

Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposo, El Eslabón, 2023**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Neiser Arévalo Saldaña

<https://orcid.org/0000-0002-9173-4223>

**Asesor:**

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

<https://orcid.org/0000-0003-1396-9745>

**Coasesor:**

Ing. M.Sc. Fernando Vásquez Vásquez

<https://orcid.org/0000-0002-9812-8402>

**Moyobamba, Perú**

**2024**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposa, El Eslabón, 2023

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Neiser Arévalo Saldaña

Sustentado y aprobado el 03 de octubre del 2024, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado  
Ing. M.Sc. Mirtha Felicita  
Valverde Vera

Secretario de Jurado  
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres  
Bardález

Vocal de Jurado  
Lic. M.Sc. Roydichan Olano  
Arévalo

Asesor  
Ing. Dr. Yrwin Francisco  
Azabache Liza

Coasesor  
Ing. M.Sc. Fernando Vásquez  
Vásquez

Moyobamba, Perú

2024



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS  
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 034-2024-UNSM/EPIA/UI**

**Jurado reconocido con Resolución N.º 460-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 31 de diciembre de 2021, modificado con Resolución N.º 207-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 30 de junio del 2022.**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 7: 00 horas, del día jueves 03 de octubre del 2024, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023**, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Neiser Arévalo Saldaña**, con la asesoría del **Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera** (Presidente del jurado), **Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález** (Secretario), **Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo** (Vocal) y acompañado por el **Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 301-2023-UNSM/CF/FE, de fecha 25 de julio de 2023**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **Dieciséis (16)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es **APROBATORIA** y correspondiente a la calificación de **BUENO**. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las **8:45** horas, el mismo día 3 de octubre del 2024.

Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera  
**Presidente de Jurado**

Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález  
**Secretario de Jurado**

Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo  
**Vocal del Jurado**

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza  
**Asesor**

Neiser Arevalo Saldaña  
**Autor**

## Declaratoria de autenticidad

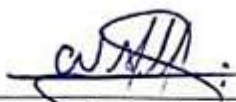
**Neiser Arévalo Saldaña**, con DNI N° 74402621, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposo, El Eslabón, 2023.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados; por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 03 de octubre del 2024.



**Neiser Arévalo Saldaña**  
DNI N° 74402621



## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b></p> <p>Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ciencia y Tecnología ambiental</p> <p><b>Línea de investigación:</b> Saneamiento ambiental</p> <p><b>Sublínea de investigación:</b> Tratamiento del agua</p> <p><b>Grupo de investigación:</b> Tecnologías de tratamiento del agua. Resolución N°251-2022-UNSM/CFT/FE</p> <p><b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b></p> <p>Neiser Arévalo Saldaña</p>	<p>Facultad de Ecología          Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  <a href="https://orcid.org/0000-0002-9173-4223">https://orcid.org/0000-0002-9173-4223</a></p>
<p><b>Asesor:</b></p> <p>Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b></p> <p>Facultad de Ecología          Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria          Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria  <a href="https://orcid.org/0000-0003-1396-9745">https://orcid.org/0000-0003-1396-9745</a></p>
<p><b>Coasesor:</b></p> <p>Ing. M. Sc. Fernando Vásquez Vásquez</p>	<p><b>Contraparte científica:</b></p> <p>Facultad o Institución: Universidad Nacional de San Martín          Unidad o Laboratorio: Ingeniería Civil          País: Perú  <a href="https://orcid.org/0000-0002-9812-8402">https://orcid.org/0000-0002-9812-8402</a></p>

## **Dedicatoria**

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico de todo corazón mi Tesis a mis padres, Francisca y Fernando, pues sin ellos no hubiera sido posible y no lo hubiera logrado. Por el gran esfuerzo y soporte incondicional que me brindan cada día y por forjar de mí, una persona de bien y un gran profesional.

A mi instructor, Ing. Wheeler José Cruz Chavarry, por orientarme, apoyarme y enseñarme lo tan valioso, hermoso y basto que es el mundo de la investigación.

A mi prima, mi segunda madre, María Paquita Rengifo Saldaña y su esposo Manuel Antonio Aldaz Camizán, por el apoyo moral, por siempre estar predispuestos ante cualquier circunstancia o adversidad que se me presentaba y por estar permanentemente pendiente de mi formación académica.

A mi abuelita, Paquita Saldaña Vásquez, desde el cielo, que siempre quiso verme como un profesional en ingeniería, por inspirarme y ser un gran motor para lograr este gran sueño.

A mi amada Facultad de Ecología – Moyobamba, mi Alma Mater, donde pase experiencias buenas y malas académicamente y personales, y de manera especial a mis compañeros y amigos que logre conocer, motivándoles a hacer realidad sus anhelos y que sigamos contribuyendo al crecimiento y mejora de nuestra Facultad.

## Agradecimientos

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi Universidad, siempre estuvo presente ante cada adversidad que se presentaba y por iluminarme hacia el buen camino para lograr esta etapa.

A mis amados padres, Francisca y Fernando, por haber sido pilares fundamentales a lo largo de este camino. Su constante respaldo, confianza y motivación en cada paso y decisión que tomé hicieron posible alcanzar esta meta profesional.

A mi instructor, Ing. Wheeler José Cruz Chavarry, por extenderme la mano y poder hacer realidad este proceso, por sus pautas y enseñanzas para lograr esta meta.

A mi segunda madre, María Paquita Rengifo Saldaña y su esposo Manuel Antonio Aldaz Camizán, que son muy especiales desde el inicio y culminación de este proceso, por abrir ese espacio, estar siempre presente y al pendiente en cada momento de mi persona durante mi formación y por el tiempo de compartir momentos conmigo en esta etapa de mi vida.

A la UNSM, agradezco profundamente a todos los docentes y amigos que contribuyeron en mi formación académica y fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

A mi asesor de la UNSM – FECOL, Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, por el soporte, apoyo, aporte metodológico y técnico, que fueron muy fundamentales desde el inicio del Proyecto de Investigación hasta el proceso de la ejecución.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Fundamentos teóricos .....	22
2.2.1. Agua .....	22
2.2.2. Contaminación de agua por aguas residuales .....	22
2.2.3. Clasificación de aguas residuales .....	23
2.2.4. Situación del tratamiento de aguas residuales en el Perú. ....	25
2.2.5. Calidad de agua.....	25
2.2.6. Parámetros de calidad de agua .....	26
2.2.7. Fuentes de contaminación de agua .....	30
2.2.8. Instrumentos de Gestión Ambiental .....	31
2.2.9. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua .....	32
2.2.10. Índice de Calidad del agua (ICA).....	33
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	34
3.1.1 . Contexto de la investigación .....	34
3.1.2 . Periodo de ejecución .....	34
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	35
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad .....	35
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales .....	35

	10
3.2. Sistema de variables .....	36
3.3 Procedimientos de la investigación.....	37
3.3.1 Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa .....	37
3.3.2 Evaluación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAS....	44
3.3.3 Cálculo del Índice de calidad de agua aplicando la metodología del ANA	45
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1 Evaluación la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa .....	47
4.2 Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs.....	53
4.3 Determinación del Índice de calidad de agua .....	58
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS .....	75

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Descripción de variables por objetivo específico</i> .....	36
Tabla 2 <i>Identificación de los puntos de muestreo</i> .....	40
Tabla 3 <i>ECA para agua de categoría 3</i> .....	45
Tabla 4 <i>Calificación ICA - PE</i> .....	46
Tabla 5 <i>Resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos</i> .....	47
Tabla 6 <i>Comparativo de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs</i> .....	53
Tabla 7 <i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAs. (A) pH. (B) Oxígeno disuelto. (C) Temperatura. (D) Color. (E) Conductividad. (F) Demanda Química de Oxígeno</i> .....	55
Tabla 8 <i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAs. (A) Demanda biológica de oxígeno (DBO5). (B) Manganeseo. (C) Hierro. (D) Nitritos. (E) Nitritos + Nitratos</i> .....	56
Tabla 9 <i>Valores del monitoreo evaluados con el ECA Cat. 3 (D1 y D2)</i> .....	58
Tabla 10 <i>Cálculo de los factores y valores del ICA - PE</i> .....	59

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Desmalezado y limpieza de los puntos para el muestreo.....</i>	38
Figura 2 <i>Rotulado de la muestra.....</i>	39
Figura 3 <i>Vista fotográfica del punto de muestreo en la emisión e inmisión de vertimientos domésticos en el Río Saposoa. ....</i>	40
Figura 4 <i>Medición de parámetros de campo.....</i>	41
Figura 5 <i>Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del Río Saposoa, sector El Eslabón. (A) pH. (B) Oxígeno disuelto. (C) Temperatura. (D) Color. (E) Conductividad. (F) Demanda Química de Oxígeno. ....</i>	49
Figura 6 <i>Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del Río Saposoa, sector El Eslabón. (A) Demanda biológica de oxígeno (DBO5). (B) Manganeseo. (C) Hierro. (D) Nitritos. (E) Nitratos. (F) Nitritos + Nitratos.....</i>	50

## RESUMEN

### Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023

El recurso hídrico, vital para la existencia, se ve amenazado por la descarga de aguas residuales sin tratamiento a nivel mundial. En San Martín, la contaminación de ríos, impulsada por vertimientos domésticos, afecta la salud y recursos hídricos. El río Saposoa muestra alta contaminación por estas descargas. El propósito principal de este estudio fue determinar cómo los vertimientos de aguas residuales alteran las características fisicoquímicas del agua en el río Saposoa, ubicado en El Eslabón. El trabajo investigativo fue realizado en el distrito de El Eslabón, provincia de Huallaga, teniendo un promedio de ejecución de 7 meses (junio 2023 a febrero 2024). Las actividades y tareas operativas implicadas en el desarrollo de la caracterización fisicoquímica, iniciando con la coordinación en gabinete para luego realizar la toma de muestras acorde a la metodología propuesta en el punto 6 del "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" (ANA, 2016). Se examinaron los siguientes parámetros físicoquímicos: el nivel de acidez (pH), la conductividad eléctrica, la temperatura del agua, la concentración de Oxígeno Disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días ( $DBO_5$ ), el color del agua, los niveles de nitritos, la presencia de hierro, la Demanda Química de Oxígeno (DQO), manganeso, y nitratos + nitritos. Los resultados fueron comparados con los ECAs Cat III (D1 y D2). Para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE), se empleó la metodología proporcionada por la ANA. Los resultados evidenciaron niveles elevados en el punto de emisión (P3 - C), ya que ha mostrado una carga significativa de contaminantes orgánicos, señalando un impacto directo de los vertimientos domésticos en la calidad del agua. En la comparación de los resultados con los ECAs, parámetros como Oxígeno Disuelto (mg/L), Color (UPC),  $DBO_5$  (mg/L) y DQO (mg/L) (Excepto P2 - B) no cumplieron con el ECA. Aunque los parámetros ya mencionados no cumplieron con los ECAs, la presencia de contaminantes orgánicos y elevados niveles de color sugieren impactos antropogénicos significativos, especialmente en el punto de emisión. La evaluación del ICA - PE en el río Saposoa sector El Eslabón obtuvieron una clasificación de "Regular" en los cuatro puntos evaluados, destacando la degradación en el punto de emisión. Finalmente, se determina que las emisiones de aguas residuales provenientes de viviendas generan un impacto negativo en la calidad del agua del río Saposoa, habiendo demasiada influencia en el punto de emisión, sugiriendo una intervención inmediata.

**Palabras clave:** Calidad, agua, contaminación, Saposoa.

## ABSTRACT

Influence of domestic wastewater discharge on the physicochemical water quality of the Saposoa River, El Eslabón, 2023.

Water resources, vital to life, are threatened by the discharge of untreated wastewater worldwide. In the San Martín region, river contamination, driven by domestic discharges, affects health and water resources. The Saposoa River shows high contamination from these discharges. The main purpose of this study was to determine how residential water discharges alter the physicochemical characteristics of the water in the Saposoa River, located in El Eslabón. The investigative work was carried out in the district of El Eslabón, province of Huallaga, with an average duration of 7 months (June 2023 to February 2024). The activities and operational tasks involved in the development of the physicochemical characterization, starting with the office coordination to then perform the sampling according to the methodology proposed in point 6 of the “National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources” (ANA, 2016). The following physicochemical parameters were examined: acidity level (pH), electrical conductivity, water temperature, dissolved oxygen (DO) concentration, five-day biochemical oxygen demand (BOD5), water color, nitrite levels, presence of iron, chemical oxygen demand (COD), manganese, and nitrate+nitrite. The results were compared with the Cat III WQS (D1 and D2). The methodology provided by ANA was used to calculate the Water Quality Index (ICA-PE). The results showed high levels at the emission point (P3 - C), since it has shown a significant load of organic pollutants, indicating a direct impact of domestic discharges on water quality. In the comparison of the results with the WQS, parameters such as Dissolved Oxygen (mg/L), Color (UPC), BOD5 (mg/L) and COD (mg/L) (Except P2 - B) did not comply with the WQS. The results showed high levels at the emission point (P3 - C), since it has shown a significant load of organic pollutants, indicating a direct impact of domestic discharges on water quality. In the comparison of the results with the WQS, parameters such as Dissolved Oxygen (mg/L), Color (UPC), BOD5 (mg/L) and COD (mg/L) (Except P2 - B) did not comply with the WQS. Although the aforementioned parameters did not comply with the WQS, the presence of organic pollutants and elevated color levels suggest significant anthropogenic impacts, especially at the point of emission. The evaluation of the ICA - PE in the Saposoa River in the El Eslabón sector obtained a classification of “Regular” in the four points evaluated, highlighting the degradation at the emission point. Finally, it is determined that wastewater emissions from homes generate a negative impact on the water quality of the Saposoa River, having too much influence at the emission point, suggesting immediate intervention.

**Keywords:** Quality, water, contamination, Saposoa.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El líquido elemento es esencial para la vida humana, la biodiversidad, el medio ambiente y su propia preservación, siendo un recurso natural fundamental en el planeta. Además, brinda una serie de servicios y beneficios en general, es imprescindible para la agricultura, la industria y el abastecimiento de la humanidad, por ende, es nuestro deber cuidar de él y conservarlo tanto para nuestro beneficio como para el de las futuras generaciones. Sin embargo, ha sido utilizado insosteniblemente en la vida diaria, alterando su calidad fisicoquímica con diferentes actividades, a través de vertimientos de origen doméstico, industrial, mineros, entre otros (Anantha et al., 2021).

A nivel global el 80 % de todos los efluentes residuales son vertidos a las fuentes de agua sin algún tratamiento, el Banco Mundial manifiesta que estas aguas son vistas como una carga (Kumar et al., 2020), una de las causas de esta grave contaminación es el crecimiento poblacional, donde cada residuo producto de sus actividades humanas acaban terminando en fuentes de agua, tales como ríos, lagos, lagunas, entre otras (Vasquez, 2017).

En la actualidad, nos enfrentamos a un grande problema, la contaminación de las fuentes hídricas con efluentes residuales de origen doméstico, esto se ha ido incremento por diferentes factores, uno de ellos es por el crecimiento poblacional, mencionado anteriormente, desafortunadamente en su mayoría se dan por acentuarse cerca de los ríos, convirtiéndolos en receptores de agua residual y causando el aumento del volumen de desperdicios tanto orgánicos e inorgánicos, esta clase de desechos son perjudiciales debido a sus elevados contenidos de materia orgánica y microorganismos, provocando la contaminación de agua para consumo, una alteración en el hábitat (Dunca , 2018).

La población del Perú vierte sus aguas residuales a fuentes de agua, tales como ríos, lagos, lagunas, etc., lo que causa graves problemas ambientales tanto en el aire agua como en el suelo. Por otro lado, la problemática de la contaminación de fuentes hídricas por aguas residuales domésticas, respecto a su tratamiento, está relacionada con la cobertura de las empresas presentes hoy en día en Perú (OEFA [Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental], 2020).

En el departamento de San Martín, advirtieron a la población sobre la contaminación de sus ríos, una de las principales causas de este daño ambiental es la cercanía de las zonas urbanas a esta fuente hídrica, durante la pandemia las cifras de contaminación bajaron, pero después de su reactivación tanto económica como social, fue en aumento.

La contaminación en esta región es causada principalmente por efluentes residuales domiciliarias, por actividades como la lavandería, vertimientos de grasa, entre otras actividades (Keller et al., 2019). En una reciente festividad (San Juan) a las orillas del río, con fines recreativos y económicos, causó una grave contaminación en la fuente hídrica (Guzmán et al., 2021)

En San Martín la gran mayoría del agua dulce, son aguas duras con un alto nivel de minerales que al consumir sin darle un adecuado tratamiento a la larga afecta la salud de la humanidad. En nuestra región existen cuerpos de agua que son aprovechados por el hombre, destacando que en el distrito de El Eslabón, el río Saposo es un cuerpo de agua muy popular y que la zona en estudio será por el sector La Granja, a unos 2km aproximadamente del distrito; donde las personas más alejadas y que no gozan de los servicios básicos como el líquido elemento lo usan para su consumo y diferentes fines y también las demás personas lo aprovechan en tiempos de carencia de agua debido a los cortes causados por fenómenos naturales.

El efluente de aguas residuales domésticas en cuerpos de agua es un problema ambiental recurrente en muchas zonas rurales y urbanas de Perú. En la jurisdicción de El Eslabón, ubicada en la provincia de Huallaga, dentro del departamento de San Martín, se ha identificado que las aguas residuales domésticas se descargan directamente en el río Saposo sin tratamiento previo, lo que puede generar impactos negativos en su calidad fisicoquímica. Este fenómeno plantea interrogantes sobre el estado actual del río y sobre las posibles consecuencias de estos vertimientos en los parámetros que determinan la calidad del agua. A partir de esta problemática, surge la pregunta de investigación que guía este estudio: ¿De qué manera impacta el vertido de aguas residuales domésticas en las características fisicoquímicas del agua del río Saposo, ubicado en el distrito de El Eslabón?

La hipótesis presentada en este estudio postula que el vertimiento de aguas residenciales afecta de forma perjudicial los parámetros fisicoquímicos del río Saposo, ubicado en el distrito de El Eslabón. Esta afirmación se basa en la suposición de que los vertimientos no controlados alteran los parámetros de calidad del agua, como el pH, el oxígeno disuelto, la turbidez, entre otros, posiblemente llevándolos a niveles que superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS). El propósito principal de esta investigación es examinar los efectos provocados por la descarga de aguas residenciales en la calidad fisicoquímica del agua del río Saposo en el distrito de El Eslabón, 2023.

Con el fin de alcanzar este objetivo general, se plantearon tres objetivos específicos. El primero consiste en evaluar la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa en distintos puntos del distrito de El Eslabón. El segundo objetivo busca comparar los parámetros fisicoquímicos obtenidos con los valores de referencia establecidos por los ECAS para cuerpos de agua en Perú. Finalmente, el tercer objetivo tiene como propósito determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) aplicando la metodología de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de Perú, lo que permitirá obtener una visión integral del estado del agua y de los efectos del vertimiento de aguas residuales.

El estudio se realizó en el afluente Saposoa, específicamente en el trayecto que atraviesa al distrito de El Eslabón. Este distrito se caracteriza por su actividad agrícola y ganadera, lo que incrementa la presión sobre sus recursos hídricos. El río Saposoa es una fuente crucial de agua para las actividades cotidianas de la comunidad local, sin embargo, la falta de un sistema apropiado para el tratamiento de aguas residuales ha convertido este cuerpo de agua en receptor de efluentes domésticos. Para evaluar el impacto de estos vertimientos, se seleccionaron cuatro puntos de muestreo estratégicos a lo largo del río. El primero se ubicó aguas arriba, a 100 metros antes del punto de emisión de las aguas residuales, denominado P1-A. El segundo punto, identificado como P2-B, corresponde al lugar de mezcla entre el agua residual vertida y el río (punto de inmisión). El tercer punto, P3-C, se localiza directamente en el sitio de emisión o descarga de las aguas residuales. Finalmente, el cuarto punto, P4-D, se situó a 100 metros aguas abajo del punto de emisión.

A través del análisis de estos cuatro puntos, se espera obtener una visión clara de cómo los vertimientos impactan la calidad fisicoquímica del río Saposoa. Los resultados permitirán determinar si existen variaciones significativas entre las muestras y en qué medida los parámetros fisicoquímicos se alejan de los estándares nacionales, proporcionando información clave para la gestión de los recursos hídricos en la región.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes internacionales**

Ramprasad et al. (2021) en su indagación “Evaluación de la calidad del agua de los ríos Cauvery y Vaiga aguas arriba y aguas abajo: Impacto de los efluentes domésticos e industriales”, tuvieron como objetivo evaluar la composición del agua de los ríos Cauvery y Vaigai en el sur de la India, ante la influencia de la urbanización e industrialización. Recolectaron muestras aguas arriba y aguas abajo de dos localidades, empleando análisis fisicoquímicos y de metales pesados. En el río Cauvery, las concentraciones de varios parámetros superaron los estándares establecidos por la Oficina de Normas Indias, tanto aguas arriba como aguas abajo. Lo mismo ocurrió en el río Vaigai. Los resultados indican una necesidad de tratamiento del agua antes de su uso para consumo humano, riego y aplicaciones industriales, recomendando procesos de filtración, coagulación y membranas avanzadas.

