

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del impacto de los vertimientos domésticos y efluentes
de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto,
Oxapampa – 2025**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Milagros Arlette GUSTAVSON SINCHE

Bach. Harry Andre ROTTIERS CHAVEZ

Asesor:

Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA

Oxapampa - Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del impacto de los vertimientos domésticos y efluentes
de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto,
Oxapampa – 2025**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hitlser Juan CASTILLO PAREDES
PRESIDENTE

Dr. Anderson MARCELO MANRIQUE
MIEMBRO

Mg. Jorge Zuriel CURI AGUIRRE
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 042-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Milagros Arlette, GUSTAVSON SINCHE

Bach. Harry Andre, ROTTIERS CHAVEZ

Escuela de Formación Profesional:

Ingeniería Ambiental

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo:

"Evaluación del impacto de los vertimientos domésticos y
efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río
San Alberto, Oxapampa – 2025"

Asesor

Mg. Edson Valery, RAMOS PEÑALOZA

Índice de Similitud

4 %

Calificativo:

APROBADO

Se adjunta el informe y el reporte de evaluación del software Turnitin Similarity.

Cerro de Pasco, 13 de julio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar / FAU
20154682646 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.07.2026 10:57:42 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para afrontar cada desafío y permitirme alcanzar esta importante meta.

A mis padres, Humberto y Olga, por su amor incondicional, su apoyo constante y los sacrificios realizados a lo largo de mi formación; por ser mi principal fuente de motivación y ejemplo de perseverancia.

A mi familia, por su confianza, comprensión y acompañamiento permanente en cada etapa de mi vida.

Finalmente, a mí mismo, por la dedicación, el esfuerzo y la constancia que hicieron posible la culminación de este logro académico.

Harry

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía en cada paso de este camino, por brindarme fortaleza en los momentos difíciles y la sabiduría necesaria para continuar hasta alcanzar esta meta.

A mis padres, Johnny y Lourdes por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos de duda, y por acompañarme con paciencia, apoyo y comprensión a lo largo de todo este proceso. Este logro también les pertenece.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, me brindaron palabras de aliento y motivación para no rendirme.

Finalmente, me lo dedico a mí misma, por la perseverancia, el esfuerzo y la determinación demostrados, y por haberme levantado ante las dificultades, reafirmando que con dedicación y constancia es posible alcanzar los objetivos propuestos.

Milagros

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos y darme la oportunidad de culminar este logro académico.

A mis padres y familia, por su apoyo incondicional, comprensión y palabras de aliento durante todo el desarrollo de esta tesis.

A mis docentes y asesor, por compartir sus conocimientos, orientación y dedicación, los cuales fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Asimismo, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en el desarrollo de esta investigación, brindándome su apoyo y confianza.

Harry

A Dios, por acompañarme en cada etapa de este proceso, brindándome la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar los desafíos y alcanzar este importante logro.

A mis docentes y, de manera especial, a mi asesor, por su orientación, paciencia y valiosos aportes, fundamentales en la elaboración de esta tesis y en mi formación profesional.

A las instituciones que hicieron posible el desarrollo de la presente investigación, en especial al Instituto del Bien Común (IBC), por su apoyo y colaboración.

A la institución donde desarrollo mis actividades profesionales, por brindarme la oportunidad de crecer, aprender y fortalecer mis capacidades.

A todas las personas que, con su apoyo, orientación y palabras de aliento, contribuyeron a la culminación de este trabajo.

Finalmente, a mi familia, por su amor, confianza y apoyo incondicional, por ser el pilar fundamental que me impulsa a seguir adelante.

Milagros

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto, ubicado en el distrito de Oxapampa durante el año 2025, y los meses de enero y febrero del 2026. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental, de corte transversal y nivel descriptivo-comparativo, considerando dos puntos de muestreo, uno no impactado (SA-01) y otro impactado (SA-02). Se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tales como pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), nitrógeno total y coliformes totales, cuyos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) y evaluados mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA). Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los límites permisibles en ambos puntos de muestreo, destacando valores de DBO_5 menores a 2 mg/L, lo que indicó una baja presencia de materia orgánica biodegradable y una adecuada capacidad de autodepuración del río; sin embargo, el análisis microbiológico mostró un incremento significativo de coliformes totales en el punto impactado (4900 NMP/100 mL), evidenciando contaminación de origen fecal asociada a vertimientos domésticos y efluentes porcinos. Asimismo, el Índice de Calidad del Agua evidenció una disminución de la calidad de “excelente” en el punto no impactado a “buena” en el punto impactado, confirmando la influencia de las descargas antrópicas en la calidad del recurso hídrico. Se concluyó que los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina generaron un impacto ambiental diferenciado en la calidad del agua del río San Alberto, afectando principalmente el componente microbiológico, evidenciando un estado de contaminación incipiente con implicancias sanitarias y ambientales relevantes.

