation to water quality index of a tropical lentic environment, Central Gujarat, India. *International Journal of Environment*, 3(1), 168–176.
<https://doi.org/10.3126/ije.v3i1.9952>
- Yogendra & Puttaiah, E.T. (2008) *Determination of Water Quality Index and Suitability of an Urban Water Body in Shimoga Town, Karnataka*. En *Proceedings of the 12th World Lake Conference* (pp. 342–346). Kuvempu University.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DEL ICA-NSF PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YANAMARCA EN EL VALLE DE YANAMARCA, JAUJA - 2024”

PROBLEMAS GENERALES Y ESPECIFICOS	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS	HIPOTESIS GENERAL Y ESPECIFICOS	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO DE INVESTIGACION	METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO
Problema General ¿Cuál es la calidad del agua del río Yanamarca aplicando el ICA-NSF en el valle de Yanamarca, Jauja - 2024? Problemas Específicos - ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos que determinan la calidad del agua del río Yanamarca, Jauja - 2024? - ¿Cuál es la concentración de los parámetros químicos que determinan la calidad del agua del río Yanamarca, Jauja - 2024? - ¿Cuál es la concentración del parámetro microbiológico que determinan la calidad del agua del río Yanamarca, Jauja - 2024?	Objetivo General Determinar la calidad del agua del río Yanamarca, aplicando el ICA-NSF en el valle de Yanamarca, Jauja -2024. Objetivos Específicos -Determinar la concentración de los parámetros físicos en el agua del río Yanamarca, Jauja - 2024. - Determinar la concentración de los parámetros químicos en el agua del río Yanamarca, Jauja - 2024. - Determinar la concentración del parámetro microbiológico en el agua del río Yanamarca, Jauja - 2024.	Hipótesis General La calidad del agua del río Yanamarca aplicando el ICA-NSF en el Valle de Yanamarca, Jauja-2024 es buena. Hipótesis Específicas - La concentración de los parámetros físicos influye en la determinación de la calidad del agua del Río Yanamarca, Jauja-2024. - La concentración de los parámetros químicos influye en la determinación de la calidad del agua del río Yanamarca, Jauja-2024. - La concentración del parámetro microbiológico influye en la determinación de la calidad del agua del río Yanamarca, Jauja-2024.	Variable Independiente ICA-NSF Variable Dependiente Calidad del agua del río Yanamarca	Diseño No experimental Transversal Tipo Descriptivo	Método Cuantitativo Técnicas - Muestreo - Protocolo de monitoreo - Observaciones de campo - Análisis de muestras	Población Cuenca del río Yanamarca Muestra La muestra de agua es 50 litros Tipo de muestreo No probabilístico

FOTOGRAFÍAS

Foto 1: Toma de muestra en el Punto 1



Foto 2: Planta de tratamiento del Centro Poblado de Yanamarca



Foto 3: Vertimiento de agua residual domestica del C.P. de Yanamarca al río de Yanamarca



Foto 4: Toma de muestra del Punto 2



Foto 5: Toma de muestra del Punto 3



Foto 6: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito de Acolla



Foto 7: Tubería de desfogue



Foto 8: Río Yanamarca



Foto 9: Vertimiento de agua residual doméstica al río Yanamarca



Foto 10: Toma de muestra en el punto 4





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2406114A

Cliente	: MELISSA CÓNDOR MISARI
Dirección del cliente	: ---
(&)Usuario	: ---
Lugar de muestreo	: VALLE DE YANAMARCA - JAUJA - PERÚ
N° de orden de trabajo	: 2406023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: ---
Instructivo de muestreo	: ---
Referencia al plan de muestreo	: ---
Número de muestras	: 03
Fecha de recepción	: 09-06-2024
Fecha de inicio y término de ensayo	: 09-06-2024 al 17-06-2024

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(&): Datos proporcionados por el cliente.

Fecha de emisión : 20-06-2024


Paola Del Pilar Becas Visuraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBI 8950


Leonor Lucia Morcocola Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FO
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 986 409 437
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103
LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° 2406111A

Código de laboratorio	2406111A-01			
(&) Identificación de la muestra	P1			
(&) Descripción del punto de muestreo	Tingo Paccha			
(&) Fecha y hora de muestreo	07-06-2024 16:13			
(&) Ubicación geográfica (WGS-84)	S: 11°39' 141" W: 015°34' 978"			
Tipo de matriz y/o producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	1,5
Nitratos	mg/L	0,017	0,050	3,66
Fosfatos	mg/L	0,024	0,072	0,104
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/ 100mL	1,8	-	1 600
Turbidez	UNT	0,5	1,5	1,8

Nota:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, polietileno ámbar, vidrio ámbar y esterilizado.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(&) Datos proporcionados por el cliente.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Norma de referencia				
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-5210 B, 24th Ed.	Part. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2023	
Nitratos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-NO3- E, 24th Ed.	Part. Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method	2023	
Fosfatos	SMEWW-APHA-4500-P E, 24th Ed.	Part. Phosphorus, Ascorbic Acid Method	2023	
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA-9221 E-1, 24th Ed.	Part. Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2023	
Turbidez	SMEWW-APHA-2130 B, 24th Ed.	Part. Turbidity, Nephelometric Method	2023	

Fin del documento

Paola Del Plaz
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8980

Leonor Lucia Morocolla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FG
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2406111A