Esquivel y Lacayo (2020) evaluaron el impacto de las aguas residuales domésticas y semi industriales en la calidad físico-química del río Chiquito, León, Nicaragua, desde mayo de 2016 hasta enero de 2017. El estudio se llevó a cabo en dos puntos del río, aguas arriba y aguas abajo, durante las épocas de lluvia y seca. Se analizaron 15 parámetros físico-químicos y 12 elementos, incluidos metales y metaloides, comparándolos con normas nacionales e internacionales. Utilizando el software WQI 1.2, calcularon el Índice de Calidad del Agua (CWQI). Los resultados indicaron niveles elevados de contaminantes como sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y metales, con clasificaciones de calidad del agua que variaron de marginal a regular (aguas arriba) y pobre (aguas abajo). Ambos puntos fueron considerados contaminados, con un alto nivel de materia orgánica, especialmente de aguas residuales y de tenerías, y una mayor toxicidad debido al cromo hexavalente en el área.

Bozada (2020) en su investigación titulada “Contaminación de los ríos por aguas residuales en la zona urbana de Santo Domingo: Impacto ambiental y perspectivas constitucionales”, tuvo como objetivo explorar la contaminación de los ríos debido a las aguas residuales en la zona urbana de Santo Domingo, Ecuador, con el objetivo de comprender las consecuencias de esta problemática para la salud pública y el medio ambiente. Utilizando métodos de recopilación de información y análisis legislativo, se examinaron los derechos ambientales contemplados en la legislación nacional e

internacional, así como los derechos a la Naturaleza y del Buen Vivir establecidos en la Constitución ecuatoriana. Se identificaron los ríos contaminados y las personas afectadas por enfermedades asociadas, revelando la conexión entre la contaminación y sus efectos en el entorno. Se concluyó la importancia de abordar urgentemente la contaminación de los ríos como una preocupación seria, destacando la necesidad de cumplir con los principios constitucionales para garantizar la seguridad del medio ambiente y la salud de los pobladores, y así lograr una convivencia saludable y sostenible.

Guemmaz et al. (2019) hicieron un estudio sobre la propiedad físicoquímica y bacteriológica del agua en los Wadis de Biskra, en el noreste de Argelia, con el objetivo de determinar el impacto de los efluentes de aguas residuales de la ciudad en estos sistemas acuáticos. Se recolectaron muestras de agua mensualmente de tres Wadis diferentes y se realizaron análisis para determinar parámetros físicoquímicos y de calidad bacteriana. Los resultados mostraron que los parámetros físicoquímicos superaron los límites aceptables según los estándares de la FAO y la OMS. Además, se observó una carga significativa de contaminación bacteriana que excedió los estándares de la OMS. Se concluyó que la descarga de aguas residuales no tratadas representa un riesgo potencial de contaminación con graves problemas de salud y ambientales, destacando la necesidad urgente de un procedimiento adecuado del agua antes de su descarga para prevenir la contaminación y degradación de los ecosistemas acuáticos.

Santacruz (2019) llevó a cabo un estudio de la cualidad del agua en la franja baja y media de la quebrada Miraflores en Pasto-Nariño, con el fin de abordar los destacados problemas de contaminación ambiental derivados de los efluentes de aguas residuales domésticas e industriales no tratadas. Se realizaron 2 ocasiones de obtención de muestras en 16 puntos previamente identificados, con análisis físicoquímicos y microbiológicos. Se tiene como resultados que existe una alteración progresivo en la calidad del agua conforme era afectada por las descargas contaminantes, clasificándola como "muy mala" y "mala" según el Índice de Calidad del Agua (ICA). Las variables que más influyeron fueron la presencia de patógenos y material particulado. Se concluyó recomendando la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona rural para mejorar la calidad del agua en la quebrada Miraflores y abordar los problemas de contaminación ambiental.

### **Antecedentes nacionales**

Rodríguez (2022) en su informe de indagación con título "Influencia del vertimiento de las aguas residuales domesticas en la calidad del agua del Rio Chuyapi - distrito Santa

Ana, 2021”, investigó el efecto de la descarga de aguas residuales domésticas en las propiedades del agua del río Chuyapi, en el distrito de Santa Ana, durante 2021. Se realizaron análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en dos temporadas (verano e invierno) y en cuatro campañas (río arriba, río abajo y vertimiento). Las respuestas mostraron que los coliformes termotolerantes, la  $DBO_5$  y los niveles de fósforo superaron los ECAs y los LMPs para la liberación de aguas residuales, particularmente en temporadas de precipitaciones. En conclusión, la descarga de aguas residuales domésticas ha tenido un efecto negativo en la calidad del agua del río Chuyapi, resaltando la necesidad urgente de implementar medidas de tratamiento de aguas residuales para mitigar la contaminación y preservar la calidad del río en Santa Ana.

Bueno (2021) realizó un estudio de las características del agua del río Huancachupa, afectado por descargas de aguas residuales de los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca en Huánuco, durante junio a agosto de 2019. Se realizaron muestreos en diferentes puntos del río y se compararon los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). Si bien los valores registrados excedieron los ECA, permanecieron dentro de los LMP. Se demostró una correlación significativa entre las bondades del agua y las descargas de aguas contaminadas mediante el estadístico de prueba T-Student para muestras relacionadas. La investigación concluyó que el río Huancachupa presenta niveles de contaminación que superan los ECA, estableciendo una relación directa con las descargas de aguas residuales de los distritos mencionados. Se resalta la necesidad de implementar medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua en este cuerpo de agua.

Castillo y Quispe (2019) evaluaron la calidad del río Chonta en el Distrito de Baños del Inca, Cajamarca, centrándose en la influencia de la falta de tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en dos puntos de monitoreo: uno cercano a descargas urbanas y otro en las afueras con descargas industriales lácteas. Se evaluaron parámetros como  $DBO_5$ , DQO, coliformes termotolerantes y pH, comparando los hallazgos con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) actuales. Se finiquitó que el agua de ambos sitios de muestreo no es apta ni para la irrigación de vegetales ni para el consumo por parte de animales, ya que excedió los límites establecidos por la normativa vigente. Los parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites aceptables, sin embargo, se observó que el pH superaba los valores permitidos en la Zona 1 durante ciertos meses del estudio. Se destacó el riesgo de realizar trabajos agrarios y pecuarias

con esta clase de aguas debido a la contaminación del río Chonta, principalmente por la falta de tratamiento de aguas residuales en la subcuenca.

Cusiche y Miranda (2019) investigaron el impacto de las aguas residuales en el lago Junín, considerando la contaminación como una de las principales dificultades ambientales en el Perú. El estudio abordó el efecto antropogénico sobre la preservación y sostenibilidad del medio ambiente y la diversidad biológica del lago, especialmente debido a actividades productivas y descargas de aguas residuales de diversas fuentes. Se llevó a cabo un estudio descriptivo con un diseño longitudinal de 2015 a 2017, realizando análisis fisicoquímicos y bacteriológicos durante dos épocas de muestreo (lluvia y estiaje). Los resultados revelaron que la  $DBO_5$  excedió los límites máximos permitidos, clasificando las aguas como de mala calidad, especialmente durante el estiaje. Se determinó que los vertimientos de aguas septicas constituyen un agente contaminante con capacidad perjudicial hacia la vida hídrica, lo que afecta a especies endémicas y al ecosistema en su conjunto. La investigación concluyó que la presencia de aguas residuales afecta de forma importante la calidad del agua en el lago Junín, como en la vida acuática y la biodiversidad, subrayando la urgencia de abordar las prácticas contaminantes y tomar medidas para preservar la integridad del ecosistema del lago Junín.

Infante (2019) evaluó el impacto del vertimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad del río Cajamarquino, en Llacanora, Cajamarca, durante 2017. El estudio se basó en el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en dos estaciones del año (seca y lluvia) y en tres puntos (aguas arriba, aguas abajo y vertimiento), con 63 muestras por temporada desde septiembre hasta noviembre. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua y se analizaron tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental y los límites permisibles establecidos oficialmente. Los resultados mostraron que los niveles de aceites y grasas y coliformes termotolerantes en las muestras del vertimiento y aguas abajo excedieron significativamente los valores permisibles, indicando una afectación en la calidad del agua del río.

### **Antecedentes locales**

Díaz (2018) investigó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la Quebrada Chupishiña, con el objetivo de evaluar su idoneidad para el riego de vegetales y la bebida de animales. Se dio inicio un monitoreo en dos temporadas, durante la época de avenida y la de estiaje, en tres puntos de monitoreo seleccionados. Obteniendo como resultados que, durante la época de avenida, se mostraron que los parámetros

fisicoquímicos cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), excepto el oxígeno disuelto en los tres puntos. En la época de estiaje, fue solo el mercurio que excedió el parámetro de los ECA. Respecto a los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* no cumplieron con los ECA, pero sí los huevos de helmintos. Concluyó que, aunque la calidad del agua cumplió con los estándares fisicoquímicos en el transcurso de la época de invierno, en el periodo de verano hubo contaminación por mercurio y aparición de contaminantes microbiológicos, haciendo que el agua sea inadecuada para la utilización de peligro de vegetales y bebida de animales, según los estándares de calidad ambiental establecidos.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Agua**

El abastecimiento del líquido elemento es un medio natural vital que resulta esencial para el progreso social y económico de cada estado. El aseguramiento de la constante integración social y la disminución de la pobreza es posible debido en parte al aspecto como la distribución y disponibilidad de agua. En este contexto, numerosos hogares en todo el globo carecen de un suministro eficiente de este recurso para preservar su salud. Los diversos usos del suelo han contribuido de manera constante al incremento de la presión sobre los niveles de calidad y cantidad de agua destinada al consumo humano. En Costa Rica, el reparto del agua según sus diversos usos no está debidamente estructurada, limitándose a dos instrumentos: el balance hídrico a nivel nacional y la evaluación de todos los efectos de acumulación. No obstante, esta última herramienta ha experimentado una mejora insuficiente en la práctica (Westall y Brack, 2018).

### **2.2.2. Contaminación de agua por aguas residuales**

El término contaminación del agua por aguas residuales hace alusión a la existencia de altas concentraciones de sustancias orgánicas, tanto disueltas como coloidal, con propiedades que reducen, junto con una variedad de elementos inorgánicos que van desde nutrientes hasta sustancias tóxicas y peligrosas. Este residuo proviene de varias fuentes y puede generar efectos negativos contra el bienestar público y en las propiedades del agua. Para abordar este problema, se emplean procesos de tratamiento físico, químico o biológico para reutilizar las aguas residuales. El objetivo es prepararlas y utilizarlas de manera segura y efectiva, buscando alternativas e innovaciones que satisfagan las demandas de actividades económicas y sociales. Este enfoque no solo ayuda a conservar el recurso hídrico, sino que también contribuye a la sostenibilidad

ecológica y cumple con los estándares de calidad necesarios para proteger la salud pública (Cáceres et al. 2017).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2018), Se estima que la mitad de la población mundial se verá perjudicado por la contaminación del agua. Numerosos factores contribuyen en este problema, como la demanda insostenible de recursos hídricos, la administración inadecuada de los medios hídricos y la falta de sistemas de saneamiento adecuados. La sobreexplotación de los recursos hídricos, junto con prácticas inadecuadas de gestión y el insuficiente tratamiento de aguas residuales, contribuyen significativamente a la contaminación del agua. Esta situación tiene graves repercusiones en la salud pública, el medio ambiente y la seguridad alimentaria. Por lo tanto, es crucial implementar políticas y prácticas sostenibles para abordar este desafío global y proporcionar agua segura y potable para todas las poblaciones.

### **2.2.3. Clasificación de aguas residuales**

#### **a. De origen agrícola y ganadero:**

El flujo superficial de agua en las regiones agrícolas, junto con las actividades de crianza y pastoreo de animales, constituyen las fuentes predominantes de aguas residuales de origen agropecuario. Los productos químicos de limpieza con altos niveles de elementos contaminantes utilizados para higienizar establos, pesticidas aplicados por médicos veterinarios y los propios criadores, plaguicidas y abonos utilizados en cultivos agrícolas son algunas de las variedades de contaminantes que se encuentran en estos vertimientos (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

Los responsables de generar estos desechos tienden a verter las aguas residuales en zanjas o canaletas, que eventualmente desembocan en ríos, lo cual genera un alza en la presencia de agentes infecciosos. El proceso de depuración de estas aguas residuales resulta especialmente complicado y costoso debido a la necesidad de eliminar las sustancias no deseadas mediante métodos como la cloración, la exposición a luz ultravioleta o el uso de carbón activado (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

La complejidad del tratamiento hace que sea poco probable implementar sistemas adecuados en zonas rurales, lo que agrava el problema de contaminación. Es fundamental buscar soluciones innovadoras y sostenibles para abordar este desafío y reducir el impacto ambiental y sanitario asociado con las aguas residuales de origen agrícola y ganadero (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

#### **b. De origen industrial:**

Las aguas residuales de origen industrial contienen una variedad de residuos orgánicos, inorgánicos y materiales en suspensión que se generan en procesos industriales y de producción. Estas aguas residuales se caracterizan por sus propiedades físicas, químicas y biológicas distintivas. Entre estas características se incluyen un fuerte y desagradable olor, un color turbio y cambios abruptos en la temperatura (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

Desequilibrios en los ecosistemas locales surgen cuando estas aguas residuales industriales se vierten en cuerpos de agua. En estas aguas residuales contienen niveles elevados de compuestos químicos, como elementos orgánicos en suspensión, metales pesados, y componentes como azufre, metano, sulfuros de hidrógeno y fósforo. Además, se logran observar grados de composición como mercurio y óxido de plata, el último siendo uno de los contaminantes más amenazadores reconocidos (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

Es importante destacar que incluso pequeñas cantidades de mercurio pueden contaminar grandes volúmenes de agua, lo que resalta la gravedad del problema asociado con las aguas residuales industriales. Por lo tanto, la gestión adecuada y el tratamiento efectivo de estas aguas son fundamentales para prevenir daños ambientales y proteger la salud pública (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

### **c. De origen urbano:**

El agua residual urbana es la que más se asocia a la actividad humana; se deriva principalmente de desechos humanos, escurrimientos comerciales y residenciales, así como de infiltraciones pluviales y escurrimientos. Estos vertimientos incluyen diversos tipos de contaminantes, como coliformes fecales, arena, grasas, aceites, objetos de gran tamaño en suspensión, y contaminantes emergentes o prioritarios (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

El tratamiento inadecuado de estas aguas residuales puede dar lugar a una serie de problemas, como el daño de nutrientes y la infección de los recursos hídricos. Además, la presencia de contaminantes fecales supone un riesgo importante para la salud pública, ya que pueden propagar enfermedades y ocasionar dificultades de salubridad a quienes entran en contacto con agua contaminada (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

Por lo tanto, es crucial establecer sistemas de gestión y tratamiento de aguas residuales eficaces en entornos urbanos para proteger el bienestar público y preservar la calidad del agua para las generaciones futuras. Esto incluye la implementación de sistemas de

recolección y tratamiento de aguas residuales adecuados, así como la promoción de prácticas de gestión sostenible del agua en comunidades urbanas (Fibras y Normas de Colombia, 2020).

#### **2.2.4. Situación del tratamiento de aguas residuales en el Perú.**

En el Perú, la etapa del tratamiento de las aguas sépticas presenta importantes desafíos según un estudio desarrollado por Larios et al. (2015) “se estima que aproximadamente el 70% de las aguas residuales carecen de tratamiento, lo que representa un grave problema para la calidad del agua y la salud pública en el país”. Además, un 14% de las 143 plantas de tratamiento de desechos existentes satisfacen con la normativa vigente para su correcto cumplimiento. Esto indica una brecha significativa entre la necesidad real del país de tratamiento de aguas residuales y la infraestructura actualmente existente.

En 2006-2015 en el Plan Nacional de Saneamiento se resalta una pérdida de 948 millones de dólares para abordar adecuadamente esta situación. Hasta el año 2005, el gasto efectuado por los Entes encargadas de brindar servicios de saneamiento (EPS) llegó a los 369 millones de dólares estadounidenses, lo cual indica que es necesario aumentar de manera significativa la infraestructura de tratamiento de aguas residuales in Perú (Larios et al., 2015).

#### **2.2.5. Calidad de agua**

La calidad del agua se refiere al grado en que este recurso cumple con los estándares establecidos en términos físicos, químicos y microbiológicos para su uso seguro y saludable. Los criterios para determinar la calidad del agua son evaluados de acuerdo con la legislación vigente en cada país (Westall y Brack, 2018).

Westall y Brack (2018) define al agua potable como “Aquella agua destinada al consumo general de la población, que no representa riesgos para la salud”. Por otro lado, el agua encaminada al consumo humano incluye comer, beber y las actividades domésticas. Sin embargo, es vital tener en cuenta que el agua destinada al consumo humano no siempre es potable. Es esencial que el agua destinada al consumo humano cumpla con las normas establecidas para proteger la salud pública y la tranquilidad de los pobladores. Esto requiere la implementación de medidas adecuadas de tratamiento y monitoreo para sostener y optimizar la calidad del agua en todos sus usos.

### 2.2.6. Parámetros de calidad de agua

En términos de características fisicoquímicas, la calidad del agua puede ser evaluada mediante una variedad de parámetros. Los principales son el pH, la temperatura (en grados Celsius), la conductividad eléctrica, los niveles de nitritos y nitratos, la concentración de sólidos disueltos, entre otros. El indicador DBO<sub>5</sub>, es importante para evaluar la calidad del agua. Este parámetro indica la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos responsables de descomponer la materia orgánica en el agua. La abundancia de sustancia orgánica en el agua aumentará con el aumento de DBO<sub>5</sub>, lo que podría indicar una mayor contaminación y una menor calidad del agua (Salcido et al., 2017).

El monitoreo de estos parámetros es fundamental para evaluar la calidad del agua y determinar si cumple con los estándares establecidos para su uso seguro y saludable. Esto permite identificar posibles fuentes de contaminación y tomar medidas correctivas para conservar la salud pública y preservar el medio ambiente acuático. En esta investigación se evaluaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad eléctrica, temperatura (parámetros de campo), DBO<sub>5</sub>, DQO, color, nitritos, nitritos + nitratos, hierro, manganeso. A continuación, se detalla todos los parámetros evaluados:

OD: Es un indicador clave para evaluar la calidad de las aguas superficiales, dado que el oxígeno disuelto en el agua tiene su origen tanto en el oxígeno del aire como en los procesos biológicos, especialmente la fotosíntesis, que ocurre en la masa de agua. El oxígeno disuelto se considera un indicador ambiental importante, ya que su medición proporciona información útil sobre la capacidad del cuerpo para recuperar agua y la sostenibilidad de la vida acuática. El nivel de oxígeno disuelto en el agua influye directamente en la salud de las especies acuáticas, ya que muchos de ellos requieren oxígeno para sobrevivir. Deterioro de la calidad del ecosistema acuático en su totalidad y asfixia de los organismos acuáticos pueden resultar de los niveles bajos de oxígeno disuelto (ANA [Autoridad Nacional del Agua], 2018).

Temperatura: es la medida del calor que existe dentro de los cuerpos, indicando el grado de frío o calor que posee un objeto o ambiente (GCFGlobal, 2020). La temperatura es uno de los factores más importantes en relación a la calidad del agua, dado que afecta tanto la química del líquido como las funciones de los organismos acuáticos. California Water Boards (2010), manifiesta que la temperatura del agua tiene un impacto importante en varios aspectos, incluyendo:

- La cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua: la capacidad del agua para retener oxígeno reduce a medida que aumenta la temperatura.
- El pH del agua: la temperatura puede afectar la acidez o alcalinidad del agua.
- La aceleración de fotosíntesis de algas y otras plantas acuáticas: la temperatura afecta la tasa a la que estas plantas pueden producir oxígeno.
- La tasa metabólica de los organismos acuáticos: la temperatura influye en la velocidad a la que los organismos realizan sus procesos metabólicos.
- La susceptibilidad de los organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades: los organismos acuáticos pueden ser más vulnerables a estos factores a ciertas temperaturas.
- Los periodos de reproducción, migración y estivación de los organismos acuáticos: la temperatura del agua puede influir en el comportamiento reproductivo y migratorio de los organismos acuáticos.

Por ende, monitorear la temperatura del agua es esencial para comprender su condición y su impacto en el ecosistema acuático, así como para tratar convenientemente los recursos hídricos y proteger la vida acuática.