Palabras clave: calidad del agua, vertimientos domésticos, efluentes porcinos, índice de calidad del agua, contaminación microbiológica.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the impact of domestic discharges and pig farming effluents on the water quality of the San Alberto River, located in the district of Oxapampa, during the year 2025 and January–February 2026. The research was conducted under a quantitative approach, of an applied type, with a non-experimental, cross-sectional design and a descriptive-comparative level, considering two sampling points: one non-impacted (SA-01) and one impacted (SA-02). Physicochemical and microbiological parameters were analyzed, including pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, biochemical oxygen demand (BOD₅), total nitrogen, and total coliforms. The results were compared with the Environmental Quality Standards for Water (Supreme Decree No. 004-2017-MINAM) and evaluated using the Water Quality Index (WQI). The physicochemical parameters remained within permissible limits at both sampling points, highlighting BOD₅ values lower than 2 mg/L, which indicated a low presence of biodegradable organic matter and an adequate self-purification capacity of the river. However, the microbiological analysis showed a significant increase in total coliforms at the impacted point (4900 MPN/100 mL), evidencing fecal contamination associated with domestic discharges and pig farming effluents. Likewise, the Water Quality Index showed a decrease in quality from “excellent” at the non-impacted point to “good” at the impacted point, confirming the influence of anthropogenic discharges on water quality. It was concluded that domestic discharges and pig farming effluents generated a differentiated environmental impact on the water quality of the San Alberto River, mainly affecting the microbiological component and evidencing an incipient state of contamination with relevant sanitary and environmental implications.

Keywords: water quality, domestic discharges, pig farming effluents, water quality index, microbiological contamination.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua constituye un elemento fundamental para la conservación de los ecosistemas acuáticos y el desarrollo sostenible de las poblaciones humanas, especialmente en zonas donde los cuerpos de agua superficial representan la principal fuente de abastecimiento. En este contexto, la cuenca del río San Alberto, ubicada en el distrito de Oxapampa, región Pasco, cumple un rol estratégico al proveer agua para consumo, actividades productivas y servicios ecosistémicos como la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad (Carhuaricra Espinoza, 2022). Sin embargo, el crecimiento poblacional, la expansión de actividades pecuarias y la limitada infraestructura de saneamiento han generado presiones significativas sobre la calidad de este recurso hídrico.

En particular, los vertimientos domésticos y los efluentes provenientes de la crianza porcina constituyen fuentes relevantes de contaminación, al introducir cargas orgánicas, nutrientes, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos en el cuerpo de agua, lo cual deteriora su calidad y representa riesgos tanto para la salud pública como para el equilibrio ecológico (Metcalf, 2000; OPS-OMS, 2020). Asimismo, la descarga directa de estos efluentes sin tratamiento previo es una práctica común en zonas rurales y periurbanas, lo que agrava la problemática ambiental en la zona de estudio.

En este sentido, surge la necesidad de responder a la interrogante principal de investigación: ¿Cuál es el impacto de los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025? Esta problemática se sustenta en la evidencia de que las actividades antrópicas influyen directamente en la alteración de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, afectando su aptitud para diversos usos.

La presente investigación se justifica desde una perspectiva ambiental, social y científica. Desde el enfoque ambiental, permite evaluar el grado de alteración del ecosistema acuático y su relación con actividades humanas; desde el punto de vista social, contribuye a la protección de la salud de la población que depende de este recurso; y en el ámbito científico, genera información relevante para la gestión sostenible del agua y el cumplimiento

de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el Perú (MINAM, 2017). Además, el estudio aporta evidencia técnica que puede ser utilizada en la toma de decisiones para la mitigación de impactos y la planificación ambiental en la provincia de Oxapampa.