Cliente	: MELISSA CÓNDOR MISARI
Dirección del cliente	: ---
(&) Usuario	: ---
Lugar de muestreo	: VALLE DE YANAMARCA - JAUJA - PERÚ
N° de orden de trabajo	: 2406023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: ---
Instructivo de muestreo	: ---
Referencia al plan de muestreo	: ---
Número de muestras	: 01
Fecha de recepción	: 08-06-2024
Fecha de inicio y término de ensayo	: 08-06-2024 al 17-06-2024

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(&): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 20-06-2024

Paola Del Pilar Alencas Visumaga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBI- 6950

Leonor Lucía Montecilla Yulo
JEFE DE LABORATORIO DE PQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B. Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2406114A

	Código de laboratorio	2406114A-01	2406114A-02	2406114A-03		
	(A)Identificación de la muestra	P2	P3	P4		
	(B)Descripción del punto de muestreo	Yanamarca	Costado de planta de tratamiento de agua	Salida de planta de tratamiento		
	(C)Fecha y hora de muestreo	08-06-2024 07:47	08-06-2024 08:26	08-06-2024 09:52		
	(D)Ubicación geográfica (WGS-84)	S: 11°42'32.1" W: 075°33'73.7"	S: 11°45'039" W: 075°32'712"	S: 11°45'103" W: 075°32'630"		
	Tipo de matriz y/o producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO				
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	2,8	0,8	5,3
Nitratos	mg/L	0,017	0,050	2,25	3,90	4,47
Fosfatos	mg/L	0,024	0,072	5,06	0,12	1,03
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/ 100mL	1,8	-	350x10 ⁷	920	350x10 ⁷
Turbidez	UNT	0,5	1,5	2,9	1,0	4,3

Nota:

Condición y estado de la Muestra (a) Ensayada (a): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.

La (a) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, polietileno ámbar, vidrio ámbar y esterilizado.

La (a) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(B) Datos proporcionados por el cliente.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Norma de referencia					
Tipo de ensayo	Código			Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- 5210 B, 24th Ed.	AWWA-WEF Part		Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test	2023
Nitratos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-NO3- E, 24th Ed.	Part		Nitrogen (Nitrate): Cadmium Reduction Method	2023
Fosfatos	SMEWW-APHA- 4500-P E, 24th Ed.	AWWA-WEF Part		Phosphorus: Ascorbic Acid Method	2023
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- 6221 E-1, 24th Ed.	AWWA-WEF Part		Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group: Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure: Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2023
Turbidez	SMEWW-APHA- 2130 B, 24th Ed.	AWWA-WEF Part		Turbidity: Nephelometric Method	2023

Fin del documento


Paola Del Pilar
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CG- 6050


Leonor Lucia Montecilla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE RQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082670 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437
Correo: servicios@riabsac.com / serviciosriab@gmail.com / Visítenos en www.riabsac.com

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

I. Aspectos informativos

- Apellidos y nombres del experto: Anibal Isaac Carbajal Leandro
- Institución donde labora: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
- Grado académico: Doctor

II. Aspectos de validación

Título de la tesis: APLICACIÓN DEL ICA-NSF PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO YANAMARCA, EN EL VALLE DE YANAMARCA. JAUJA – 2024”

Indicadores	Criterios	Bajo (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy Buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				2
Objetividad	Las conductas se observan				2
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				2
Organización	Tiene una organización sistemática				2
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				2
Intencionalidad	Valora los aspectos de estudio				2
Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos				2
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				2
Metodología	Cumple con lo exigido				2
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				2
Total					20

Decisión del experto: Aprobado

Cerro de Pasco, 14 de Julio del 2025


Firma del experto
DNI: 08889903
Celular: 954374995

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

I. Aspectos informativos

- Apellidos y nombres del experto: Rómulo Víctor CASTILLO ARELLANO
- Institución donde labora: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
- Grado académico: Doctor

II. Aspectos de validación

Título de la tesis: APLICACIÓN DEL ICA-NSF PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO YANAMARCA, EN EL VALLE DE YANAMARCA. JAUJA – 2024"

Indicadores	Criterios	Bajo (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy Buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				2
Objetividad	Las conductas se observan				2
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				2
Organización	Tiene una organización sistemática				2
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				2
Intencionalidad	Valora los aspectos de estudio				2
Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos				2
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				2
Metodología	Cumple con lo exigido				2
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				2
Total					20

Decisión del experto: Aprobado

Cerro de Pasco, 14 de Julio del 2025


Firma del experto
DNI: 04001492
Celular: 941717778

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

I. Aspectos informativos

- Apellidos y nombres del experto: Liz Ketty BERNALDO FAUSTINO
- Institución donde labora: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
- Grado académico: Doctora

II. Aspectos de validación

Título de la tesis: APLICACIÓN DEL ICA-NSF PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO YANAMARCA, EN EL VALLE DE YANAMARCA. JAUJA – 2024”

Indicadores	Criterios	Bajo (0.5)	Regular (0.8)	Buena (1.3)	Muy Buena (2)
Claridad	Tiene un lenguaje claro y que es entendible				2
Objetividad	Las conductas se observan				2
Actualidad	Actualizado acorde con el desarrollo científico				2
Organización	Tiene una organización sistemática				2
Suficiencia	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				2
Intencionalidad	Valora los aspectos de estudio				2
Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos				2
Coherencia	Entre los índices y las dimensiones				2
Metodología	Cumple con lo exigido				2
Conveniencia	Genera nuevos aspectos en la teoría				2
Total					20

Decisión del experto: Aprobado

Cerro de Pasco, 14 de Julio del 2025



Firma del experto
DNI: 43230175
Celular: 963678494