Conductividad: se define como su capacidad para llevar a cabo una corriente eléctrica a través de los iones disueltos presentes en ella. Los iones más comunes incluyen sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) con carga positiva, así como cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), carbonato y bicarbonato con carga negativa. Aunque los nitratos y fosfatos no contribuyen significativamente a la conductividad, son importantes desde el punto de vista biológico. La salinidad y la conductividad están estrechamente relacionadas, ya que un aumento en la cantidad de iones disueltos aumenta los valores de ambas. La calidad del agua afecta a menudo las ventas y otras sustancias disueltas, tanto para consumo humano como para el agro. California Water Boards (2010), menciona que “tienen un impacto en la biota acuática, ya que cada organismo tiene una tolerancia única a ciertos grados de conductividad”.

pH: es un indicador del nivel de acidez o alcalinidad del agua, basado en la concentración de iones de hidrógeno. La escala del pH es logarítmica y va de 0 a 14, donde un aumento de una unidad en la escala implica que la concentración de iones de hidrógeno se reduce diez veces. De esta manera, cuando el pH baja, el agua se vuelve más ácida, y cuando aumenta, se vuelve más alcalina o básica. El pH del agua es un parámetro importante que influye en la química del agua y en la salud de los organismos acuáticos (California Water Boards, 2010).

Por lo general, el pH variaba entre 6,5 y 8,5, tomando en cuenta las condiciones de turbulencia y aireación. El valor de pH condiciona la evolución química de numerosos metales, determinando su grado de solubilidad y acceso para los organismos vivos. Por lo tanto, este parámetro es muy importante para medir la calidad del agua (ANA, 2018). La temperatura tiene un impacto directo en el pH del agua; este es un efecto leve pero notable. Por ejemplo, el pH del agua pura es de 7 solamente a 25 grados Celsius. Un aumento de la temperatura provoca una disminución del pH, mientras que una disminución de la temperatura provoca un aumento del pH (HANNA instruments, 2020).

Color: La tonalidad del agua está determinada por la absorción de radiaciones específicas del espectro visible. Aunque la variación no puede ser debida a un único componente, algunos colores particulares, sobre todo en aguas naturales, proporcionan indicios sobre la causa subyacente. El agua pura es prácticamente incolora y solo muestra un tono azulado en recipientes de gran tamaño debido a la dispersión de la luz (Caluña et al., 2018). La medición del color es crucial para evaluar el contenido de materia orgánica natural (MON), como las sustancias húmicas (SH) provenientes de los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en el agua. La presencia de estas sustancias es un factor de riesgo en la generación de subproductos perjudiciales durante el proceso de desinfección del agua, como los trihalometanos (HANNA Instruments, 2019). Además, HANNA Instruments (2018), mencionan que “color del agua también puede estar influenciado por la presencia de ciertos metales como hierro, manganeso y cobre, ya sea en estado disuelto o en suspensión. En la formación del color del agua intervienen diversos factores, como el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados, entre otros”. APHA (1995), acota que “El color puede experimentar cambios en función del pH de la muestra, por lo que, al medir el color, es esencial informar también el pH de la muestra”.

DQO: INDUANALISIS (2019) lo explica como “la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica a través de procesos químicos, convirtiéndola en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Un valor DQO más alto indica un mayor nivel de contaminación del agua”. Es una variable crítica que se puede medir de forma rápida para evaluar la contaminación de los cuerpos de agua naturales debido a la presencia de desechos orgánicos industriales, aguas residuales y emisión de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales que tienen un elevado índice de elementos orgánicos (ANA, 2018). Cuanto mayor sea el valor, peor será la depuración del agua (GRAF, 2020). Se emplea este parámetro para estimar la cantidad de carga orgánica presente en una muestra de agua (OMEGA PERÚ, 2022).

DBO: Esta es la cantidad de oxígeno que se consumen por los microorganismos, en particular por bacterias (anaeróbicas o aeróbicas), hongos y plancton, cuando descomponen las sustancias orgánicas en la muestra. Para medir el nivel de contaminación, utilice este parámetro. La DBO es un proceso biológico que, debido a su naturaleza, es delicado y consume bastante tiempo. El proceso de descomposición se lleva a cabo a una temperatura estándar de 20 °C durante 5 días, y se denomina DBO<sub>5</sub>. En términos generales, a mayor contaminación, mayor será la DBO (INDUANALISIS, 2019). Este parámetro indica la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica de los contaminantes mediante la acción de microorganismos (OMEGA PERÚ, 2022).

Nitratos y nitritos: Los nitritos y nitratos son oxígeno y nitrógeno contenidos en sustancias solubles. El nitrito suele convertirse en nitrato, lo que implica que a veces se pueden detectar cantidades de nitrito en las corrientes subterráneas. Es importante tener en cuenta que los nitratos son fundamentales para el crecimiento de las plantas y están presentes de forma natural en todas las verduras y granos, ya que son una fuente de nitrógeno necesaria para el desarrollo de las plantas (Singler y Bauder, 2015). La concentración de nitritos y nitratos en las vías fluviales naturales es un indicador importante de la calidad del agua. En la superficie y en las plantas superiores se encuentran en gran relación con el ciclo del nitrógeno. Los nitratos pueden aumentar como resultado de la aplicación de fertilizantes, pero también pueden surgir como resultado de la biodegradación del nitrato amoniacal nitrogenado y otros compuestos nitrogenados naturales. Además, los nitritos se utilizan como marcadores de contaminación fecal en fuentes naturales de agua (Cabrera et al., 2003).

Hierro: El hierro es un componente común en la corteza terrestre, aunque normalmente se encuentra en niveles bajos en los cuerpos de agua naturales. El estado y la solubilidad del hierro en estas aguas son afectados por el pH y el potencial redox del entorno acuático. El hierro puede existir en estados de oxidación +2 y +3 en estas condiciones. La existencia de hierro en aguas naturales suele estar relacionada con la geología local y las características propias del entorno (ANA, 2018). El hierro ocupa el cuarto lugar en abundancia en la corteza terrestre, representando aproximadamente el 5% de su composición. Se encuentra comúnmente como un contaminante en el agua potable y, particularmente, en lagos y ríos. A menudo se lo cataloga como un contaminante secundario y suele ser motivo de preocupación más por consideraciones estéticas que por riesgos para la salud (Guzmán K. , 2014).

Manganeso: Mineral que se halla frecuentemente en rocas y suelos, generalmente en forma de oxido e hidróxidos. Su análisis es crucial para realizar un seguimiento de las concentraciones de varios metales que se encuentran en los cuerpos de agua naturales. Este parámetro se elige para garantizar que su presencia sea principalmente de origen natural (ANA, 2018). Carbotecnia (2023), menciona que “su concentración en el agua por lo general es inferior a la del hierro. Su presencia suele estar asociada al hierro o hierro”. A pesar de que el manganeso en el agua rara vez representa un riesgo para la salud de los consumidores, está controlado porque exceder el umbral normativo puede tener un impacto en las propiedades ópticas del agua y en los sistemas de distribución y filtración (Higiene Ambiental, 2023).

### 2.2.7. Fuentes de contaminación de agua

Arriols (2018), referente a los diferentes medios de contaminación de agua manifiesta que “Se pueden identificar diversas fuentes de contaminación, entre las cuales se incluyen las urbanas o sociales, las aguas residuales, las industriales, las agropecuarias, la minería y las naturales”.

Las principales causas de la contaminación del agua son las actividades antropogénicas que causan daños, aunque también pueden tener un impacto en factores naturales. Entre las principales fuentes de contaminación del agua se encuentran:

**Residuos industriales:** Diversos productos químicos y metales pesados se producen por las industrias en su proceso operativo. Estos materiales pueden filtrarse hacia fuentes de agua cercanas y causar contaminación si no se retiran o almacenan adecuadamente. Fuentes de contaminación para las aguas subterráneas pueden provenir de tanques de almacenamiento subterráneos, tales como los que se utilizan para almacenar petróleo y gasolina.

**Aguas residuales o sépticas:** Los desechos resultantes de acciones humanas, junto con los originados por los sectores industrial y agrícola, es posible que estos residuos lleguen a las fuentes hídricas mediante emisiones de instalaciones de tratamiento de aguas residuales y sistemas de alcantarillado autónomos. Si estas aguas residuales no reciben el tratamiento adecuado, pueden contener diferentes tipos de contaminantes, como compuestos químicos, bacterias y virus, lo que representa un posible peligro para el bienestar humano y el medio ambiente.

**Eventos naturales:** Las condiciones meteorológicas extremas como terremotos, tormentas y erupciones volcánicas pueden afectar en la contaminación del agua. La actividad humana puede contribuir indirectamente a la exacerbación de algunos de

estos eventos, como el incremento en la magnitud de las tormentas debido a la variación climática o los deslizamientos de tierra inducidos por el mal uso del suelo. Otros eventos naturales, como las erupciones volcánicas y los terremotos, escapan al control humano. Estos procesos pueden modificar las características de las fuentes hídricas, generando la liberación de sedimentos y la incorporación de químicos, metales tóxicos y diversos agentes contaminantes al agua. Además, pueden ocasionar perjuicios físicos en las infraestructuras de tratamiento de agua, lo que complica la necesidad de un tratamiento adecuado para garantizar la seguridad del usuario.

**Actividades agrícolas:** La aplicación de pesticidas y fertilizantes, junto con las deficiencias en la gestión de los desechos animales, pueden dar lugar a la contaminación del agua por medio del derramamiento y la lixiviación. Cuando llueve en los campos donde se aplicaron pesticidas y fertilizantes, estos elementos químicos pueden ser arrastrados por el agua hacia ríos, arroyos y acuíferos cercanos. Del mismo modo, los desechos animales provenientes de criaderos, lotes de alimentación (engorde intensivo de ganado en corrales) y alquerías pueden contener parásitos, virus y bacterias que, si no se gestionan correctamente, pueden afectar o degradar la calidad de las fuentes hídricas.

**Urbanización:** Conforme las áreas urbanas crecen debido a la construcción y desarrollo de infraestructuras, logran producirse fenómenos de infiltración de sedimentos, los cuales, a su vez, transportan consigo metales pesados, productos químicos y otros contaminantes hacia las fuentes de agua cercanas. El uso amplio de artículos de cuidado personal y productos de limpieza doméstica en áreas urbanas puede provocar un incremento en los niveles de contaminación química en el agua (LGSonic, 2021).

**La minería:** La extracción de minerales y metales de la tierra típicamente involucra un consumo considerable de agua y la expansión urbana conlleva la generación de varios subproductos potencialmente perjudiciales, lo que contribuye a la contaminación del agua. En este desarrollo de extracción, es común la liberación de metales pesados y otros contaminantes en las fuentes de agua adyacentes, lo que constituye un peligro para el bienestar humano y el ambiente.

### **2.2.8. Instrumentos de Gestión Ambiental**

El procedimiento que busca implementar la política ambiental, fundamentado en los valores de la Ley General del Ambiente y sus disposiciones adicionales y regulaciones apropiadas. A través de estos métodos, se espera asegurar el ejercicio del derecho constitucional en un ambiente adecuado y equilibrado, estableciendo una serie de

deberes, incentivos y responsabilidades para las diversas partes involucradas (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2016).

Los Instrumentos de Gestión Ambiental se dividen en correctivos y preventivos. Para obtener la certificación ambiental, las empresas en funcionamiento deben presentar su IGA correctivo ante la autoridad competente, que puede incluir la Declaración de Adecuación Ambiental (DAA), la Declaración Ambiental de Actividades en Curso (DAAC), el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), entre otros documentos. La variedad de estos instrumentos varía según el sector y la magnitud de los impactos ambientales. En el caso de nuevas empresas o proyectos que requieran certificación ambiental debido a sus operaciones, deben presentar un IGA preventivo, que puede incluir la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), el Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIASd) y el Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIAd). Estos instrumentos son esenciales para llevar a cabo sus actividades de manera ambientalmente adecuada (CONSULTEA, 2023).

### **2.2.9. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua**

Según el Ministerio del Ambiente [MINAM] (2017) “en el artículo 3 del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se detallan las categorías que evalúan la calidad ambiental del agua, incluyendo aquella que está relacionada con el tema de investigación”:

La Categoría 3, que abarca el uso de agua para la irrigación de vegetales y el consumo de animales, se desglosa en dos subcategorías. La primera, destinada al riego de cultivos, denominado D1, se divide en aguas para riego no restringido (aplicables a vegetales consumidos crudos, frutas con riego por aspersión que tienen contacto directo con el agua) y restringido (para alimentos que se consumen cocidos o vegetales sujetos a procesos industriales). La segunda subcategoría, designado D2, aborda el uso del agua como fuente de alimento para los animales, específicamente como bebida para ellos.

MINAM (2017), define que “Los ECAs para el agua son marcadores que evalúan la cantidad de elementos, compuestos, factores físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo”. Es importante destacar que estos no implican un peligro sustancial para la salud humana ni para el entorno ambiental.

La tabla de los valores de los ECAs se puede visualizar en el Anexo 5 del presente informe.

### **2.2.10. Índice de Calidad del agua (ICA)**

Según la normativa peruana, la medición de la calidad del agua se realiza mediante la comparativa de los resultados obtenidos de una serie de factores químicos, biológicos y físicos con los estándares determinados en los ECA-Agua, específicamente con base en la distribución de los cuerpos de agua superficial correspondiente. Con este conocimiento, se puede establecer si los criterios se cumplan o no, definiendo de manera precisa los parámetros cruciales y sus respectivas concentraciones. Aunque, la medición actual tiene limitaciones al momento de determinar el rango de calidad del agua en el recurso hidrológico, o sea, si es muy mala, mala, regular, buena o excelente. En esta situación, los ICA materializan como instrumentos matemáticos que combinan datos de diferentes parámetros, posibilitando la transcripción de grandes cantidades de información en uno. En este contexto, los ICA surgen como instrumentos matemáticos que forman datos de diferentes parámetros, facilitando la conversión de notables volúmenes de información en una escala de cálculo único para la evaluación de la calidad del agua.

De esta manera, los ICA se presentan como una herramienta indispensable en la administración de las cualidades de los recursos hídricos, ya que facilitan la transmisión de información precisa sobre la calidad del agua tanto al público en general como a los representantes capacitados. Asimismo, facilitan la detección y el análisis comparativo del estado de calidad del recurso hídrico, así como sus eventuales cambios en el espacio y a lo largo del tiempo. La valoración de la calidad del agua se realiza utilizando una escala que abarca desde 0 hasta 100, en este contexto, 0 representa una calidad extremadamente deficiente, y 100 refleja una calidad excelente. Basándose en lo anterior, este índice ha sido ampliamente adoptado desde su concepción y se emplea en numerosos países. Diversos índices han sido desarrollados y aplicados en diversas investigaciones para evaluar la aptitud del agua para diferentes usos. Cada uno de estos índices presenta sus propias características distintivas y, en general, proporciona resultados satisfactorios en los contextos para los cuales fueron diseñados (ANA, 2018).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

##### **3.1.1. Contexto de la investigación**

En el distrito de El Eslabón, provincia de Huallaga, Departamento de San Martín, se encuentra el río Saposo, abarca una extensión de aproximadamente 122,77 km<sup>2</sup>. Se les considera la ciudad pintoresca ubicada a orillas del río Saposo con 286 msnm. El río Saposo exhibe características de somero, con un ancho promedio de aproximadamente 70 metros. Durante las épocas de crecida, el río Saposo muestra una velocidad de corriente que alcanza los 0,74 m/s, mientras que, en períodos de vaciante, esta velocidad se incrementa notablemente, llegando a alcanzar los 1,756 m/s. Su lecho está mayormente compuesto por material arenoso y pedregoso, especialmente en la parte baja de su curso. Este río sigue un rumbo general de noroeste a sureste y desemboca en el río Huallaga cerca del poblado de Tingo de Saposo. La red de drenaje en la zona, en líneas generales, sigue un patrón pinnado. La cuenca del río cubre una extensión de 192 941.00 hectáreas, lo que representa aproximadamente el 3,83 % del área total de la Región (Maco, 2003).

##### **Ubicación política:**

País	: Perú
Departamento	: San Martín
Provincia	: Huallaga
Distrito	: El Eslabón

##### **Ubicación geográfica:**

Latitud sur	: 7° 01' 21,64" S
Latitud oeste	: 76° 42' 36,24" W
Altitud	: 281 m.s.n.m

El mapa de ubicación se encuentra localizado en el Anexo 02.

##### **3.1.2. Periodo de ejecución**

El estudio tuvo una duración de 7 meses, que abarca a partir del 25/07/2023 hasta el 24/02/2024, con su respectiva aprobación del proyecto de tesis mediante resolución N° 301-2023-UNSM/CF/FE. A partir de ello se empezó a trabajar en el informe de

investigación sobre todos los temas que se pueden realizar en gabinete y posterior a ello se empezó con buscar contactos para la adquisición de los reactivos desde el 24/08/2023 y dichos reactivos estuvieron llegando de la empresa AQA QUIMICA S.A. el 02/11/2023. Después el 01/12/2023 se consiguió los materiales restantes como cooler, gel refrigerante, envases para tomar y transportar las muestras, plumón indeleble, cinta para rotular, los equipos necesarios, entre otros.

Las actividades de campo comenzaron el 11/12/23 con el objetivo de localizar el punto de vertimiento procedente de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas que desemboca en el río. Una vez identificado, se procedió con el desmonte y se proporcionaron las condiciones necesarias en los cuatro puntos de muestreo. El 14/12/2023 se inició el análisis de campo de Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura y conductividad eléctrica y se tomó las muestras de los 04 puntos para llevarlo al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, perteneciente a la Facultad de Ecología de la UNSM Moyobamba y evaluar los demás parámetros como el DQO, Color, Conductividad eléctrica, Nitritos, Nitratos, Hierro y Manganeseo. El 15/12/2023 a primera hora del día se empezó a medir los parámetros y se preparó las muestras en los viales para el DBO<sub>5</sub>, para luego dejarlo incubar, y realizando el último análisis el 20/12/2023 para luego culminar con el informe de tesis de acuerdo a los resultados revisando bibliografías.

### **3.1.3 Autorizaciones y permisos**

Se llevaron a cabo las gestiones administrativas necesarias para obtener la autorización y el consentimiento para utilizar las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Sanitaria en la Facultad de Ecología de la UNSM, Filial Moyobamba, durante la etapa de laboratorio de la investigación.

### **3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

Se respetaron íntegramente las medidas de bioseguridad establecidas por el área de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, Filial Moyobamba.

### **3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales**

El autor declara haber cumplido con los principios éticos relacionados con la integridad y el reconocimiento adecuado de las fuentes de información utilizadas y la correcta citación con la norma vigente que reglamenta la Universidad Nacional de San Martín (UNSM). También se enfatiza la correcta citación y referenciación para garantizar el respeto por los derechos de los autores, prevenir el plagio y las omisiones, mantener la

confiabilidad de la investigación y fomentar el respeto al medio ambiente, la beneficencia y justicia.

### 3.2. Sistema de variables

Los aspectos evaluados en el estudio incluyeron las siguientes variables:

**Variable Independientes (X):** Vertidos de aguas residuales domésticas

**Variable Dependientes (Y):** Calidad fisicoquímica del agua

En la Tabla 1 se detalla la descripción de las variables según cada objetivo específico.

**Tabla 1**

*Descripción de variables por objetivo específico*

<b>Objetivo específico 1: Evaluar la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa, El Eslabón</b>			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Calidad de agua del río Saposoa, El Eslabón	Parámetros físicos:		UPC
	Color		μS/cm
	Conductividad		°C
	Temperatura		
	Parámetros químicos:	Procedimiento indirecto de	mg/L
	DQO	corresponder, por	mg/L
	DBO <sub>5</sub>	medio de las pruebas	mg/L
	Oxígeno disuelto	de laboratorio, fichas	mg/L
	Hierro	de recolección de	mg/L
	Manganeso	datos.	mg/L
Nitritos		mg/L	
Nitritos + Nitratos		Unidad de pH	
pH			
<b>Objetivo específico 2: Analizar la comparación de los parámetros fisicoquímicos con los ECAS.</b>			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)	Parámetros físicos:		UPC
	Color		μS/cm
	Conductividad		°C
	Temperatura		
	Parámetros químicos:	Tablas de	mg/L
	DQO	comparación de los	mg/L
	DBO <sub>5</sub>	parámetros evaluados	mg/L
	Oxígeno disuelto	y los ECAs	mg/L
	Hierro		mg/L
	Manganeso		mg/L
Nitritos		Unidad de pH	
Nitritos + Nitratos			
pH			

---

**Objetivo específico 3: Determinar el Índice de calidad de agua aplicando la metodología del ANA Perú**


---

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
			Escalas numéricas y cualitativas:
Calidad del agua del río Saposoa	“Índice de Calidad de Agua (ICA – PE)”	Fichas de tabulación de datos propuestas por la ANA	90-100: Excelente 75-89 : Bueno 45-74 : Regular 30-44 : Malo 0-29 : Pésimo

---

### 3.3 Procedimientos de la investigación

#### 3.3.1 Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa

El proceso de caracterización fisicoquímica comenzó con la coordinación en gabinete con el asesor, para programar la toma de muestras según lo establecido en el punto 6 del "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". Este paso marcó la iniciación para las actividades y tareas operativas (ANA, 2016).