En relación con los objetivos, el objetivo general es evaluar el impacto de los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025. Como objetivos específicos se plantea analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en puntos afectados y no afectados; determinar la variación de la calidad del agua mediante indicadores ambientales y normativos; e identificar el grado de impacto ambiental a través de índices de contaminación y matrices de evaluación.

Asimismo, se plantea como hipótesis que los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina generan un impacto significativo en la calidad del agua del río San Alberto, evidenciado por variaciones en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y en el Índice de Calidad del Agua (ICA) entre zonas impactadas y no impactadas (Shah & Joshi, 2017).

En cuanto al alcance, el estudio se delimitó espacialmente en un tramo representativo del río San Alberto, considerando un punto aguas arriba (zona no impactada) y un punto aguas abajo (zona impactada). Temporalmente, la investigación se desarrolló durante el periodo 2025, permitiendo evaluar las condiciones del agua en un contexto representativo. Temáticamente, se centró en el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y del Índice de Calidad del Agua (ICA), en concordancia con los estándares normativos vigentes (MINAM, 2017).

Finalmente, la metodología corresponde a un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con diseño no experimental y nivel descriptivo-comparativo (Hernández Sampieri, 2014). Se realizaron muestreos en puntos estratégicos del río, aplicando protocolos estandarizados para la recolección, análisis de laboratorio y procesamiento de datos. Los resultados fueron evaluados mediante indicadores ambientales como el ICA y comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, lo que permitió determinar el nivel de impacto generado por los vertimientos en el ecosistema fluvial.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	4
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos.....	5
1.4.	Formulación de objetivos.....	5
1.4.1.	Objetivo general.....	5
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.2.	Bases teóricas - científicas	12
2.3.	Definición de términos básicos	35
2.4.	Formulación de hipótesis.....	37

2.4.1. Hipótesis general	37
2.4.2. Hipótesis específicas	37
2.5. Identificación de variables	38
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	40
3.2. Nivel de investigación	41
3.3. Métodos de investigación	41
3.4. Diseño de investigación	42
3.5. Población y muestra	43
3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos	44
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	45
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	46
3.9. Tratamiento estadístico	47
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	50
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	52
4.3. Prueba de hipótesis	63
4.4. Discusión de resultados	68

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Parámetros de calidad del agua y su relevancia.	33
Tabla N° 2. Escala de calificación.....	34
Tabla N° 3. Parámetros de calidad del agua y sus pesos unitarios.....	34
Tabla N° 4. Escala de calidad del agua basada en el ICA	35
Tabla N° 5. Operacionalización de variables	39
Tabla N° 6. Resultados de análisis.	52
Tabla N° 7. Determinación del ICA del agua.....	62
Tabla N° 8. Resultados de análisis de laboratorio acreditado HIDROLAB y parámetros de campo.	64
Tabla N° 9. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.	65
Tabla N° 10. Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.	65
Tabla N° 11. Medidas de ajuste del modelo.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico N° 1. Ubicación de puntos de muestreo en la cuenca San Alberto.	51
Gráfico N° 2. Conductividad eléctrica de los puntos muestreados en el río San Alberto. ...	53
Gráfico N° 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno de los puntos muestreados en el río San Alberto.	54
Gráfico N° 4. Coliformes totales de los puntos muestreados en el río San Alberto.....	56
Gráfico N° 5. Concentración de nitrógeno total de los puntos muestreados en el río San Alberto.	58
Gráfico N° 6. Potencial de hidrógeno (pH) de los puntos muestreados en el río San Alberto.	59
Gráfico N° 7. Oxígeno disuelto de los puntos muestreados en el río San Alberto.	60

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La contaminación de los recursos hídricos constituye uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud señala que millones de personas continúan expuestas a fuentes de agua contaminadas por descargas domésticas, actividades pecuarias y deficientes sistemas de saneamiento, generando riesgos para la salud humana y los ecosistemas acuáticos (OPS-OMS, 2020). De manera similar, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura advierte que la expansión de las actividades ganaderas intensivas incrementa la generación de efluentes con altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos que pueden alterar significativamente la calidad de las aguas superficiales (Food and agriculture organization of the United Nations, 2022) .

En el Perú, la Autoridad Nacional del Agua ha identificado que las principales fuentes de deterioro de los cuerpos de agua están asociadas a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, residuos de actividades agropecuarias y deficiencias en la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas (ANA, 2023). Diversos estudios desarrollados en ríos de la sierra y selva peruana han reportado incrementos de demanda bioquímica de oxígeno, nutrientes y coliformes

termotolerantes asociados a actividades urbanas y pecuarias, afectando la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos (Custodio Villanueva et al., 2016; Lima Huacho, 2020).

En la provincia de Oxapampa, la cuenca del río San Alberto representa una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la población urbana y rural, además de constituir un ecosistema estratégico para la conservación de la biodiversidad y la regulación hídrica de la zona. Según Carhuaricra Espinoza, (2022), la cuenca posee una extensión aproximada de 1753 hectáreas y abastece de agua a cerca de 9500 habitantes. Asimismo, gran parte de la cuenca se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, lo que incrementa su importancia ecológica y ambiental.

No obstante, durante los últimos años se ha evidenciado un crecimiento progresivo de asentamientos humanos, actividades pecuarias y crianzas porcinas en las márgenes del río. El Plan Maestro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén 2022-2026 reporta la presencia de actividades agropecuarias y descargas de aguas residuales que representan una amenaza para la calidad del recurso hídrico (RBIOAY, 2024); de igual manera, el Informe N.º 053-2025-MPO-GRB/SUBG-GA/MLLV elaborado por la Municipalidad Provincial de Oxapampa identificó 22 puntos de descarga de aguas residuales hacia el río San Alberto, de los cuales 10 corresponden a establecimientos de crianza porcina, evidenciando que los efluentes son vertidos directamente al cuerpo receptor sin tratamiento previo.

La descarga continúa de aguas residuales domésticas y efluentes porcinos puede incorporar al río elevadas concentraciones de materia orgánica biodegradable, nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos y microorganismos indicadores de contaminación fecal, generando procesos de degradación de la calidad del agua, reducción del oxígeno disuelto, eutrofización y riesgos sanitarios para la población que utiliza este recurso. Diversas investigaciones han demostrado que los efluentes porcinos presentan altas concentraciones de DBO₅, DQO, nitrógeno total y

microorganismos patógenos, constituyéndose en una de las fuentes más significativas de contaminación de aguas superficiales en zonas rurales (Cesoniene et al., 2019; Garzon Zúñiga & Buelna, 2014).

A pesar de la importancia ambiental y social del río San Alberto, actualmente no se dispone de información científica actualizada que permita determinar el grado de afectación generado por los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina sobre la calidad del agua, esta situación limita la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y dificulta la implementación de medidas orientadas a la conservación de la cuenca y la protección de la salud pública.

Frente a esta problemática surge la necesidad de evaluar la influencia de los vertimientos domésticos y los efluentes de crianza porcina sobre los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto, mediante la comparación de sectores impactados y no impactados por estas actividades.

La investigación se justifica debido a que permitirá generar evidencia científica para identificar el estado actual del recurso hídrico, establecer una línea base ambiental para futuros monitoreos y contribuir a la gestión sostenible de la cuenca. Asimismo, los resultados servirán como soporte técnico para la Municipalidad Provincial de Oxapampa, la Autoridad Nacional del Agua y las entidades encargadas de la conservación ambiental en la implementación de medidas de control, monitoreo y mitigación de impactos.

La ejecución del estudio resulta viable debido a la accesibilidad de los puntos de muestreo seleccionados, la disponibilidad de información secundaria generada por el Instituto del Bien Común (IBC) y entidades locales, el acceso a laboratorios acreditados para el análisis de muestras de agua y la disponibilidad de recursos humanos, económicos y logísticos necesarios para el desarrollo de la investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se desarrolló en el lugar que impacta la población de San Alberto, ubicada en el distrito y provincia de Oxapampa, región Pasco, con altitudes que varían entre 1846 y 1953 msnm. El estudio abarcó el tramo del río, 500 m antes de la población (libre de impacto de la población) y 200 m después de la población (zona impactada), donde se evidencian mayores impactos antrópicos por descargas domésticas y efluentes pecuarios provenientes de granjas porcinas y viviendas aledañas.