En ese sentido destacando en un primer momento el aspecto de Recursos Humanos, es fundamental contar con un equipo capacitado en la toma de muestras, así como en su preservación y transporte. También es crucial tener un conocimiento detallado del área de muestreo y de los puntos de acceso pertinentes. Según el protocolo, se requiere un equipo mínimo de dos personas para garantizar una distribución equitativa de las actividades de campo. En esta investigación, participaron 03 personas, de las cuales estaban incluidas el asesor, el tesista y un personal de apoyo para el acondicionamiento.

La planificación del monitoreo se llevó a cabo en una sesión de gabinete, durante la cual se diseñó detalladamente las actividades de monitorización. Esto incluyó la delimitación del área de estudio, la selección de puntos de monitoreo, la identificación de zonas de entrada, la comprobación y lugar de las zonas de muestreo mediante el uso del GPS con registros en sistema UTM. También se determinaron los parámetros que se van a medir en cada lugar, se prepararon los materiales, equipos y reactivos necesarios, se establecieron los formatos de campo y se organizó la logística para el transporte del equipo de trabajo y la evaluación de las muestras. Todo este proceso se resume en las etapas de premonitoreo, monitoreo y posmonitoreo.

Se llevó a cabo un muestreo simple o puntual, también conocido como discreto, en donde se tomaron muestras de una porción específica de agua en puntos predefinidos para su análisis individual. Estas muestras reflejan las circunstancias y peculiaridades

originales del cuerpo de agua en ese lugar, momento y circunstancias particulares en el momento de la recolección. Se tomaron un total de 4 muestras en 4 puntos diferentes: la primera muestra se obtuvo aguas arriba, a 100 metros antes del punto de emisión, identificado como P1-A; la segunda muestra se tomó en el punto de mezcla entre el agua residual vertida y el río (inmisión), denominado P2-B; la tercera muestra se recolectó directamente en el punto de emisión o descarga de agua residual, designado como P3-C; y la cuarta muestra se obtuvo aguas abajo, a 100 metros después del punto de emisión, denominado P4-D.

El monitoreo se llevó a cabo en una única ocasión durante la estación lluviosa, específicamente en el periodo de diciembre, en una sola campaña. Dado que no hubo repeticiones adicionales para emplear pruebas estadísticas, el análisis se realizó únicamente de manera descriptiva.

Los parámetros que se han medido son pH, Temperatura ( $T^{\circ}$ ), Conductividad, Oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), Color, Nitritos, Hierro, Manganeso, Nitratos + Nitritos.

Una vez determinado todo en gabinete, se hizo el reconocimiento del lugar, del entorno, se hizo el desmalezado de todos los puntos, luego se coordinó con el asesor y se quedó una fecha específica para realizar el muestreo (Figura 1). Cuando se realizó la evaluación se contó con todos los equipos de protección personal (EPP) necesarios, donde se rotuló y etiquetó cada muestra.



**Figura 1**  
*Desmalezado y limpieza de los puntos para el muestreo.*

Se recolectaron las muestras de cada punto debidamente etiquetados haciendo uso de marcadores y cinta de embalaje (pegatina blanca), los datos dentro de la etiqueta fueron:

- Apellidos y nombres del solicitante
- Código
- Hora y Fecha
- Tipo de cuerpo de agua
- Apellidos y nombres del responsable
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de muestreo



**Figura 2**  
*Rotulado de la muestra.*

Los lugares de evaluación en el cuerpo de agua receptor fueron seleccionados a distancia del punto de mezcla, tanto aguas arriba como aguas abajo. Comenzando con la toma de muestras aguas arriba, se identificaron áreas ubicadas en el tramo medio del flujo principal, evitando las zonas poco profundas o con aguas estancadas. Los recipientes de recolección fueron manipulados cuidadosamente por la parte inferior del cuello, sumergiéndolos en el agua del río en dirección contraria al flujo. Se recogieron 1000 mL de agua para la medición de todos los parámetros, siguiendo el mismo procedimiento para el muestreo aguas abajo, también fuera del punto de mezcla (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Identificación de los puntos de muestreo*

Puntos	Descripción	Coordenadas (UTM)		Altitud m.s.n.m
		WGS 84		
		Zona Horaria 18 S		
		Este (X)	Norte (Y)	
P1 - A	Aguas arriba	311059	9223519	284
P2 - B	Inmisión	311101	9223395	276
P3 - C	Emisión	311108	9223394	278
P4 - D	Aguas abajo	311154	9223304	277

La toma de muestras en la zona de descarga se realizó inmediatamente antes de que el efluente ingresara al cuerpo receptor. Para propósitos de comparación, se tomó una muestra adicional en el punto donde el efluente entra en contacto con el río, en una superficie circular de 5 m<sup>2</sup> (Figura 3).



**Figura 3**

*Vista fotográfica del punto de muestreo en la emisión e inmisión de vertimientos domésticos en el Río Saposoa.*

Es importante destacar que in situ (medición o parámetros de campo), se evaluaron los siguientes parámetros utilizando los equipos del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología - UNSM Moyobamba: Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad eléctrica, pH y Temperatura. Se tomó 50 mL de agua del río en un vaso de precipitado, previamente enjuagado tres veces con la misma agua de río, para luego empezar con la medición con los equipos OAKTOM pH 450, HACH HQ40d multi y HANNA HI98193 *Dissolved Oxygen*, ingresando la sonda en el interior del vaso de precipitado y esperar un breve momento para obtener el dato que analizan los equipos, para cada medición se lava con agua destilada las sondas (Figura 4).



**Figura 4**  
*Medición de parámetros de campo.*

Las muestras recolectadas fueron transportadas en un cooler con geles refrigerantes para preservar su integridad hasta su análisis en las instalaciones de análisis de la Facultad de Ecología, dentro de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la UNSM – Moyobamba. Con el fin de caracterizar los parámetros fisicoquímicos restantes, se protegieron con material plástico para prevenir alteraciones y deterioro durante el transporte en el cooler. Los parámetros fisicoquímicos analizados incluyeron la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), nitritos, nitratos+nitritos, hierro, manganeso y color. Por último, utilizando registros como las pruebas de laboratorio y fichas de recolección de datos, se determinaron las características fisicoquímicas del agua del río Saposoa.

A continuación, se detalla el procedimiento de cada análisis:

**Color.** En el entorno del laboratorio, se procedió con las cuatro muestras correspondientes a los cuatro puntos bajo investigación. Se transfirieron 10 mL de cada muestra, proveniente de un recipiente de 1L, a un vaso de precipitado con una capacidad de 50 mL. Luego, se vertieron los 10 mL de la muestra desde el vaso de precipitado a una celda de 25 mL. Seguidamente, se prepararon 10 mL de agua destilada en otra celda del mismo tamaño, destinada a ser el blanco, utilizado para fines de comparación. La medición del color se llevó a cabo utilizando el equipo HACH DR 900, comenzando con la celda que contenía el blanco y posteriormente la celda con la muestra. Este proceso se replicó para los puntos restantes, realizando la correspondiente limpieza del vaso de precipitado y las celdas con agua destilada antes de cada nueva medición.

**DQO.** En el laboratorio, al manipular las cuatro muestras obtenidas de los cuatro puntos bajo investigación, se prepararon cinco viales con el reactivo destinado a la medición de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Entre estos viales, uno de ellos se designó como blanco, mientras que los otros cuatro se asignaron a los puntos específicos en estudio. Cada vial fue meticulosamente etiquetado para evitar cualquier posible confusión.

Una vez etiquetados, los viales fueron destapados con precaución, sujetándolos desde la parte superior, y se añadieron con una pipeta graduada 2,5 mL de la muestra correspondiente a cada punto, mientras que al vial designado como blanco se le agregó agua destilada. Es importante señalar que se procedió a limpiar la pipeta graduada con agua destilada antes de tomar cada muestra.

Posteriormente, los viales fueron colocados en el Digestor HACH DRB 200, manteniéndolos a una temperatura constante de 150 °C durante un periodo de 2 horas. Transcurrido este tiempo, se permitió que los viales reposaran aproximadamente durante 1 hora. Una vez completado este periodo, se midió cada vial utilizando el equipo HACH DR900, determinando así la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).** En el entorno del laboratorio, se lleva a cabo la preparación en los Frascos Winkler, los cuales han sido debidamente limpiados con agua destilada, asignando 300 mL a cada uno correspondiente a los distintos puntos en estudio. Seguidamente, se procedió a medir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) utilizando el equipo HANNA HI98193 Dissolved Oxygen, obteniendo así un primer conjunto de resultados.

Posteriormente, se introducen nutrientes o semillas en cada uno de los Frascos Winkler, que se dejan incubar por un periodo de 5 días a una temperatura constante de 20 °C en

el equipo Incu-22 labForce. Durante este tiempo, se monitorea las muestras y al cumplir los 05 días se mide la  $DBO_5$  utilizando el equipo HANNA HI98193 Dissolved Oxygen, permitiendo la comparación de la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos durante la degradación de sustancias orgánicas presentes en la muestra durante los 5 días. Este procedimiento permite contrastar los datos con los resultados obtenidos al inicio. Cabe resaltar para cada medición de las muestras se limpia con agua destilada la sonda.

**Manganeso.** En el laboratorio, se lleva a cabo la manipulación de los envases de 1L que contienen las muestras de los cuatro puntos bajo estudio. Se procede a verter 10 mL de cada muestra en un vaso de precipitado de capacidad de 50 mL, para luego transferir estos 10 mL a una celda de 25 mL. Una vez en la celda, se añade un sachet de ácido ascórbico, agitando ligeramente durante un breve periodo. A continuación, se incorporan 12 gotas del reactivo de cianuro alcalino, seguido de una agitación suave y breve. Finalmente, se agregan 12 gotas de la solución indicadora PAN al 0,1%, agitando nuevamente de manera suave y breve. Simultáneamente, se prepara un blanco utilizando 10 mL de agua destilada en una celda de 25 mL, siguiendo el mismo procedimiento con los reactivos que se emplean para las muestras. Se permite un reposo de 2 minutos antes de medir el contenido de manganeso en el equipo HACH DR900. En este proceso, se coloca primero la celda del blanco y luego la celda con la muestra. Este procedimiento se replica para las demás muestras correspondientes a los puntos restantes, llevando a cabo la limpieza de las celdas y el vaso de precipitado con agua destilada después de cada medición, en preparación para la evaluación de un nuevo punto.

**Hierro.** En el ámbito del laboratorio, se procede con los recipientes de 1L que contienen las muestras de cada uno de los cuatro puntos sujetos a estudio. Se vierten 10 mililitros de cada muestra en un vaso Beaker con capacidad para 50 mL, para luego transferir esos 10 mL a una celda de 10 mL. Acto seguido, se añade un sachet del reactivo de hierro a la celda y se agita brevemente. Se prepara un blanco utilizando otra celda de 10 mL con solo la muestra. La medición de hierro se realiza mediante el equipo HACH DR 1900, colocando inicialmente la celda con el blanco y luego la celda con la muestra. Este procedimiento se replica para los restantes puntos de interés, asegurándose de realizar la limpieza con agua destilada de las celdas y del vaso de precipitado después de cada medición.

**Nitritos.** En el entorno del laboratorio, se lleva a cabo el proceso con los envases de 1L que contienen las muestras de cada uno de los cuatro puntos bajo análisis. Se vierte la

muestra aproximadamente la mitad del vaso de precipitado con capacidad para 50 mL, con el propósito de permitir la extracción de 0,2 mL de la muestra mediante una jeringa tuberculina. A continuación, se extrae cuidadosamente el reactivo para nitrito desde la parte superior del vial, destapándolo para añadir la muestra de la jeringa y agitándolo brevemente. Seguidamente, se procede a rotular el vial y se deja reposar durante 10 minutos antes de realizar la medición del nitrito utilizando el equipo HACH DR 900. Este procedimiento se repite para los demás puntos en estudio, asegurándose de limpiar con agua destilada la jeringa y el vaso de precipitado después de cada medición.

**Nitratos.** En el laboratorio, se procede con los envases de 1L que contienen las muestras de cada uno de los cuatro puntos bajo investigación. Se vierten 10 mililitros de cada muestra en un vaso Beaker con capacidad para 50 mL, transfiriendo luego estos 10 mL a una celda de 25 mL. Una vez realizado este proceso, se agrega un sachet del reactivo destinado a la medición de nitrato, agitándolo suavemente durante un breve periodo. Simultáneamente, se prepara un blanco utilizando 10 mL de agua destilada en una celda de 25 mL, agregándole también el sachet del reactivo correspondiente. A continuación, se establece un temporizador en el equipo HACH DR900 durante 5 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se lleva a cabo la medición: inicialmente, se coloca la celda con el blanco, se retira y se coloca la celda con la muestra, evaluando así el contenido de nitrato.

### **3.3.2 Evaluación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAS**

Después de obtener los resultados de la calidad fisicoquímica mediante los valores de los parámetros analizados, se llevó a cabo la comparación con los ECA para agua, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017 del MINAM. Por otro lado, el Art. 3 del decreto supremo en mención clasifica al río Saposoa en la zona del distrito de El Eslabón como "Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales". Además, de contemplar sus dos subcategorías: i) D1: Riego de vegetales, y ii) D2: Bebida de animales. El método para realizar la comparación será básico, ya que, al construir la tabla comparativa y las figuras, se visualizarán e interpretarán los valores obtenidos en el estudio para determinar si son inferiores o superiores a los establecidos en los ECA para agua de Categoría 3. La Tabla 3 muestra los valores establecidos en los ECA para esta categoría, según los parámetros analizados en la investigación.

**Tabla 3**  
**ECA para agua de categoría 3**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebidas de animales
Color	UPC	100	100
Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500	5 000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15	15
DQO	mg/L	40	40
Hierro	mg/L	5	**
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Nitritos	mg/L	10	10
Nitritos + Nitratos	mg/L	100	100
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
pH	Unidad	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

**Nota.** Extraído del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias"

### 3.3.3 Cálculo del Índice de calidad de agua aplicando la metodología del ANA

Para calcular el Índice de Calidad del Agua, se siguieron los procedimientos descritos en la guía "Metodología para la determinación del ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales", desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2018). Este análisis posibilitará la evaluación de la situación de la calidad del agua, lo cual, a su vez, facilitará una presentación más precisa y un manejo más eficiente de los recursos hídricos.

El ICA-PE se determina a partir de los subíndices calculados. Cada subíndice puede tener un peso diferente según la significación relativa de los componentes en la calidad general del agua. La fórmula general implica sumar los subíndices ponderados. El resultado final, se clasifica en diferentes categorías que van desde "Excelente" hasta "Pésimo". Cada categoría proporciona una indicación visual de la calidad del agua evaluada (Tabla 4).

**Tabla 4**  
**Calificación ICA - PE**

ICA-PE	Calificación	Interpretación
90-100	Excelente	La calidad del agua se mantiene resguardada, sin presencia de riesgos ni deterioro, con condiciones que se aproximan a los niveles naturales o ideales.
75-89	Bueno	La calidad del agua presenta una ligera desviación respecto a su estado natural, aunque aún se encuentra dentro de parámetros aceptables, con posibles amenazas o daños menores.
45-74	Regular	La calidad natural del agua es ocasionalmente comprometida, alejándose con frecuencia de los niveles óptimos, por lo que varios de sus usos requieren tratamiento previo.
30-44	Malo	La calidad del agua no alcanza los estándares establecidos, y con frecuencia presenta condiciones deterioradas o en riesgo, lo que hace necesario su tratamiento para diversos usos.
0-29	Pésimo	La calidad del agua se encuentra consistentemente por debajo de los objetivos establecidos, con condiciones casi siempre deterioradas o en riesgo, lo que exige tratamiento previo para cualquier uso.

La interpretación del ICA-PE ofrece datos relevantes acerca de las condiciones del recurso hídrico.

Dependiendo de la clasificación, se pueden determinar acciones específicas de gestión y acciones destinadas a optimizar la calidad del agua. Los procedimientos de manera detallada, las fórmulas y demás alcances se detallan en el Anexo 05 de presente informe.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Evaluación la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa

El análisis de los parámetros fisicoquímicos en distintos puntos de muestreo a lo largo del río Saposoa proporciona una visión detallada sobre el estado de la calidad del agua en la zona de estudio. A continuación, se presenta un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos:

**Tabla 5**

*Resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos*

Parámetros	Puntos de muestreo			
	P1 - A	P2 - B	P3 - C	P4 - D
pH	7,60	7,42	6,83	7,46
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,79	3,69	1,54	3,69
Temperatura (°C)	32,10	31,80	30,90	24,90
Color (UPC)	1 160	970	930	1090
Conductividad (uS/cm)	391	399	437	411
DQO (mg/L)	40,90	29,20	129,20	85,80
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	21	351	108	21
Manganeso (mg/L)	0,187	0,168	0,121	0,192
Hierro (mg/L)	0,53	0,42	0,55	0,60
Nitritos (mg/L)	0,411	0,435	0,433	0,409
Nitratos (mg/L)	9,20	10,40	17,50	11,70
Nitritos + Nitratos (mg/L)	9,611	10,835	17,933	12,109

**Nota.** i) P1 - A = Punto 100 m aguas arriba. ii) P2 - B = Punto en la inmisión. iii) P3 - C = Punto en la emisión. iv) P4 - D = Punto 100 m aguas abajo

Los valores de pH registrados muestran variaciones moderadas. El punto P3 - C (punto de emisión) exhibe un pH ligeramente más bajo (6,83), indicando una posible acidificación del agua en esta ubicación. El cambio en el nivel de acidez del agua, como reflejado por la variación en el pH, puede ser un indicador de cómo los vertidos de aguas residuales domésticas modifican la composición química del agua (Figura 5-A). El nivel de oxígeno disuelto es fundamental para el bienestar de los ecosistemas acuáticos. En el punto A, B y D, la cantidad de oxígeno disuelto es relativamente similar, pero en el punto C (1,54 mg/L), hay una reducción significativa (Figura 5-B). Esto sugiere una posible disminución en la calidad del agua debido a la descarga de aguas residuales, ya que niveles bajos de oxígeno pueden afectar la vida acuática. Referente a la temperatura, hay una disminución en la temperatura en el punto C (30,90), que coincide con la zona de descarga. Esto podría estar relacionado con la liberación de agua caliente de las fuentes residuales (Figura 5-C).

El color del agua indica variabilidad en la calidad del agua a lo largo del río Saposoa, debido a la presencia de materia orgánica y otros compuestos, con niveles más altos de impurezas colorantes en la fuente de emisión (PC-3 = 930 UPC). La conductividad del agua puede ser indicativa de la presencia de sales y minerales. Los valores registrados muestran variaciones, registrándose valores elevados en el punto de descarga (PC-3 = 437 uS/cm).