El trabajo de campo se delimita temporalmente al periodo comprendido entre enero y febrero de 2026, coincidiendo con la temporada de transición lluviosa, que favorece la movilidad de contaminantes y permite una evaluación representativa de la calidad del agua, además se comparó con los reportes trimestrales de monitoreo del 2025 realizado por el Instituto de Bien Común (IBC).

Asimismo, la delimitación temática abarca la evaluación fisicoquímica, microbiológica e Índice de Calidad del Agua (ICA) del río, según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), categoría 4 (Conservación ambiente acuático), subcategoría E2 (ríos de selva).

El enfoque se restringe al análisis del impacto de vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina, excluyendo otras fuentes de contaminación como agroquímicos o escorrentía agrícola difusa, las cuales podrían abordarse en investigaciones complementarias debido a la presencia de agricultura a través de toda la cuenca San Alberto.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿En qué medida los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?
- ¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?
- ¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto, Oxapampa – 2025?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.
- Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.
- Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.

1.5. Justificación de la investigación

La cuenca del río San Alberto constituye una fuente estratégica de abastecimiento de agua para la población urbana de Oxapampa y las poblaciones rurales adyacentes, además cumple funciones ecológicas esenciales como la regulación hídrica, conservación de biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos (Carhuaricra Espinoza, 2022; RBIOAY, 2024).

Sin embargo, la ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y la expansión desordenada de crianzas porcinas a lo largo de la ribera viene generando un deterioro progresivo de la calidad del agua, evidenciado por la presencia de materia orgánica, nutrientes (nitratos y fosfatos), **coliformes** totales y termotolerantes que superan los valores normativos establecidos por el MINAM.

Desde la perspectiva ambiental y sanitario, el estudio permitirá cuantificar el grado de alteración del cuerpo hídrico y su relación directa con las descargas antrópicas, proporcionando información científica útil para la gestión ambiental local, el cumplimiento de los ECA–Agua, y el fortalecimiento de la política de conservación de la zona estudiada.

En el ámbito académico y científico, la investigación contribuirá a ampliar el conocimiento sobre la interacción entre actividades pecuarias y calidad de agua en ecosistemas tropicales, siendo un insumo técnico relevante para la planificación territorial y la gestión integrada de recursos hídricos en Oxapampa.

Asimismo, se justifica por su pertinencia social, ya que busca generar evidencia que permita orientar medidas de educación ambiental, control sanitario y mitigación de impactos, garantizando la seguridad hídrica y la salud pública de la población local y de Oxapampa.

1.6. Limitaciones de la investigación

Entre las principales limitaciones identificadas tenemos las siguientes:

1.6.1. Limitación temporal

El estudio se ejecutó en un periodo puntual, lo cual restringe el análisis estacional de la calidad del agua, particularmente durante las épocas lluviosas y secas, que presentan variaciones significativas en el caudal y la concentración de contaminantes.

1.6.2. Limitación logística

El acceso a ciertos puntos de muestreo que pueden verse dificultado por la topografía accidentada, falta de acceso a la población y condiciones climáticas variables, afectando la frecuencia de monitoreo.

1.6.3. Limitación técnica

La disponibilidad de equipos de laboratorio y reactivos puede condicionar la precisión de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, aunque se mitigará mediante el uso de metodologías estandarizadas.

1.6.4. Limitación contextual

La falta de registros históricos de vertimientos y caudales en la cuenca impide realizar una comparación temporal amplia; sin embargo, el estudio establecerá una línea base de calidad de agua para posteriores investigaciones y monitoreos.

A pesar de estas limitaciones, se prevé que los resultados obtenidos sean representativos y válidos para la comprensión del impacto de los vertimientos domésticos y efluentes no domésticos (crianza porcina) sobre el ecosistema fluvial del río San Alberto, constituyendo una referencia técnica para la gestión ambiental local (RBIOAY, 2024).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