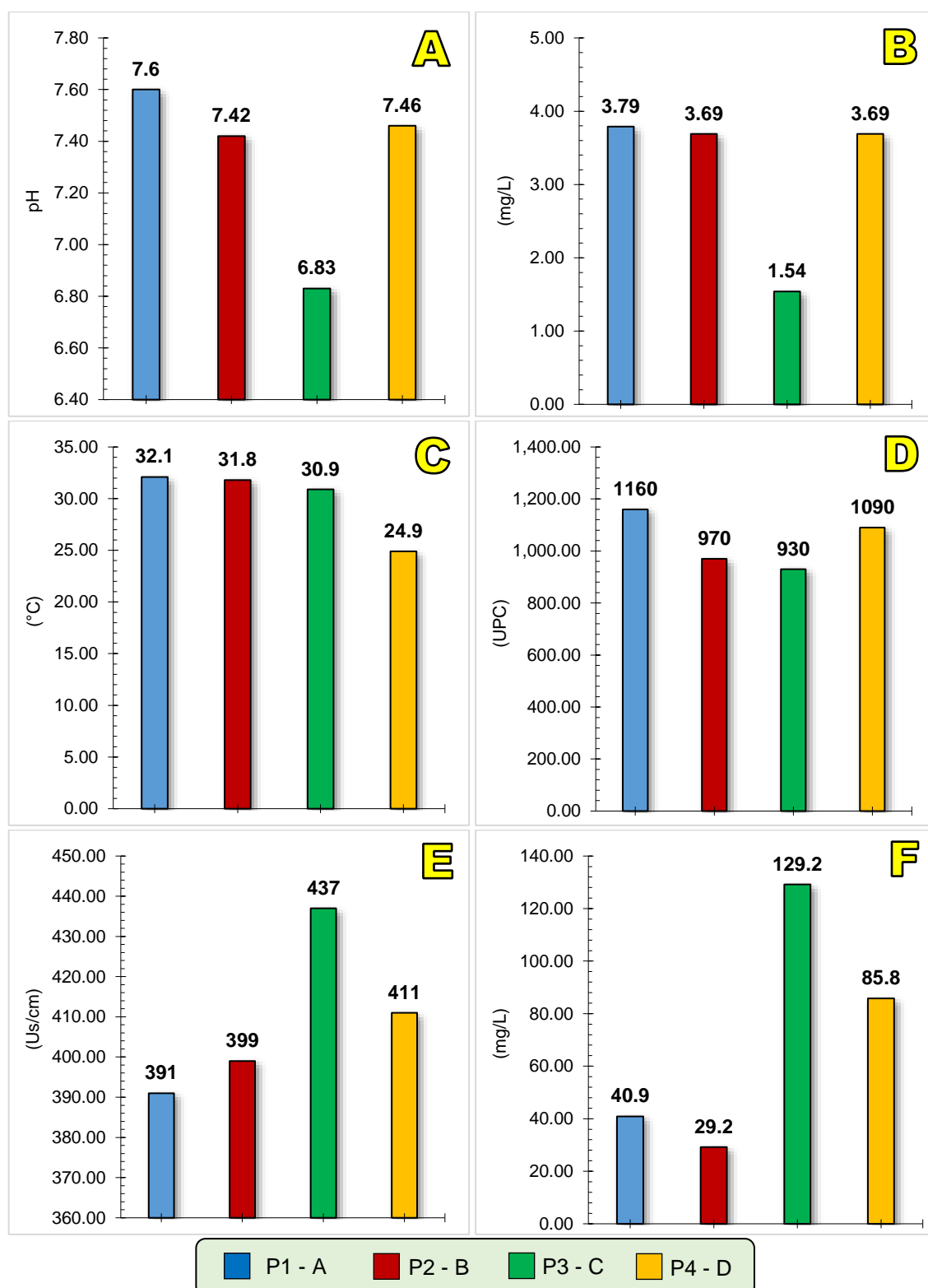
El valor más alto de DQO se encuentra en el punto P3 - C, que es el lugar de la descarga de aguas residuales. Este resultado indica una alta carga de materia orgánica y productos químicos en esa ubicación. Los puntos P1 - A y P2 - B, tienen valores más bajos, lo cual indica una concentración más baja de contaminantes previa al impacto de las aguas residuales. El punto P4 - D, aguas abajo de la descarga, tiene un valor intermedio, lo que indica que parte de la contaminación se diluye o se elimina a medida que el agua fluye (Figura 5-F). Para la DBO<sub>5</sub>, el valor más alto se encuentra en el punto P2 - B, en el lugar donde se mezclan las aguas residuales con el río. Esto sugiere una carga orgánica significativa, que puede agotar rápidamente el oxígeno en el agua. El punto P3 - C, en el lugar de la descarga, también tiene un valor alto, indicando una alta DBO<sub>5</sub>. Los puntos P1 - A y P4 - D muestran valores más bajos, lo que sugiere una menor DBO<sub>5</sub> tanto aguas arriba como aguas abajo de la descarga, respectivamente (Figura 6-A).

Los niveles de manganeso varían, pero en general, no indican concentraciones preocupantes. El manganeso puede estar presente naturalmente o derivar de actividades antropogénicas como la minería (Figura 6-B). Las concentraciones de hierro son relativamente bajas y se encuentran dentro de los rangos aceptables. Valores elevados podrían señalar la presencia de contaminación, sin embargo, en este caso, los resultados indican una situación controlada (Figura 6-C).

Los niveles de nitritos son consistentes entre los puntos de muestreo, sin indicadores alarmantes. La presencia de nitritos puede derivar de diversas fuentes, incluidas actividades agrícolas y domésticas (Figura 6-D). Los nitratos, aunque presentes, no muestran concentraciones excepcionalmente altas. La presencia de nitratos podría estar relacionada con la actividad agrícola en la zona (Figura 6-E). La suma de nitritos y nitratos proporciona una visión global de la concentración de compuestos nitrogenados. Los resultados sugieren niveles moderados en general (Figura 6-F).

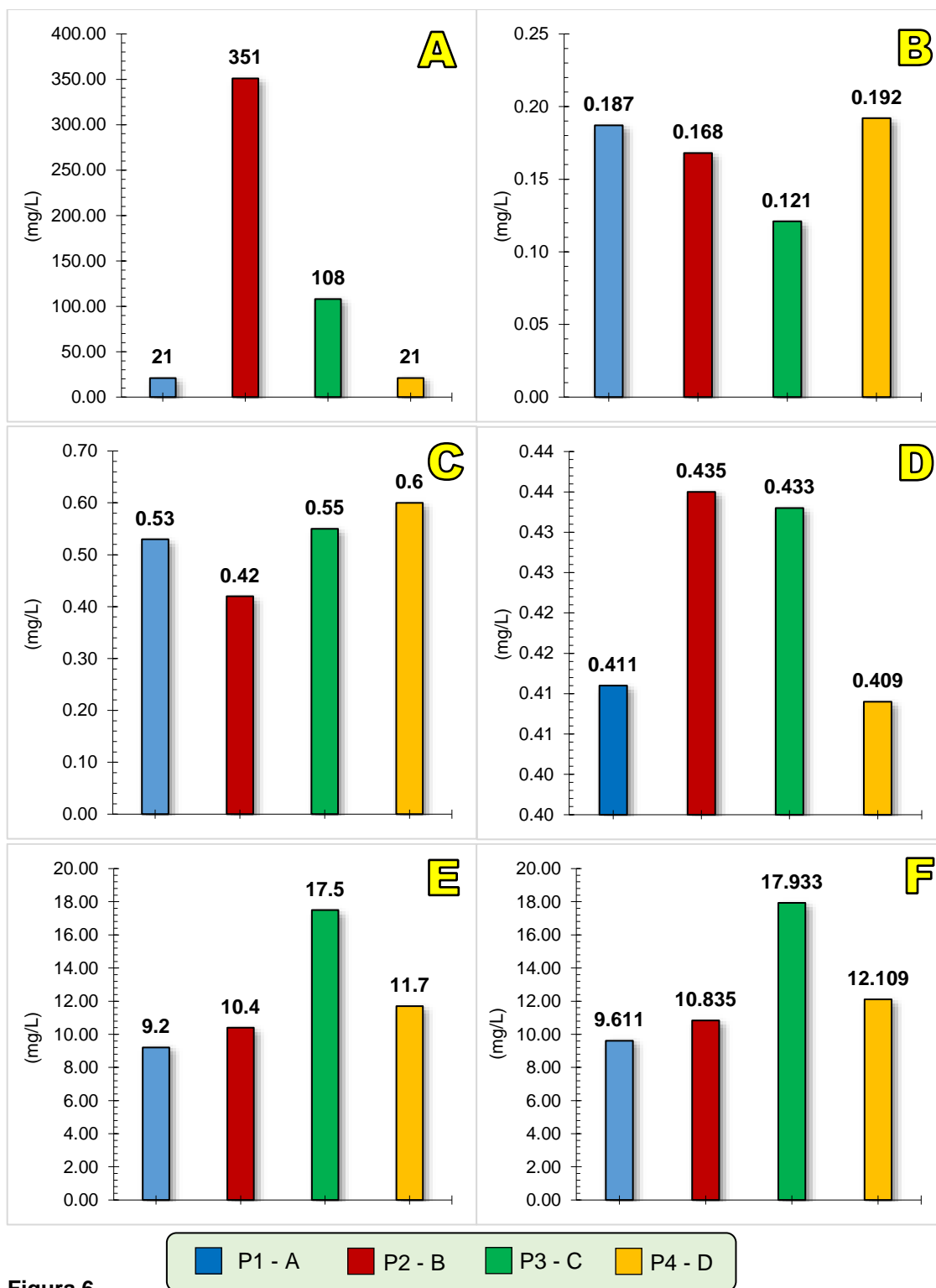
Finalmente, los resultados de la evaluación fisicoquímica revelan áreas de preocupación, especialmente en el punto de emisión (P3 - C) donde se detecta una carga significativa de contaminantes orgánicos. La variabilidad en los parámetros señala

la influencia de múltiples fuentes y destaca la relevancia de realizar un seguimiento continuo para comprender y abordar los problemas de calidad del agua en la cuenca del río Saposoa.



**Figura 5**

*Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del Río Saposoa, sector El Eslabón. (A) pH. (B) Oxígeno disuelto. (C) Temperatura. (D) Color. (E) Conductividad. (F) Demanda Química de Oxígeno.*



**Figura 6**

*Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del Río Saposoa, sector El Eslabón. (A) Demanda biológica de oxígeno (DBO5). (B) Manganese. (C) Hierro. (D) Nitritos. (E) Nitratos. (F) Nitritos + Nitratos.*

### Discusión:

Los resultados mostraron una variación en el pH a lo largo del río Saposoa, la disminución del pH en el punto de emisión (C) sugiere acidificación, lo que puede tener

implicaciones negativas para la biota acuática y los procesos ecológicos. Ramprasad et al. (2021), en su investigación en los ríos Cauvery y Vaiga de la India, encontró niveles altos de pH (7,56 y 7,72). Ante este escenario, el autor hace mención que el agua de los ríos requiere tratamientos mediante procesos de filtración, coagulación y membranas avanzadas, ya que estarían presentando niveles significantes de contaminación. Castillo (2019), en su investigación en el río Chonta en Cajamarca, encontró niveles anómalos de pH que excedieron los ECA, el autor manifiesta que eso se trataría por la fuerte actividad agrícola y ganadera en el río Chonta.

Referente a la materia orgánica (MO), el OD evidenció reducción significativa en el punto de emisión (C) revelando un efecto directo de liberar aguas residuales en la calidad del agua, evidenciando su impacto directo, esto puede amenazar la viabilidad de organismos acuáticos y contribuir a condiciones hipóxicas. Los valores elevados de DQO y DBO<sub>5</sub> en el punto de emisión (C) reflejan una carga significativa de MO biodegradable en las aguas residuales. Esto subraya la importancia de implementar tratamientos eficaces para reducir la necesidad de oxígeno disuelto en el ecosistema acuático que recibe el vertimiento.

Esquivel et al. (2020), en su investigación evaluó el efecto de las semi industriales y aguas residuales domésticas sobre la calidad fisicoquímica del río Chiquito, León, México; encontró niveles muy elevados de OD, DQO y DBO<sub>5</sub>. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que es el organismo público encargado de la gestión, distribución y sanidad del agua en México, de acuerdo con los resultados obtenidos clasificó al Río Chiquito como contaminados a fuertemente contaminados, esto subraya la notable presencia de materia orgánica, la cual es un indicador claro de la liberación de aguas residuales provenientes tanto de áreas urbanas como de curtiembres.

Saliendo del contexto de agua, una investigación de Guemmaz et al. (2019) donde el objetivo del estudio fue determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de los recursos hídricos superficiales que reciben efluentes de aguas residuales comunes en las tierras secas de Argelia, los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos medidos excedieron los valores permitidos conforme a los lineamientos de la FAO y la OMS. Obtuvo una conductividad >1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un pH ligeramente alcalino (7-7,79), oxígeno disuelto <5-8 miligramos/Litro, DBO<sub>5</sub> >5 mg/L, fosfatos >2 mg/L, COD >30 mg/L, nitritos >0,1 mg/L y NH<sub>3</sub>-N >0,5 mg/L.

En el Perú, Rodríguez (2022) en su investigación realizada en Huancavelica donde presenta como propósito general medir el efecto del vertido de las aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Chuyapi, en el distrito de Santa Ana. Sus

resultados han mostrado tener un efecto perjudicial sobre la calidad del agua, particularmente en cuanto a la presencia de coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub> y niveles de fósforo. Esto se nutre más con los resultados obtenidos por Cusiche (2019), en su estudio realizado en el Lago Junín, como consecuencia de la contaminación generada por aguas residuales donde indicaron que la DBO<sub>5</sub> mostraron que los niveles de varios parámetros excedieron los límites máximos permisibles, especialmente durante la época de verano, lo que califica las aguas como de mala calidad.

Por otro lado, en un contexto local Díaz (2018) en su investigación la finalidad central es examinar la calidad del agua, considerando tanto los aspectos fisicoquímicos como microbiológicos, en la quebrada Chupishiña del distrito de Rumisapa, provincia de Lamas, sus resultados microbiológicos mostraron el descubrimiento de contaminantes que hace que el agua no sea adecuada para su uso en el riego de cultivos ni como fuente de bebida para animales, de acuerdo con los estándares de calidad ambiental establecidos.

El análisis fisicoquímico demuestra que el vertido de aguas residuales domésticas tiene un impacto notable en la calidad del agua del río Saposoa. Los datos recolectados sustentan la importancia de medidas correctivas, como la implementación de sistemas de tratamiento avanzados y la regulación de las descargas, para preservar el equilibrio del ecosistema acuático y garantizar el acceso a agua segura para las poblaciones ubicadas río abajo. Además, destaca la importancia de un enfoque integrado que aborde la complejidad de los agentes polucionantes presentes en los vertidos de aguas residuales. Esto es respaldado por Guemmaz et al. (2019), que indica que las descargas de aguas residuales no tratadas representan un riesgo potencial de contaminación con serios problemas de salud y ambientales. Se destaca la necesidad urgente de un tratamiento adecuado del agua antes del vertimiento de aguas residuales para prevenir la contaminación y degradación de los ecosistemas acuáticos.

Cusiche (2019), señala que las descargas de aguas residuales constituyen una fuente de contaminación con capacidad de afectar negativamente la vida acuática, lo que afecta a especies de flora y fauna endémicas, así como el ecosistema en general. Además, Rodríguez (2022) a raíz de sus resultados menciona que la necesidad de abordar estas cuestiones y aplicar medidas de tratamiento de aguas residuales se destaca como crucial para mitigar la contaminación y preservar la calidad del de los ríos.

Finalmente, los hallazgos apoyan la hipótesis de que las descargas de aguas residuales domésticas están afectando la calidad fisicoquímica del río Saposoa, especialmente en el punto de emisión (C). Se recomienda implementar medidas de gestión ambiental y

sistemas de tratamiento para aminorar el efecto negativo observado en la calidad del agua.

## 4.2 Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs

La comparativa de los resultados de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs establecidos proporciona una evaluación integral de la conformidad del agua del río Saposoa con las normativas ambientales. A continuación, se presenta un análisis detallado de esta comparación:

**Tabla 6**

*Comparativo de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs*

Parámetros	Puntos de muestreo				ECA	
	P1 - A	P2 - B	P3 - C	P4 - D	D1	D2
pH	7,60	7,42	6,83	7,46	6,5 - 8,5	6,5 - 8,45
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,79	3,69	1,54	3,69	≥ 4	≥ 5
Temperatura (°C)	32,10	31,80	30,90	24,90	34	34
Color (UPC)	1160	970	930	1090	100	100
Conductividad (uS/cm)	391	399	437	411	2500	2500
DQO (mg/L)	40,90	29,20	129,20	85,80	40	40
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	21	351	108	21	15	15
Manganeso (mg/L)	0,187	0,168	0,121	0,192	0,2	0,2
Hierro (mg/L)	0,53	0,42	0,55	0,60	5	**
Nitritos (mg/L)	0,411	0,435	0,433	0,409	10	10
Nitritos + Nitratos (mg/L)	9,20	10,40	17,50	11,70	100	100

**Nota.** i) P1 - A = Punto 100 m aguas arriba. ii) P2 - B = Punto en la inmisión. iii) P3 - C = Punto en la emisión. iv) P4 - D = Punto 100 m aguas abajo.

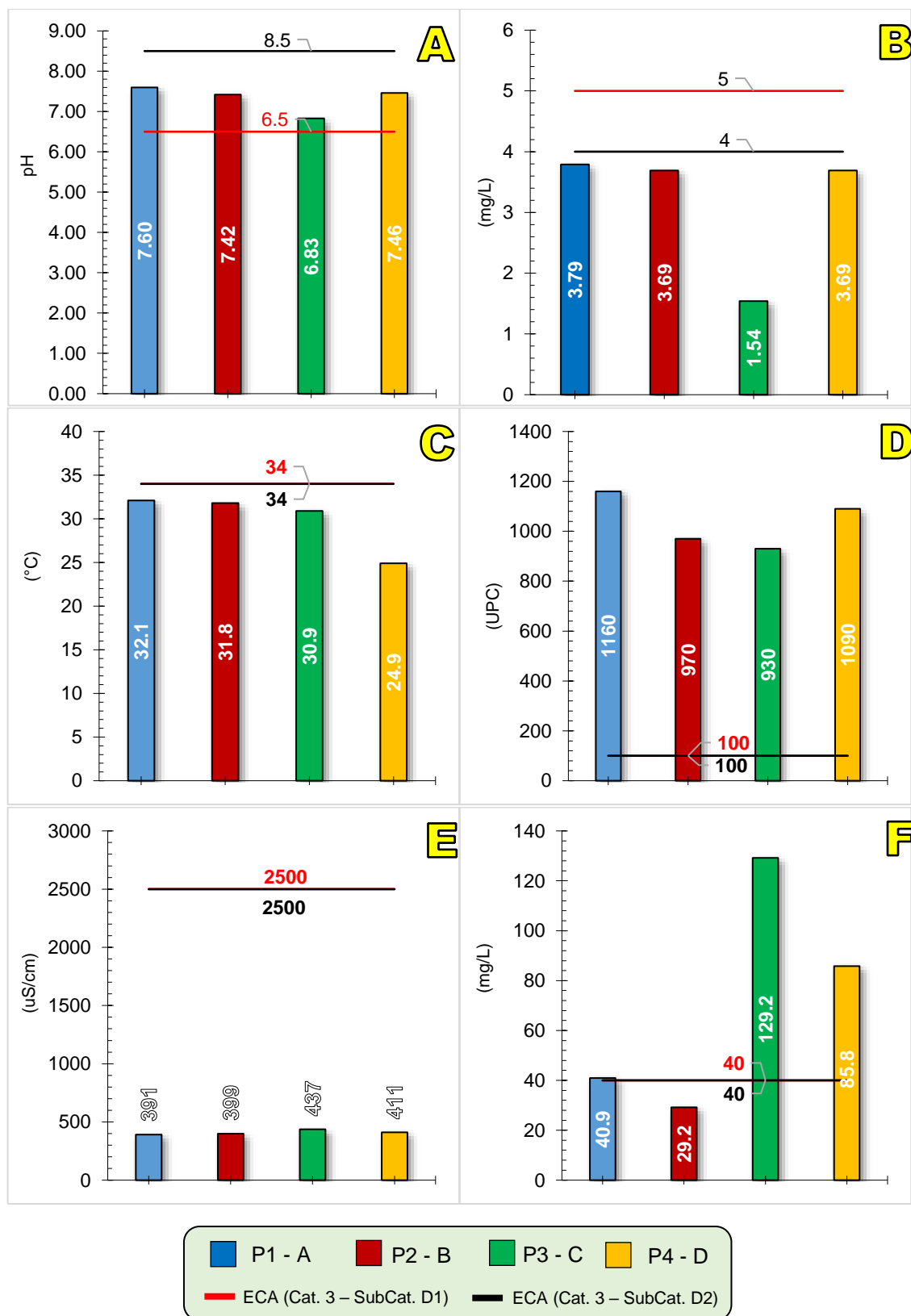
Referente al pH, todos los lugares donde se realiza los muestreos (P1 - A, P2 - B, P3 - C, P4 - D) se hallan entre los límites determinados por los ECAs, indicando un rango de pH aceptable para la calidad del agua. Para OD (mg/L), los tres puntos se hallan, aunque por abajo del límite mínimo determinado ( $\geq 4$  mg/L), las bajas concentración en los puntos de monitoreo sugieren una posible preocupación para la vida acuática en esa ubicación. Para la Temperatura (°C), todos los puntos de muestreo cumplen con los ECAs establecidos para este parámetro, sugiriendo que la variación registrada está dentro de límites aceptables.

Para Color (UPC), los puntos de muestreo superan los límites establecidos por los ECAs, indicando una coloración del agua más elevada de lo aceptable. Esto puede deberse a la presencia de materiales orgánicos o sustancias disueltas. La Conductividad (uS/cm), muestra que todos los puntos de muestreo cumplen con los límites establecidos por los ECAs, sugiriendo que la concentración de sales y minerales está dentro de los parámetros aceptables. Para la DQO (mg/L), los puntos P1-A y P4-D,

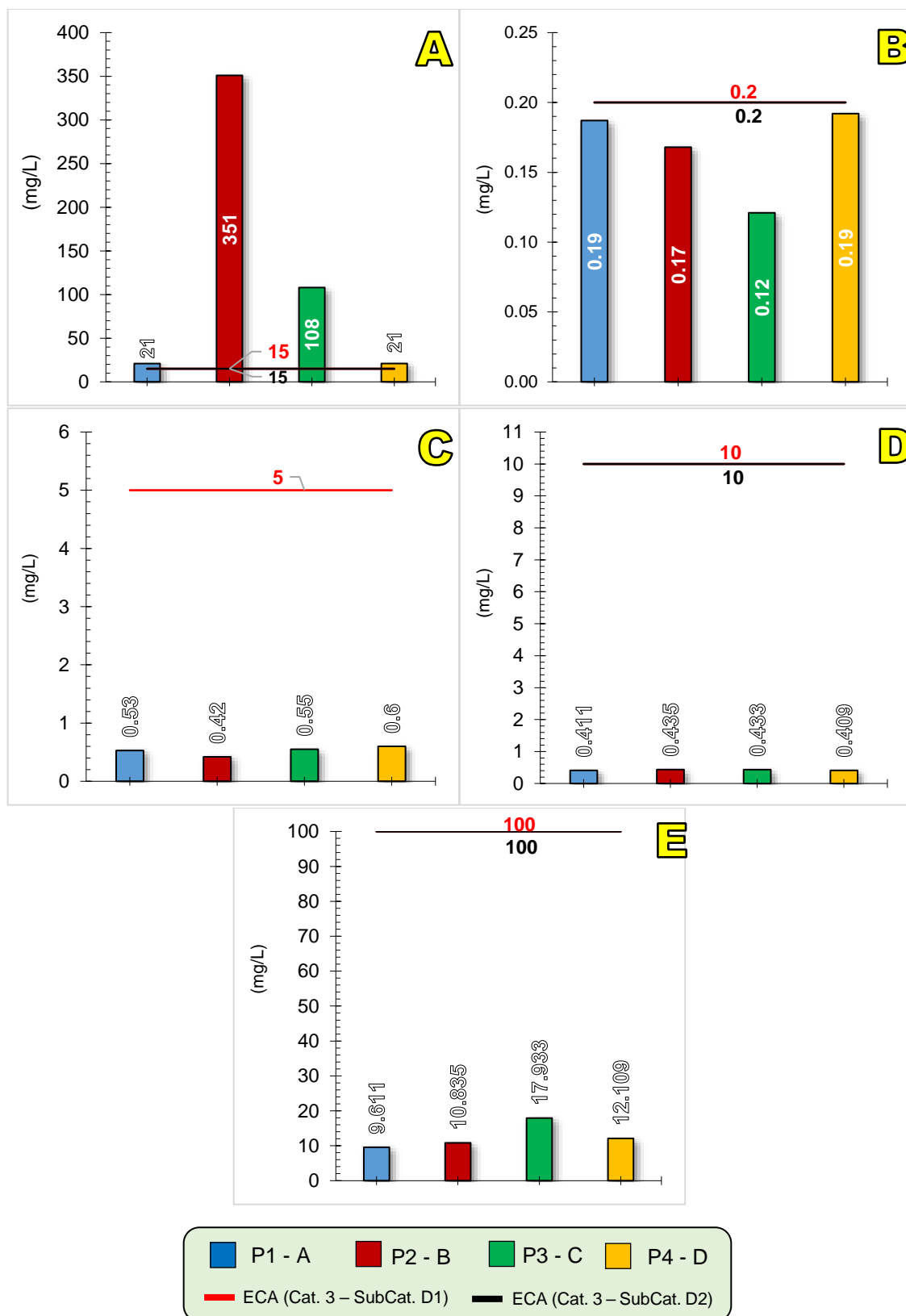
superan el límite establecido por los ECAs (40 mg/L), indicando una carga orgánica más elevada en la zona de inmisión, los demás puntos cumplen con los estándares establecidos. Para la DBO<sub>5</sub> (mg/L), todos los puntos monitoreados superan el límite de los ECAs (15 mg/L), donde el punto P2 - B presenta una carga orgánica considerablemente alta (351 mg/L). Esto destaca la influencia directa de los vertimientos domésticos en la emisión y luego en la inmisión (P3 – C = 108 mg/L).

Referente al Manganeseo (mg/L), Hierro (mg/L), Nitritos (mg/L) y Nitritos + Nitratos (mg/L), en todos los lugares donde se realiza los muestreos cumplen con los ECAs, indicando concentraciones dentro de los límites aceptables.

Al contrastar los parámetros fisicoquímicos con los ECAs, se evidencia una situación variable en cuanto a la calidad del agua del río Saposoá (Tabla 7). Aunque algunos parámetros cumplen con los estándares establecidos, la presencia de contaminantes orgánicos en el punto de emisión (P2 - B) y otros desafíos puntuales indican la necesidad de intervenciones específicas para mejorar y conservar la calidad del agua en la cuenca.

**Tabla 7**

Comparación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAs. (A) pH. (B) Oxígeno disuelto. (C) Temperatura. (D) Color. (E) Conductividad. (F) Demanda Química de Oxígeno.

**Tabla 8**

Comparación de los parámetros fisicoquímicos evaluados con los ECAs. (A) Demanda biológica de oxígeno (DBO5). (B) Manganese. (C) Hierro. (D) Nitritos. (E) Nitritos + Nitratos.

**Discusión:**

La evaluación comparativa de los parámetros fisicoquímicos con los ECAs en el río Saposa revela discrepancias sustanciales, indicando impactos significativos de las aguas residuales domésticas en el ecosistema acuático.

La acidificación en el punto de emisión (C) sugiere una posible descarga ácida de aguas residuales, desafiando la capacidad del sistema para mantener un equilibrio de pH adecuado. La reducción en los niveles de OD en el punto de emisión (C) indica una alta demanda bioquímica de oxígeno, comprometiendo la viabilidad de la vida acuática y señalando la necesidad urgente de mejorar el tratamiento de aguas residuales. Aunque la temperatura está dentro de los ECAs, la disminución en el punto de emisión (C) plantea inquietudes sobre la posible entrada de descargas calientes, lo que podría tener efectos adversos en la ecología acuática. El alto color refleja la presencia de materiales disueltos, instando a una investigación más profunda. Aunque la conductividad está dentro de los límites, sugiere la presencia de iones que podrían afectar la calidad del agua.

La sobrepasada DQO en el punto de emisión (C) indica una carga orgánica sustancial, exigiendo una mejora inmediata en las instalaciones de tratamiento para cumplir con los estándares ambientales. Referente al Manganeseo y Hierro, aunque los niveles están dentro de los ECAs, la proximidad a los límites destaca la importancia de un monitoreo continuo y acciones preventivas para evitar la acumulación de metales en el tiempo. Para los Nitritos, Nitratos y Nitritos + Nitratos, en ningún parámetro hay superación de los ECAs.

Rodriguez (2022), de los análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron evaluados y comparados con los ECA - Categoría IV E2, donde el parámetro de  $DBO_5$  excedió. Los hallazgos sugieren que la descarga de aguas residuales domésticas ha tenido un efecto adverso en la calidad del agua. Además, Bueno (2021) en sus resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio fueron contrastados con los ECA y LMP, muestran que los valores obtenidos excedieron los ECA, llegando a la conclusión de que hay una vinculación directa entre la calidad del agua y el vertimiento de aguas residuales.

Al igual que los resultados de la investigación, Infante (2019) en su indagación evaluó el impacto del vertido proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Cajamarquino, provincia de Cajamarca. Los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos fueron contrastados con el ECA - Categoría III. El autor concluye que el vertimiento de la planta tenía una influencia significativa en

la calidad del agua del río, ya que ha mostrado niveles elevados de aceites y grasas, así como coliformes termotolerantes, que superaron los ECA. En la ciudad de Lamas, Díaz (2018) el resultado de los parámetros como el OD no cumplieron con el ECA, afectando la subcategoría D1 (riego de vegetales), en líneas generales sus resultados mostraron la existencia de contaminantes, conllevando a que el agua no sea adecuada para ser utilizada en el riego de cultivos ni como fuente de bebida para animales, de acuerdo con el contraste realizado frente a los ECAs.

En conjunto, los hallazgos sustentan la idea de que las aguas residuales domésticas están afectando negativamente la calidad del agua del río Saposoa. Se subraya la necesidad inmediata de adoptar acciones correctivas y optimizar la gestión de las aguas residuales para cumplir con los ECA y preservar la salud del ecosistema acuático. Bueno (2021), a raíz de sus resultados respalda el enunciado ya que destaca la necesidad de implementar medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua. Castillo (2019) y Cusiche (2019), presentaron resultados que sobrepasaron los ECA, lo que permitió concluir que las aguas residuales influyen de manera considerable en la calidad del agua, afectando negativamente la vida acuática y la biodiversidad. Finalmente, subrayaron la urgencia de abordar las prácticas contaminantes y tomar medidas para preservar la integridad del ecosistema acuáticos.

### 4.3 Determinación del Índice de calidad de agua

La aplicación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) según la metodología del ANA proporcionaron una evaluación integral de la calidad del agua en los distintos puntos de muestreo. A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos.

**Tabla 9**  
*Valores del monitoreo evaluados con el ECA Cat. 3 (D1 y D2)*

PUNTOS DE MONITOREO			P1 - A	P2 - B	P3 - C	P4 - D		
Parámetros	Unidad	ECA Cat.3	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1		
		(D1 y D2)						
	pH	--	6,5	8,5	7,6	7,42	6,83	7,46
Parámetros físico químicos	Conductividad	mS/cm	2 500		391	399	437	411
	Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4		<b>3,79</b>	<b>3,69</b>	<b>1,54</b>	<b>3,69</b>
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	15		<b>21</b>	<b>351</b>	<b>108</b>	<b>21</b>
Parámetros inorgánicos	Hierro (Fe)	mg/L	5		0,53	0,42	0,55	0,6
	Manganeso (Mn)	mg/L	0,2		0,187	0,168	0,121	0,192
Datos	Número de parámetros que NO cumplen				2	2	2	2
	Número Total de parámetros a Evaluar				6	6	6	6
	Número de datos que NO cumplen el ECA				2	2	2	2
	Número total de datos				6	6	6	6

**Nota.** i) P1 - A = Punto 100 m aguas arriba. ii) P2 - B = Punto en la inmisión. iii) P3 - C= Punto en la emisión. iv) P4 - D = Punto 100 m aguas abajo. v) M = Numero de muestreos

Para el punto P1 - A (Punto 100 m aguas arriba), se registró un valor de ICA-PE de 73. Este resultado sugiere que el punto P1 - A tiene una calidad de agua clasificada como "Regular" según la escala del ICA, esto indica que la calidad del agua en este punto es aceptable, pero puede requerir cierta atención. El punto P2 - B (Punto en la inmisión), presentó un valor de ICA-PE de 47, evidenciando una calidad de agua clasificada como "Regular", esto indica que la mezcla de vertimientos de aguas residuales con el río está perjudicando la calidad del agua, pero no de manera crítica. Este punto actúa como un indicador de la influencia inmediata de las descargas.

Por otro lado, para el punto de emisión de los vertimientos (P3 – C), se obtuvo un valor de 61, calificándolo como "Regular", esto indica una afectación significativa por las aguas residuales, reforzando la urgencia de medidas correctivas en el área de descarga. Finalmente, en el P4 - D (Punto 100 m aguas abajo), se obtuvo un valor de 73, similar al punto P1 - A, clasificándose como "Regular". La consistencia en la clasificación entre estos dos puntos indica cierta estabilidad en la calidad del agua aguas abajo.

Aunque todos los puntos obtienen clasificaciones "Regulares", es fundamental considerar la consistencia en la clasificación entre los puntos y cualquier variación significativa (Tabla 8). Esto sugiere que, la calidad de agua en el Río Saposoa ocasionalmente es amenazada o dañada, ya que a menudo se aleja de los valores deseables, no obstante, se debe prestar atención a la posible presencia de fuentes específicas de contaminación. La variabilidad en los resultados entre los puntos podría indicar la influencia de diferentes actividades y fuentes de contaminación en distintas secciones del río. Este enfoque puntual refuerza la necesidad de implementar estrategias específicas para abordar los lugares de vertimiento y mejorar las condiciones del agua en el río Saposoa.

**Tabla 10**  
*Cálculo de los factores y valores del ICA - PE*

	<b>F1</b>		33,33	33,33	33,33	33,33
	<b>F2</b>		33,33	33,33	33,33	33,33
<b>Cálculo de los factores del ICA- PE</b>						
<b>excedentes de cada parámetro en cada monitoreo</b>						
pH	--	6,5	8,5			
Conductividad	mS/cm	2 500				
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>1,60</b>	<b>0,08</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15	<b>0,40</b>	<b>22,40</b>	<b>6,20</b>	<b>0,40</b>
Hierro (Fe)	mg/L	5				
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2				
Sumatoria de los excedentes (nse)			0,058	3,720	0,931	0,054
	<b>F3</b>		5,475	78,815	48,209	5,101
	<b>ICA</b>		73	47	61	73
			REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR

**Discusión:**

Los resultados obtenidos en la indagación no son tan favorables, en el P1 - A (100 m aguas arriba de la descarga) el índice de calidad es "Regular", su posición aguas arriba sugiere una condición relativamente más saludable antes de la influencia directa de las aguas residuales. Esto destaca la importancia de establecer referencias en lugares no afectados para evaluar adecuadamente el impacto. En el P2 - B (Punto en la inmisión), la clasificación como "Regular", indica que la mezcla de vertimientos de aguas residuales con el río está dañando la calidad del agua, pero no de manera crítica. Este punto actúa como un indicador de la influencia inmediata de las descargas. En el P3 - C (Punto en la emisión), la clasificación más baja en este punto indica una afectación significativa por las aguas residuales, reforzando la urgencia de medidas correctivas en el área de descarga. Finalmente, el P4 - D (100 m aguas debajo de la descarga), aunque la clasificación es "Regular", su proximidad al punto de emisión resalta la persistencia del impacto de las aguas residuales aguas abajo. Esto subraya la importancia de evaluar la recuperación del agua después del punto de descarga.

Bozada et al. (2020) investigaron la contaminación de los ríos por aguas residuales en la zona urbana de Santo Domingo, Ecuador. Tuvieron resultados poco favorables, pues los ríos tenían niveles bajos de calidad, donde resaltaron la importancia de abordar la contaminación de los ríos en la zona urbana como una preocupación seria y urgente. Santacruz (2019) nutre el debate, pues en su investigación tuvo como objetivo de evaluar la calidad del agua en la zona media y baja de la quebrada Miraflores. Los resultados del análisis fisicoquímico indicaron un deterioro creciente en la calidad del agua de la quebrada a medida que era afectada por las descargas contaminantes. Los valores de calidad obtenidos a través del Índice de Calidad del Agua-ICA en la zona media y baja oscilaron entre 21,3 y 47,2, clasificándola como "mala" y "muy mala". En ese contexto, Cusiche et al. (2019) donde exploró el impacto de las aguas residuales en el lago Junín, considerando la contaminación como uno de los principales problemas ambientales en el Perú, sus resultados le permitió clasificar a las aguas del lago como de mala calidad.

La problemática de las aguas residuales urbanas en el Perú y la Amazonía es un desafío significativo que afecta tanto al medio ambiente como a la salud pública. Muchas ciudades en el Perú han experimentado un crecimiento rápido y no planificado, lo que ha llevado a la expansión de áreas urbanas sin la infraestructura adecuada para la gestión de aguas residuales. La falta de sistemas adecuados para tratar las aguas residuales es un problema crítico. En muchas zonas urbanas, la infraestructura para el

tratamiento de aguas residuales es insuficiente o está obsoleta, lo que resulta en sistemas que no cumplen con las normativas ambientales. La descarga directa de aguas residuales sin tratamiento a ríos, arroyos y cuerpos de agua superficiales es común, lo que provoca la contaminación de estos recursos hídricos. Esto afecta negativamente a la calidad del agua y a los ecosistemas acuáticos.

Ramprasad et al. (2021) sugiere que el agua de los ríos requiere tratamiento mediante procesos de filtración, coagulación y membranas avanzadas antes de utilizarse para consumo humano, riego y aplicaciones industriales. En ese mismo contexto, Santacruz (2019) recomienda la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas como medida para contribuir a mejorar la calidad del agua ríos y quebradas y abordar los problemas de contaminación ambiental causados por las descargas no tratadas. Además, Bueno (2021), conforme a su investigación destaca la necesidad de implementar medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua en los ríos.

La contaminación del agua con patógenos y contaminantes químicos derivados de las aguas residuales constituye un peligro para el bienestar público. Enfermedades transmitidas por el agua, como gastroenteritis y enfermedades transmitidas por vectores, son preocupaciones importantes. Esto también resulta en que las comunidades afectadas por la ausencia de tratamiento de aguas residuales se enfrenten a desafíos socioeconómicos, ya que la calidad del agua afecta directamente a la salud de la población y puede limitar el acceso a recursos hídricos seguros. Bozada et al. (2020), es enérgico en ese aspecto pues resalta la importancia de abordar la contaminación de los ríos en la zona urbana como una preocupación seria y urgente. Asimismo, destaca la necesidad de cumplir con los principios constitucionales que garantizan la protección del medio ambiente y la salud de los ciudadanos para lograr una convivencia saludable y sostenible. En el país, la Ley N° 27972 “Ley Orgánica de Municipalidades”, manifiesta que es de competencia de los municipios provinciales y distritales velar por la buena calidad de agua y la correcta disposición de aguas residuales. Pero, la otra cara de la moneda es la inversión insuficiente en infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas residuales se relaciona con limitaciones presupuestarias y prioridades gubernamentales. La falta de recursos financieros dificulta la implementación de soluciones efectivas.

Otro factor es la contaminación del agua en la biodiversidad acuática ya que puede tener impactos perjudiciales en esta. La existencia de contaminantes como metales pesados y compuestos químicos nocivos puede comprometer la salud de los organismos

acuáticos y modificar los ecosistemas acuáticos. Cusiche et al. (2019), señala el riesgo asociado a la contaminación generada por los efluentes de aguas residuales, que constituyen un agente contaminante con potencial de daño para la subsistencia del ecosistema acuático, afectando a las especies endémicas de flora y fauna, así como el ecosistema en general. Aunque existen regulaciones ambientales, su aplicación y supervisión a veces son limitadas. Mejorar la gobernanza y la aplicación de regulaciones es esencial para abordar efectivamente la problemática de las aguas residuales urbanas.

Para abordar estos desafíos, es crucial implementar estrategias integrales que incluyan la mejora de la infraestructura de tratamiento, la promoción de prácticas sostenibles, la concienciación pública y la colaboración entre el gobierno, la sociedad civil y el sector privado. La gestión adecuada de las aguas residuales es esencial para garantizar la sostenibilidad ambiental y la salud de las comunidades urbanas en el Perú. Rodríguez (2022) manifiesta la necesidad de abordar estas cuestiones y aplicar medidas de tratamiento de aguas residuales se destaca como crucial para mitigar la contaminación y preservar la calidad de los cuerpos de agua.

Finalmente, la evaluación de los índices de calidad de agua en puntos específicos a lo largo del río Saposoa proporciona una imagen más detallada de la variabilidad en la calidad del agua y la influencia directa de las aguas residuales en áreas específicas del río. Este enfoque puntual refuerza la necesidad de implementar estrategias específicas para abordar los puntos de descarga y mejorar la calidad del agua en el río Saposoa.

Una de las limitaciones identificadas en la presente investigación es la ausencia de repeticiones en el muestreo, lo que podría reducir la confiabilidad estadística de los resultados obtenidos. Sin embargo, con el fin de reforzar y complementar estos hallazgos, se ha desarrollado una matriz de incidencias ambientales (Ver Anexo 7), la cual permite identificar y evaluar las posibles fuentes de impacto en los diferentes puntos de muestreo. Esta matriz ofrece un análisis más contextualizado de las condiciones ambientales y antropogénicas que afectan la calidad del agua del río Saposoa. De este modo, se busca dar mayor credibilidad y robustez a los resultados al considerar no solo los datos fisicoquímicos obtenidos, sino también las incidencias ambientales que pueden haber afectado los parámetros medidos, proporcionando una visión más integral del problema estudiado.

## CONCLUSIONES

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos en el río Saposoa en el sector El Eslabón evidenciaron desafíos significativos en términos de calidad de agua. El punto de emisión (P3 - C) muestra una carga significativa de contaminantes orgánicos, señalando un impacto directo de los vertimientos domésticos en la calidad del agua. Esto subraya la necesidad de abordar eficazmente las fuentes puntuales de contaminación. Además, La variación en los parámetros fisicoquímicos aguas abajo del punto de inmisión (P2 - B) sugiere la influencia de procesos naturales y la importancia de considerar la variabilidad ambiental local en las interpretaciones. Los resultados de la evaluación fisicoquímica brindaron una imagen integral de la calidad del agua y sugieren una intervención inmediata.

En la comparación de los resultados con los ECAs, parámetros como Oxígeno Disuelto (mg/L), Color (UPC), DBO<sub>5</sub> (mg/L) y DQO (mg/L) (Excepto P2 - B) no cumplieron con el ECA. Los hallazgos señalan una diversidad en la calidad del agua del río Saposoa. Aunque algunos parámetros ya mencionados no cumplieron con los ECAs, la presencia de contaminantes orgánicos y elevados niveles de color sugieren impactos antropogénicos significativos, especialmente en el punto de emisión.

El Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) medido en el río Saposoa, a la altura del sector El Eslabón, fue clasificado como "Regular" en los cuatro puntos evaluados. Existen puntos que requieren atención específica, destacando la degradación en el punto de emisión (P3 - C). Los resultados sugieren cierta estabilidad aguas abajo, mientras que la inmisión (P2 - B) muestra una calidad intermedia, resaltando la importancia de considerar la dinámica local. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para estrategias de gestión ambiental, con énfasis en la identificación y mitigación de fuentes específicas de contaminación, respaldando la preservación a largo plazo del recurso hídrico en la región.

Finalmente, los procedimientos de investigación, se observa con claridad el impacto perjudicial que generan los vertimientos de aguas residuales domésticas sobre la calidad del agua del río Saposoa en el sector de El Eslabón. Los datos obtenidos reflejan variaciones en la calidad del agua, destacándose el punto de descarga como el más comprometido. Esta conclusión respalda la necesidad de intervenciones específicas y un enfoque integral para la gestión ambiental focalizadas para preservar la integridad del recurso hídrico y garantizar la salud ambiental a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

A las autoridades locales, implementar un programa de monitoreo continuo en los puntos de muestreo, con énfasis en la zona de emisión, para capturar variaciones estacionales y evaluar la efectividad de las medidas correctivas.

A la Municipalidad Distrital y empresas locales, desarrollar un plan de gestión ambiental que incluya infraestructuras destinadas al tratamiento de aguas servidas y la regulación de vertimientos, con seguimiento de parámetros clave como DQO y nutrientes.

A las autoridades ambientales y ONG, priorizar la restauración de áreas críticas en la zona de emisión, mediante prácticas de conservación del suelo y vegetación para mejorar la calidad del agua.

A la comunidad y autoridades locales, implementar una estrategia de gestión que inspeccione fuentes de vertimiento e impulse la concientización sobre la gestión sostenible del agua.

A futuros investigadores, ampliar los análisis con un mayor número de parámetros y más repeticiones de laboratorio para aumentar la confiabilidad de los resultados y obtener una visión más completa de la calidad del agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrián, Y. (2023). *Definición de Físicoquímica*. Recuperado el 2024 de enero de 2024, de <https://conceptodefinicion.de/fisicoquimica/>
- ANA [Autoridad Nacional del Agua]. (2018). *Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE*. Obtenido de ANA Web Site: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Anantha, K., Garg, K., Moses, S., Patil, M., Sawargaonkar, G., Kamdi, P., . . . Wani, S. (2021). Impact of natural resource management interventions on water resources and environmental services in different agroecological regions of India. *Groundwater for Sustainable Development*, 13, 100574. doi:10.1016/j.gsd.2021.100574
- APHA. (1995). *Determinación de Color escala Pt-Co*. Obtenido de <https://arturobola.tripod.com/>: <https://arturobola.tripod.com/color.htm>
- Arias, E. R. (04 de noviembre de 2020). *Parámetro*. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/parametro.html>
- Arriols, E. (6 de agosto de 2018). *Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican*. Obtenido de Ecología Verde (<https://www.ecologiaverde.com/>): <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. San Isidro, Lima, Peru: Ediciones ANA. Obtenido de SINIA: <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/1475.pdf>
- Beléndez, A. (2018). Calor y temperatura. *Universidad de Alicante*, 1-21. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/95287/1/Tema-4-Calor-y-temperatura.pdf>
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 3(4), 15-27. doi:10.18845/tm.v30i4.3408
- Bozada, W. (2020). *Contaminación de los ríos consecuencias de las aguas residuales en la zona urbana de Santo Domingo*. Universidad Regional Autónoma de los

Andes, Facultad de Jurisprudencia . Santo Domingo: UNIANDES. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/11313>

Bueno Salcedo, A. M. (2021). *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*. Huánuco: Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2961>

Bueno, A. (2021). *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 pregrado, Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2961>

Bueno, A. (2021). *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*. Huánuco: Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2961>

Cabrera, E., Hernández, L., Gómez , H., & Cañizares, M. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88 - 92. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>

Cáceres, M., Arguello, C., Pino, M., Montenegro, G., & Verdugo, C. (junio de 2017). Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para Su Reutilización En Riego En Áreas Verdes. *European Scientific*, 96. Obtenido de <https://eujournal.org/index.php/esj>

California Water Boards . (2010). *Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad*. Obtenido de California Water Boards Web Site (<https://www.waterboards.ca.gov/>): [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf)

California Water Boards . (2010). *Folleto Informativo Temperatura*. Obtenido de California Water Boards Web Site (<https://www.waterboards.ca.gov/>):

[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf)

California Water Boards. (2010). *Folleto Informativo pH*. Obtenido de California Water Boards Web Site (<https://www.waterboards.ca.gov/>): [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf)

Caluña, A., & Jaramillo, J. (2018). *Evaluación de la calidad del agua del proyecto piscícola granja río Shitik, mediante la identificación de macroinvertebrados acuáticos, para proponer un plan de manejo ambiental. Período enero a junio 2018*. Tesis de grado, Instituto Tecnológico Superior TENA . Obtenido de <http://localhost:8080/jspui/handle/123456789/241>

Carbotecnia. (06 de febrero de 2023). *Manganeso*. Obtenido de Carbotecnia Web Site (<https://www.carbotecnia.info/>): <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/el-manganeso-en-el-agua/>

Castillo, K., & Quispe, R. (2019). *Calidad físicoquímica y microbiológica del río Chonta impactadas por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito Baños del Inca - Cajamarca, 2018*. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21776>

CONSULTEA. (2023). *Qué es un Instrumento de Gestión Ambiental*. Obtenido de CONSULTEA SAC Web Site: <https://consultea.pe/que-es-un-instrumento-de-gestion-ambiental/>

Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1433-1447. doi:10.29312/remexca.v10i6.1870

Díaz, P. (2018). *Determinación de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. Lamas: Universidad Peruana Unión. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1532>

Díaz, P. (2018). *Determinación de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. Lamas: Universidad Peruana Unión. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1532>

- Dunca , A. (2018). Water pollution and water quality assessment of major transboundary rivers from Banat (Romania). *Journal of Chemistry*, 2018, 1-9. doi:10.1155/2018/9073763
- ENVIRA. (09 de marzo de 2020). *Principales diferencias entre emisión e inmisión*. Recuperado el enero de 2024, de <https://envira.es/principales-diferencias-emision-inmision/>
- Esquivel, J., & Lacayo, M. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales domésticas y semi-industriales sobre la calidad físico-química del río Chiquito, León, en el período de mayo 2016-enero 2017. *Revista Torreón Universitario*, 9(25), 58-76. doi:10.5377/torreon.v9i25.9854
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2020). *Tipos de agua residual* . Obtenido de Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S (<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/>): <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/tipos-de-agua-residuales/>
- Fingermann, H. (01 de septiembre de 2010). *Concepto de instrumento*. Recuperado el 24 de enero de 2024, de Deconceptos.com: <https://deconceptos.com/tecnologia/instrumento>
- Franchi & Asociados. (2020). *Sistemas de tratamiento de Efluentes*. Obtenido de Franchi & Asociados (<https://franchiasoc.com.ar/>): <https://franchiasoc.com.ar/ecoblogger/sistemas-de-tratamiento-de-efluentes/#:~:text=%C2%BFQue%20es%20un%20efluente%3F,se%20suelen%20considerar%20como%20contaminaci%C3%B3n.>
- GCGGlobal. (2020). *Unidades de medida: ¿Cómo se mide la temperatura?* Obtenido de GCGGlobal Web Site ([gcfglobal.org](http://gcfglobal.org)): <https://edu.gcfglobal.org/es/unidades-de-medida/como-se-mide-la-temperatura/1/>
- GRAF. (2020). *DQO (Demanda Química de Oxígeno)*. Obtenido de GRAF Web Site (<https://www.graf.info/>): <https://www.graf.info/es-es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/dqo-demanda-quimica-de-oxigeno.html>
- Guemmaz, F., Neffar, S., & Chenchouni, H. (2019). Physicochemical and Bacteriological Quality of Surface Water Resources Receiving Common Wastewater Effluents in Drylands of Algeria. *Water Resources in Algeria*, 98, 117-148. doi:10.1007/698\_2019\_400
- Guzmán, K. (2014). *Determinación de hierro en aguas del sector sur del lago Titicaca (parte del sistema TDPS) mediante la formación de complejo, utilizando la técnica*

*espectrofotométrica*. Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología, La Paz. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10782>

Guzmán, P., López, A., Peralta, M., & Sánchez, A. (20 de Julio de 2021). Advierten peligros por la contaminación en ríos de la selva de San Martín. *El Comercio*, pág. 1. Obtenido de <https://elcomercio.pe/corresponsales-escolares/historias/advierten-peligros-por-la-contaminacion-en-rios-de-la-selva-de-san-martin-tarapoto-noticia/>

HANNA Instruments. (24 de agosto de 2018). *Importancia de la medida de color en el agua de consumo humano*. Obtenido de HANNA instruments Web Site (<https://www.hannacolombia.com/>): <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/importancia-de-la-medida-de-color-en-el-agua-de-consumo-humano>

HANNA Instruments. (17 de mayo de 2019). *Color del agua, parámetro indicador de calidad*. Obtenido de HANNA instruments Web Site (<https://www.hannacolombia.com/>): <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>

HANNA instruments. (2020). *La Temperatura afecta el pH del Agua*. Obtenido de HANNA instruments Web Site (<https://www.hannacolombia.com/>): <https://www.hannacolombia.com/blog/post/39/la-temperatura-afecta-el-ph-del-agua>

Higiene Ambiental. (17 de mayo de 2023). *¿Qué nos indican los niveles de hierro y manganeso sobre la calidad del agua de consumo?* Obtenido de Higiene Ambiental Web Site (<https://higieneambiental.com/>): <https://higieneambiental.com/calidad-del-agua-de-consumo-hierro>

INDUANALISIS. (04 de junio de 2019). *DBO y DQO*. Obtenido de [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31)

Infante, N., & Tacilla, T. (2019). *Influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río cajamarquino - Llacanora, 2017*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23611/Infante%20Zambrano%20Nancy%20Madelin%20-%20Tacilla%20Culqui%20Tania%20Jhamilce.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Infante, N., & Tacilla, T. (2019). *Influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río cajamarquino - Llacanora, 2017*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23611/Infante%20Zambrano%20Nancy%20Madelin%20-%20Tacilla%20Culqui%20Tania%20Jhamilce.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Keller, R., Pratte-Santos, R., Scarpati, K., Martins, S., Loss, S., Machado, T., . . . Cassini, S. (2019). Surveillance of Enteric Viruses and Thermotolerant Coliforms in Surface Water and Bivalves from a Mangrove Estuary in Southeastern Brazil. *Food and Environmental Virology*, 11, 288-296. doi:10.1007/s12560-019-09391-3
- Kumar, V., Chandra, R., Thakur, I., & Saxena, G. (2020). Recent advances in physicochemical and biological treatment approaches for distillery wastewater. En M. Shah, & A. Banerjee, *Combined Application of Physico-Chemical & Microbiological Processes for Industrial Effluent Treatment Plant*. (págs. 79-118). Singapur: Springer. doi:10.1007/978-981-15-0497-6\_6
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (octubre de 2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revistas USIL*, 2(2), 14. Obtenido de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- Lenntech. (2019). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>
- LGsonic. (2021). *Contaminación del agua – Tipos, fuentes, efectos, soluciones*. Obtenido de LGsonic Web Site (<https://www.lgsonic.com/>): <https://www.lgsonic.com/es/contaminacion-del-agua/>
- Londoño, M., & Gómez, B. (2020). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de la asociación Colombiana de Nutrición Clínica*, 4(1), 1-15. doi:DOI: 10.35454/rncm.v4n1.202
- López, S. (2018). Reducción DQO y DBO. Aguas residuales. *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/alejandro-santos-altas/reduccion-dqo-dbo-aguas-residuales>
- Maco, J. (diciembre de 2003). *Hidrografía*. (MIDAGRI, Ed.) Obtenido de MIDAGRI Web site (<https://www.midagri.gob.pe/>):

[https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/san\\_martin/hidrografia\\_de\\_la\\_region\\_san\\_martin.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/san_martin/hidrografia_de_la_region_san_martin.pdf)

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (07 de junio de 2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de Minam Web Site : <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (7 de junio de 2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) Web Site (<https://sinia.minam.gob.pe/>): <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/descargas-aguas-residuales-domesticas-sin-tratamiento>

National Institutes of health. (2020). Datos sobre el magnesio. *National Institutes of health*, 1-3. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Magnesium-DatosEnEspanol.pdf>

National Institutes of Health. (2022). Datos sobre el hierro. *National Institutes of Health*, 1-3. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf>

OEFA [Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental]. (2020). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de OEFA Web Site (<https://www.oefa.gob.pe/>): [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

OMEGA PERÚ. (16 de septiembre de 2022). *¿Qué es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y cómo medirla?* Obtenido de OMEGA PERÚ Web Site (<https://omegaperu.com.pe/>): <https://omegaperu.com.pe/que-es-la-demanda-bioquimica-de-oxigeno-dbo-y-como-medirla/>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (febrero de 2016). *LA VINCULACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN ENTRE CERTIFICACIÓN Y LA*

*FISCALIZACIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de Oefa Web Site: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=17031#:~:text=Instrumento%20de%20gesti%C3%B3n%20ambiental%20\(IGA,sus%20normas%20complementarias%20y%20reglamentarias.](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=17031#:~:text=Instrumento%20de%20gesti%C3%B3n%20ambiental%20(IGA,sus%20normas%20complementarias%20y%20reglamentarias.)

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). *Desafíos Globales: Agua*. Obtenido de Naciones Unidas Web Site (<https://www.un.org/>): <https://www.un.org/es/global-issues/water>

RAE. (07 de diciembre de 2023). *Definición de Calidad*. Obtenido de Significados.com: <https://www.significados.com/calidad/>

Ramprasad, C., Sona, K., Afridhi, M., & Kumar, R. (2021). Water quality assessment of the cauvery and vaigai river at upstream and downstream locations: Impact of domestic and industrial effluents. *Indian Journal of Ecology*, 48(2), 615 - 619.

Ramprasad, C., Sona, K., Afridhi, M., & Kumar, R. (2021). Water quality assessment of the cauvery and vaigai river at upstream and downstream locations: Impact of domestic and industrial effluents. *Indian Journal of Ecology*, 48(2), 615-619. Obtenido de <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ije1&volume=48&issue=2&article=048>

Rodriguez, N. (2022). *Influencia del vertimiento de las aguas residuales domesticas en la calidad del agua del Rio Chuyapi - distrito Santa Ana, 2021*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88818>

Rodriguez, N. (2022). *Influencia del vertimiento de las aguas residuales domesticas en la calidad del agua del Rio Chuyapi - distrito Santa Ana, 2021*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88818>

Rojo, A. (2020). Una mirada al círculo cromático. *Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable*, 313-314. Obtenido de [https://www.cnea.gob.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/1083/cnea\\_mdidact\\_ies\\_ds\\_hojitas\\_ciencia-39\\_p313-314.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.cnea.gob.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/1083/cnea_mdidact_ies_ds_hojitas_ciencia-39_p313-314.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Salcido, E., Nuztas, C., Grijalva, M., Echávarry, A., & Ortiz, L. (julio de 2017). *Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente*. Obtenido de Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente : <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4930/RPAP2E05V1710%20Agua.pdf?sequence=2>

- Santacruz, D. (2019). *Evaluación de la calidad del agua por vertimientos de aguas residuales en la zona media y baja de la quebrada Miraflores de Pasto-Nariño*. Tesis de Maestría, Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Manizales. Obtenido de <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/3650>
- Scielo. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88 - 92. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>
- Sharma, R., Kumar, R., Chandra, S., Alansari, N., Kant, K., Prasad, R., & Agarwal, A. (2020). Analysis of Water Pollution Using Different Physicochemical Parameters: A Study of Yamuna River. *Frontiers Environ. Sci.* Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.581591/full>
- Singler, W., & Bauder, J. (2015). *Nitrato y Nitrito*. Obtenido de Regional Water Program: [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)
- Vasquez, E. (2017). *Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones*. Obtenido de Agua Web Site (<https://agua.org.mx/>): <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>
- Vigiak, O., Grizzetti, B., Udias, A., Zanni, M., Dorati, C., Bouraoui, F., & Pistocchi, A. (2019). Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. *Science of The Total Environment*, 1089-1105. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719307508>
- Villanueva, M. (octubre de 2022). *Definición de Influenza*. Obtenido de Significado.com: <https://significado.com/influenza/>
- Wang, R., Xu, A., Chen, J., Wenjuan, L., Jarvis, V., & Britten, J. (2019). Reversing Organic–Inorganic Hybrid Perovskite Degradation in Water via pH and Hydrogen Bonds. *The journal de physical chemistry letters*, 7245–7250. Obtenido de Concepto.de: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jpcclett.9b02972>
- Westall, F., & Brack, A. (2018). The Importance of Water for Life. *Space Science Reviews*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0476-7>
- Yaoguang, W., Yisha, J., Dong, A., Daoliang, L., Wenshu, L., & Qiong, W. (2019). Review of Dissolved Oxygen Detection Technology: From Laboratory Analysis to

Online Intelligent Detection. *Sensors*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3995>

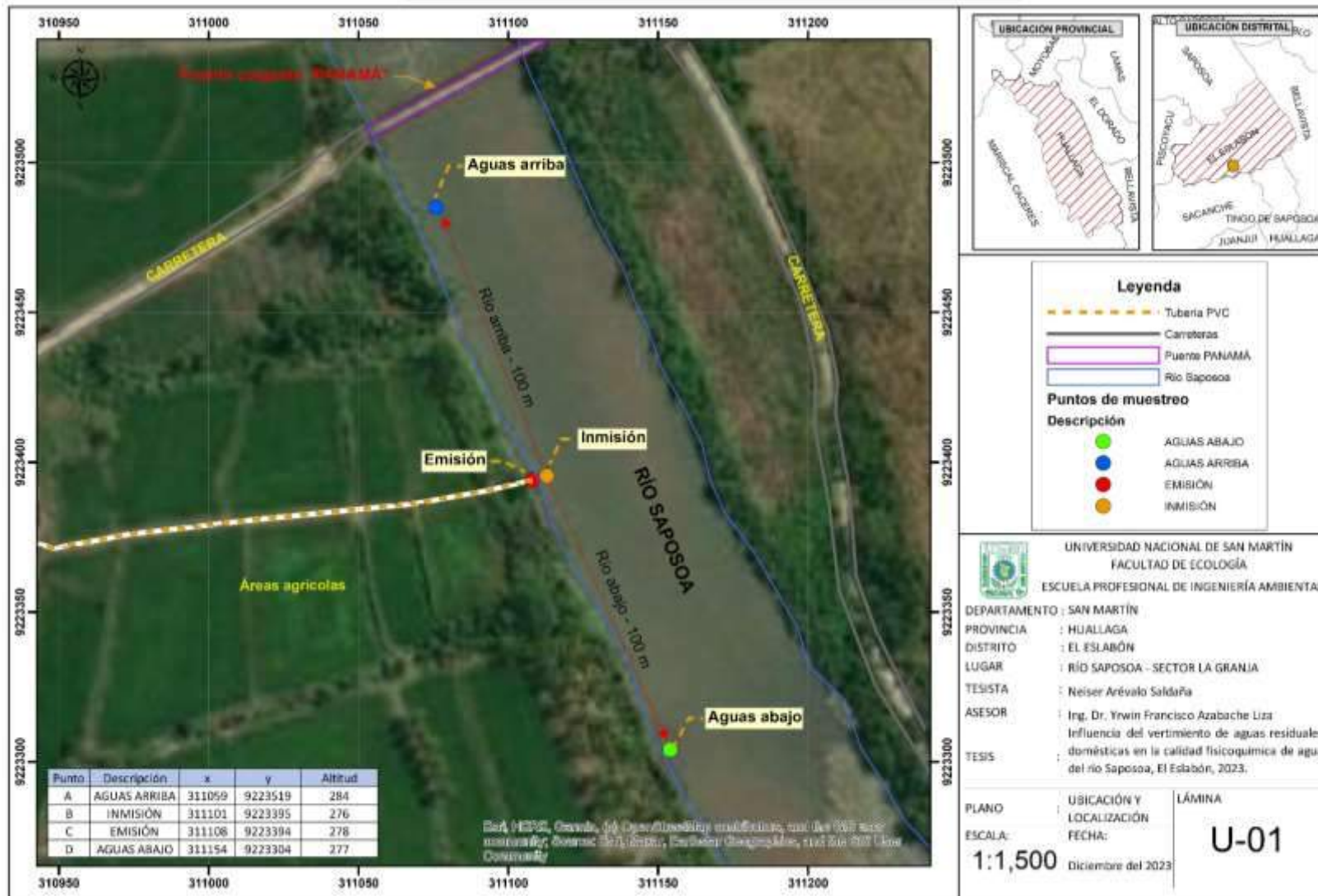
Zhao, Y., Li, P., & Li, X. (2019). Direct filtration for the treatment of the coagulated domestic sewage using flat-sheet ceramic membranes. *Chemosphere*, 383-390. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519302723>

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: "Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023"																
Problema	Objetivos	Hipótesis	Sistema de variables	Metodología												
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿El vertimiento de las aguas residuales domésticas influye en la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa, el Eslabón?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la influencia de las aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa, El Eslabón.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Evaluar la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa, El Eslabón.</p> <p>Analizar la comparación de los parámetros fisicoquímicos con los ECAS.</p> <p>Determinar el Índice de calidad de agua aplicando la metodología del ANA Perú.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El vertimiento de aguas residuales domésticas no influye en la calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa, el Eslabón.</p>	<p><i>Evaluar la calidad fisicoquímica</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calidad de agua del río Saposoa, El Eslabón</td> <td>Parámetros físicos  Parámetros químicos</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Comparación de los resultados con los ECAs</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Instrumento de gestión ambiental (ECAs)</td> <td>Valores del ECAs para aguas de Cat 3.</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Calidad de agua en los puntos de muestreos</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calidad del agua del río Saposoa</td> <td>Índice de Calidad de Agua (ICA – PE)</td> </tr> </tbody> </table>	Variable abstracta	Variable concreta	Calidad de agua del río Saposoa, El Eslabón	Parámetros físicos  Parámetros químicos	Variable abstracta	Variable concreta	Instrumento de gestión ambiental (ECAs)	Valores del ECAs para aguas de Cat 3.	Variable abstracta	Variable concreta	Calidad del agua del río Saposoa	Índice de Calidad de Agua (ICA – PE)	<p><b>Tipo de Investigación:</b> <i>Básica</i></p> <p><b>Nivel de la Investigación:</b> <i>Explicativa</i></p> <p><b>Población y muestra:</b> Población (N) = Aguas del Río Saposoa, Sector El Eslabón</p> <p>Muestra (n) = 4 L de agua del Río Saposoa, Sector El Eslabón.</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> No experimental</p> <p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación calidad fisicoquímica del agua del río Saposoa</li> <li>- Comparación de los resultados con los ECAs (Cat 3)</li> <li>- Determinar la calidad de agua mediante los ICA-PE, metodología del ANA.</li> </ul>
Variable abstracta	Variable concreta															
Calidad de agua del río Saposoa, El Eslabón	Parámetros físicos  Parámetros químicos															
Variable abstracta	Variable concreta															
Instrumento de gestión ambiental (ECAs)	Valores del ECAs para aguas de Cat 3.															
Variable abstracta	Variable concreta															
Calidad del agua del río Saposoa	Índice de Calidad de Agua (ICA – PE)															

Anexo 2. Mapa de ubicación del proyecto.



## Anexo 3. Resultados de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**RESULTADOS DE ANALÍTICA DE AGUA**

**Información**

- ✓ Tipo de muestra : Agua (río Saposoa y residual)
- ✓ Punto de muestreo : **P3-C-EMISIÓN**
- ✓ ECA : Categoría 3, Subcategoría D1 y D2
- ✓ Muestreado por :
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Ensayos realizados por :
  - Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Fecha de recepción : 15 / 12 / 2022
- ✓ Fecha de reporte : 20 / 12 / 2022

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR P3-C	INTERPRETACIÓN	VALORES DE REFERENCIA	
				PARÁMETRO	VALOR
pH	Unidad pH	6,83	Normal	pH	6,5-8,5 / 6,5-8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	1,54	Muy bajo, no normal	Oxígeno disuelto	≥ 4 / ≥ 5
Temperatura	°C	30,90	Normal, Bajo	Temperatura	34 / 34
Conductividad	µS/cm	437	Normal	Conductividad	2500 / 2500
Color	UPC	930	Extremadamente alto	Color	100 / 100
DQO	mg/L	129,2	Extremadamente alto	DQO	40 / 40
DBO <sub>5</sub>	mg/L	108	Extremadamente alto	DBO <sub>5</sub>	15 / 15
Manganeso	mg/L	0,121	Normal, Bajo	Manganeso	0,2 / 0,2
Hierro	mg/L	0,55	Normal, muy bajo	Hierro	5 / **
Nitritos	mg/L	0,433	Normal, muy bajo	Nitritos	10 / 10
Nitratos	mg/L	17,5	-	Nitratos	** / **
Nitritos + Nitratos	mg/L	17,933	Normal, muy bajo	Nitritos + Nitratos	100 / 100

El símbolo \* dentro de la tabla significa D1: Riego de vegetales; D2: Bebida de animales.  
 El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

  
 Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



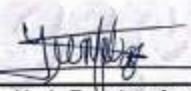
**LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**RESULTADOS DE ANALÍTICA DE AGUA**

**Información**

- ✓ Tipo de muestra : Agua (río Saposca y residual)
- ✓ Punto de muestreo : P2-B INMISION
- ✓ ECA : Categoría 3, Subcategoría D1 y D2
- ✓ Muestreado por :
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Ensayos realizados por :
  - Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Fecha de recepción : 15 / 12 / 2022
- ✓ Fecha de reporte : 20 / 12 / 2022

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR P2-B	INTERPRETACIÓN	VALORES DE REFERENCIA	
				PARÁMETRO	VALOR
pH	Unidad pH	7,42	Normal, ligeramente alcalino	pH	6,5-8,5/6,5-8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	3,69	Bajo, no normal	Oxígeno disuelto	≥ 4    ≥ 5
Temperatura	°C	31,80	Normal, Bajo	Temperatura	34    34
Conductividad	µS/cm	399	Normal	Conductividad	2500    2500
Color	UPC	970	Extremadamente alto	Color	100    100
DQO	mg/L	29,20	Normal, Bajo	DQO	40    40
DBO <sub>5</sub>	mg/L	351	Extremadamente alto	DBO <sub>5</sub>	15    15
Manganeso	mg/L	0,168	Normal, Bajo	Manganeso	0,2    0,2
Hierro	mg/L	0,42	Normal, muy bajo	Hierro	5    **
Nitritos	mg/L	0,435	Normal, muy bajo	Nitritos	10    10
Nitratos	mg/L	10,4	-	Nitratos	**    **
Nitritos + Nitratos	mg/L	10,835	Normal, muy bajo	Nitritos + Nitratos	100    100

El símbolo \* dentro de la tabla significa D1: Riego de vegetales; D2: Bebida de animales.  
 El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



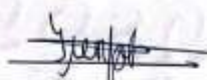
**LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**RESULTADOS DE ANALÍTICA DE AGUA**

**Información**

- ✓ Tipo de muestra : Agua (rio Saposa y residual)
- ✓ Punto de muestreo : **P1-A (AGUAS ARRIBA)**
- ✓ ECA : Categoría 3, Subcategoría D1 y D2
- ✓ Muestreado por :
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Ensayos realizados por :
  - Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Fecha de recepción : 15 / 12 / 2022
- ✓ Fecha de reporte : 20 / 12 / 2022

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR P1 - A	INTERPRETACIÓN	VALORES DE REFERENCIA		
				PARÁMETRO	VALOR	
					D1*	D2*
pH	Unidad pH	7,60	Normal, ligeramente alcalino	pH	6,5-8,5	6,5-8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	3,79	Bajo, no normal	Oxígeno disuelto	≥ 4	≥ 5
Temperatura	°C	32,10	Normal, Bajo	Temperatura	34	34
Conductividad	µS/cm	391	Normal	Conductividad	2500	2500
Color	UPC	1160	Extremadamente alto	Color	100	100
DQO	mg/L	40,90	Ligeramente alto	DQO	40	40
DBO <sub>5</sub>	mg/L	21	Alto	DBO <sub>5</sub>	15	15
Manganeso	mg/L	0,187	Normal, Bajo	Manganeso	0,2	0,2
Hierro	mg/L	0,53	Normal, muy bajo	Hierro	5	**
Nitritos	mg/L	0,411	Normal, muy bajo	Nitritos	10	10
Nitratos	mg/L	9,2	-	Nitratos	**	**
Nitritos + Nitratos	mg/L	9,611	Normal, muy bajo	Nitritos + Nitratos	100	100

El símbolo \* dentro de la tabla significa D1: Riego de vegetales; D2: Bebida de animales.  
 El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**RESULTADOS DE ANALÍTICA DE AGUA**

**Información**

- ✓ Tipo de muestra : Agua (río Saposca y residual)
- ✓ Punto de muestreo : **P4-D (AGUAS ABAJO)**
- ✓ ECA : Categoría 3, Subcategoría D1 y D2
- ✓ Muestreado por :
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Ensayos realizados por :
  - Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
  - Bach. Neiser Arévalo Saldaña
- ✓ Fecha de recepción : 15 / 12 / 2022
- ✓ Fecha de reporte : 20 / 12 / 2022

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR P4-D	INTERPRETACIÓN	VALORES DE REFERENCIA	
				PARÁMETRO	VALOR
					D1* D2*
pH	Unidad pH	7,46	Normal, ligeramente alcalino	pH	6,5-8,5 6,5-8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	3,69	Bajo, no normal	Oxígeno disuelto	≥ 4 ≥ 5
Temperatura	°C	24,90	Normal, Bajo	Temperatura	34 34
Conductividad	µS/cm	411	Normal, Bajo	Conductividad	2500 2500
Color	UPC	1090	Extremadamente alto	Color	100 100
DQO	mg/L	85,80	Muy alto	DQO	40 40
DBO <sub>5</sub>	mg/L	21	Alto	DBO <sub>5</sub>	15 15
Manganeso	mg/L	0,192	Normal, Bajo	Manganeso	0,2 0,2
Hierro	mg/L	0,60	Normal, muy bajo	Hierro	5 **
Nitritos	mg/L	0,409	Normal, muy bajo	Nitritos	10 10
Nitratos	mg/L	11,7	-	Nitratos	** **
Nitritos + Nitratos	mg/L	12,109	Normal, muy bajo	Nitritos + Nitratos	100 100

El símbolo \* dentro de la tabla significa D1: Riego de vegetales; D2: Bebida de animales.  
 El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza



**Anexo 4. Valores de los ECA Categoría 3**

**ECA para el agua - Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05

Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b><u>ORGÁNICO</u></b>				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b><u>PLAGUICIDAS</u></b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b><u>Organoclorados</u></b>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b><u>Carbamato</u></b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b><u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</u></b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

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

(b) : Después de filtración simple.

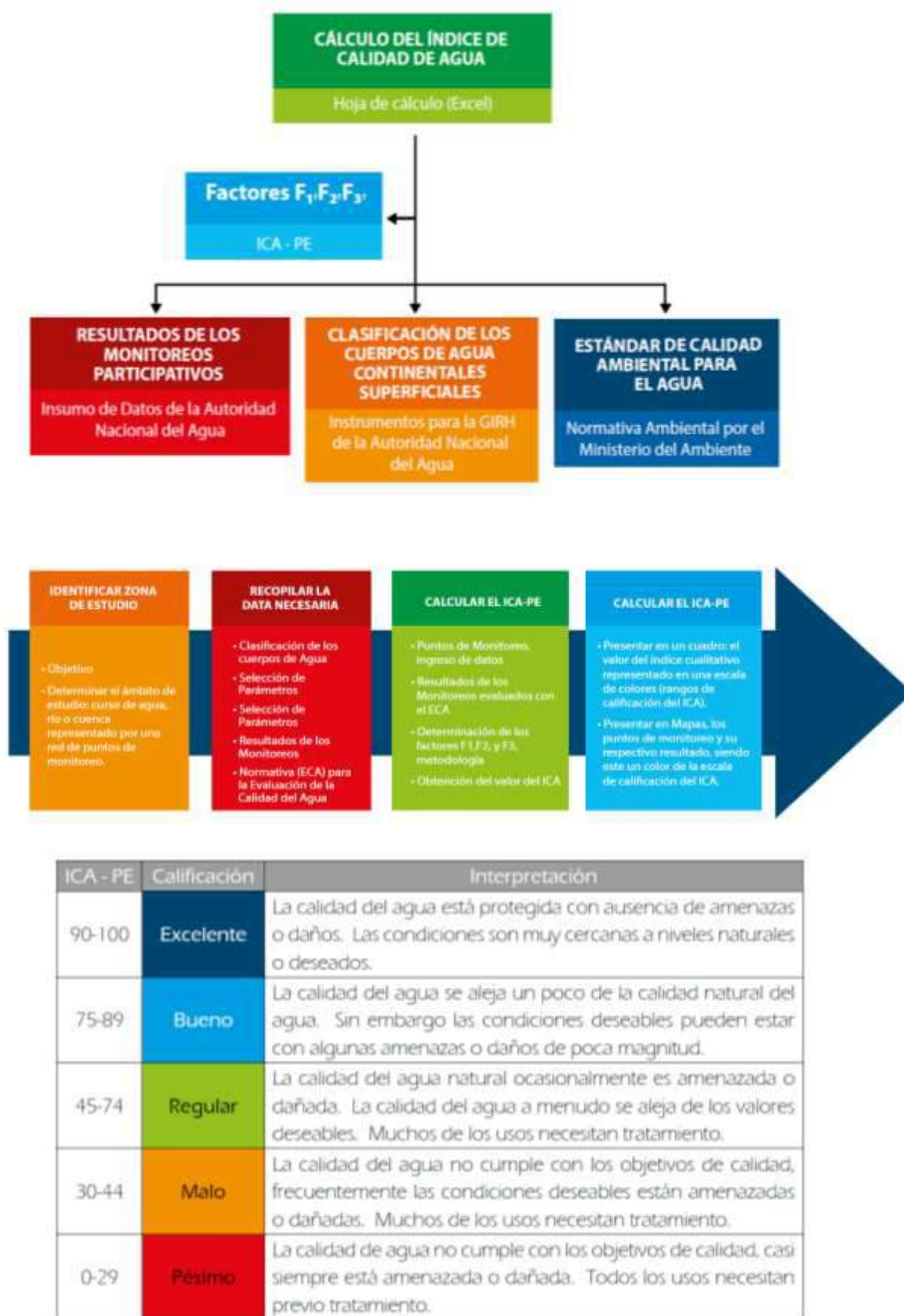
(c) : Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota:**

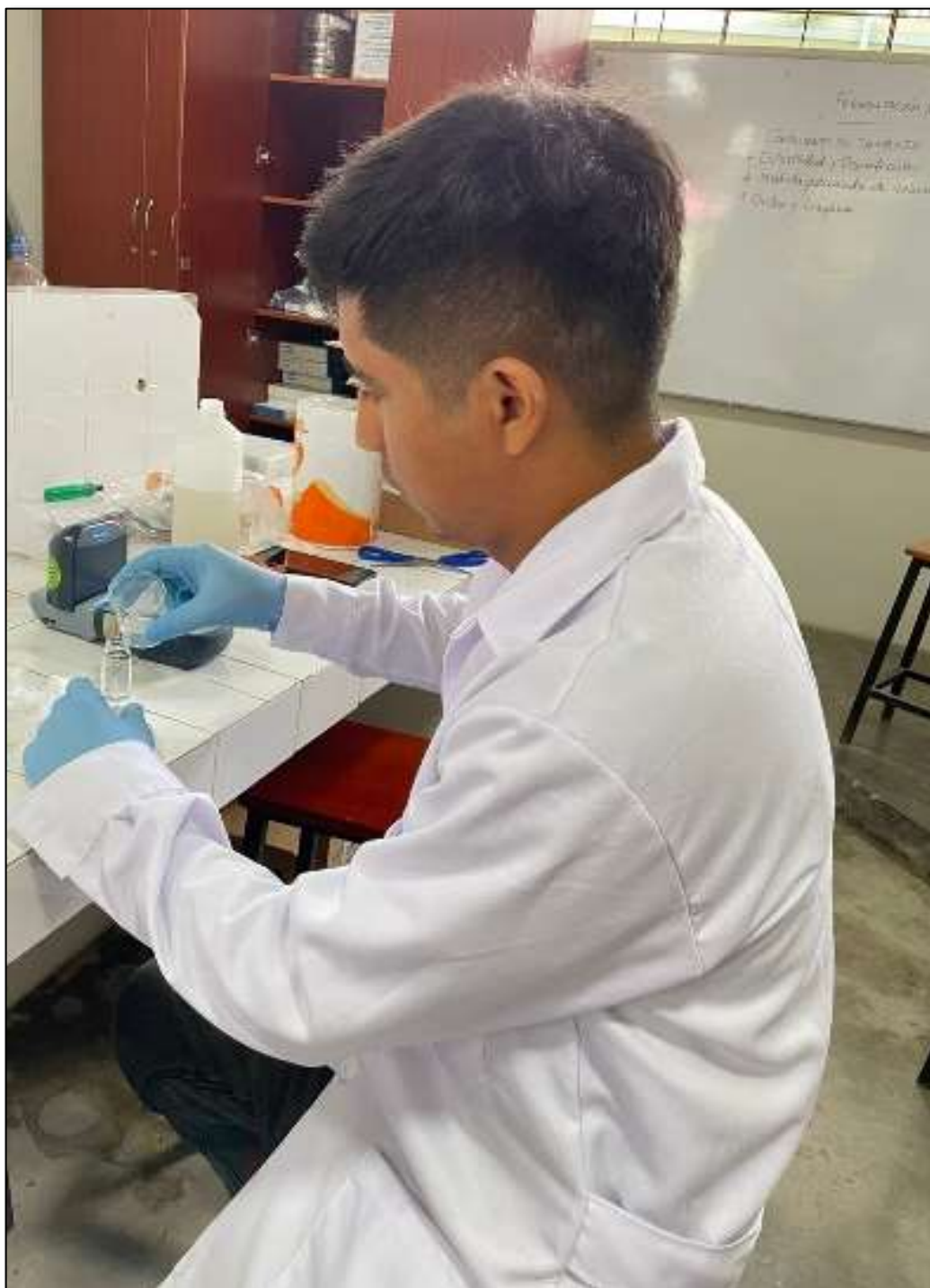
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## Anexo 5. Procedimientos del ICA-PE



**Anexo 6.** Panel fotográfico.

**Anexo 6-A.** Evaluación del parámetro Color.



**Anexo 6-B.** *Evaluación del parámetro Demanda química de oxígeno (DQO).*



**Anexo 6-C.** *Evaluación del parámetro Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).*



Anexo 6-D. Evaluación del parámetro Manganeso.



**Anexo 6-E. Evaluación del parámetro Hierro**



**Anexo 6-F. Evaluación del parámetro Nitritos**

**Anexo 6-G. Evaluación del parámetro Nitratos**

**Anexo 7. Matriz de incidencias ambientales**

<b>Tipo de Incidencia</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Parámetros Físicoquímicos Afectados</b>	<b>Descripción de la Incidencia</b>	<b>Posibles Fuentes de Contaminación</b>	<b>Valor de Incidencia</b>
Vertimiento de aguas residuales domésticas	P3-C (Punto de emisión)	DQO, DBO5, pH, Oxígeno Disuelto	Descarga directa de aguas residuales sin tratamiento, incrementando la carga orgánica en el agua.	Instalaciones de viviendas cercanas al río.	Alto
Actividad agrícola (uso de fertilizantes)	P4-D (Aguas abajo)	Nitratos, Nitritos, Conductividad	Uso de fertilizantes en la zona, lo que incrementó los niveles de nitratos en el agua.	Campos de cultivo cercanos a las orillas del río.	Medio
Lavado de ropa en la orilla del río	P1-A (Aguas arriba)	Detergentes (surfactantes), pH	Lavado de ropa que aportó detergentes al agua, afectando el pH y la calidad general del agua.	Actividades domésticas de la población local.	Bajo
Lluvia intensa (escorrentía superficial)	P2-B (Punto de inmisión)	Turbidez, Sólidos Suspendidos	Aumento de turbidez y sólidos suspendidos debido a la escorrentía arrastrando sedimentos.	Lluvias intensas en la cuenca, arrastrando sedimentos.	Medio
Vertimiento industrial (pequeñas industrias locales)	P3-C (Punto de emisión)	Metales Pesados (Hierro, Manganeso)	Descarga ocasional de efluentes industriales, alterando los niveles de metales pesados.	Pequeñas industrias cercanas al punto de muestreo.	Alto
Actividades recreativas (festividades locales)	P4-D (Aguas abajo)	Color, DBO5, Sólidos Suspendidos	Festividades locales que contribuyeron al incremento de residuos sólidos y color en el agua.	Acumulación de basura y residuos de eventos locales.	Medio
Fuga de aguas grises (sistemas de desagüe)	P1-A (Aguas arriba)	DQO, pH, Conductividad	Filtración de aguas grises provenientes de viviendas, lo que afectó la conductividad del agua.	Sistemas de desagüe domésticos cercanos.	Bajo

# Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023

*por* Neiser Arévalo Saldaña Arévalo Saldaña

---

**Fecha de entrega:** 13-jun-2025 12:54p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2650660527

**Nombre del archivo:** TESIS\_NEISER\_AREVALO\_13.06.2025.docx (9.97M)

**Total de palabras:** 22349

**Total de caracteres:** 126652

# Influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad fisicoquímica de agua del río Saposoa, El Eslabón, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

14%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%