En su estudio Cuadros Segura et al., (2021), que realizó en el municipio de Villavicencio, Colombia, realizaron muestreo en 15 puntos y se determinó parámetros fisicoquímicos del agua, series de sólidos, turbiedad, color, demanda química de oxígeno (DQO), pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD); y de suelo: pH, CE, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y concentración de C, N y elementos traza, para identificar impactos sobre los recursos en el área de estudio. Los resultados presentaron valores elevados en parámetros como turbiedad (326 NTU), color (744 UPC) y DQO bruta (600 a 1500 mg/l). En los análisis de cuerpos de agua aledaños al sector, la DQO varió entre 368 y 429 mg/l, el OD osciló entre 5,7 y 7,1 mg/l, valores que resultaron favorables para los cauces. Por su parte, se determinó una alteración significativa en propiedades fisicoquímicas del suelo como pH (5,8-8,2), CIC (8,2-16,78 mEq-g /100 g), CE (57,6-517,3 μ S/ cm) y N (0,03-0,84 mg/kg) asociadas principalmente a los vertimientos. Concluyendo que fue posible identificar un efecto negativo en los recursos agua y suelo, generado por descargas descontroladas de aguas residuales en el lugar, lo cual se encuentra relacionado una pérdida de servicios ambientales y baja calidad de vida.

En su trabajo de investigación Cesoniene et al., (2019), evaluó las fuentes de contaminación más peligrosas como la agricultura intensiva y la ganadería, cuyos residuos de producción tienen un impacto negativo en la calidad del suelo y el agua. Los investigadores realizaron numerosos estudios para dilucidar cómo los diferentes sistemas afectan al medio ambiente. Identificaron en Lituania, los mayores problemas ambientales son causados por 24 granjas con más de 5000 cerdos, 21 granjas avícolas con más de 1000 pollos, 2179 granjas de ganado vacuno de más de 50 plazas y alrededor de 200 000 ovejas. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad de las aguas superficiales en la región de Kaunas, junto a las granjas de cerdos y ganado, además entre 2008 y 2017, siete empresas ganaderas y siete grandes agricultores fueron considerados fuentes potenciales de contaminación en la región de Kaunas, la mitad de estas fuentes eran granjas de cerdos y el resto, granjas de ganado. Los resultados indicaron que, si bien las áreas agrícolas, el número de unidades de ganado y la tasa de nitrógeno por ha fueron similares entre las granjas porcinas y ganaderas, la actividad en las granjas porcinas afectó la calidad de las aguas superficiales más que en las granjas ganaderas. También identificaron que a medida que aumentaba el número de unidades de ganado (UG) en las granjas, el pH disminuyó y los materiales en suspensión, nitratos y fosfatos, aumentaron en las aguas superficiales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En su estudio Custodio Villanueva et al., (2016), realizado en el río Cunas, Huancayo Perú, que tuvo por objetivo analizar la calidad del agua de los ríos mediante indicadores ambientales. Para ello, se muestrearon tres sectores definidos en el río, evaluaron la presión ejercida por las actividades humanas sobre la calidad del agua y la biodiversidad de los macroinvertebrados bentónicos a través de la carga de DBO₅ para las descargas de aguas residuales. La calidad del agua del río se evaluó mediante INSF, los resultados obtenidos mostraron una fuerte presión antrópica sobre la calidad del río, con cargas de DBO₅ de 23,70 kg/días provenientes de las aguas

residuales de la actividad piscícola, 391,64 kg/día de la ganadería y 418,48 kg/día de la actividad urbana, los indicadores físicos, químicos y bacteriológicos mostraron diferencias significativas en la conductividad, la temperatura y los sólidos disueltos totales. Los autores identificaron cuatro filos, siete clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados bentónicos, concluyendo que las descargas de aguas residuales provenientes de la ganadería y las actividades urbanas ejercen una presión humana significativa sobre la calidad del río.

Según Lima Huacho,(2020), en su trabajo de investigación realizada en el río Sicra Lircay Huancavelica, realizó un muestreo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en tres puntos, siendo la primera antes del vertimiento (PM°1), durante el vertimiento denominada(PM°2) y siendo el tercero después del vertimiento de las aguas residuales domiciliarias (PM°3), analizaron los parámetros cianuro libre, color, DQO, DBO5, oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total, nitratos, nitrógeno amoniacal, sulfuros, sólidos suspendidos totales, temperatura, pH y coliformes termotolerantes, y el índice de calidad de agua con metodología NSF. Para la determinación del efecto del vertimiento, los autores tomaron como base al punto PM°1 como punto blanco o de control, dado que las concentraciones en este punto son mínimas antes del vertimiento de las aguas residuales, y con los resultados hicieron comparación con el ECA agua D.S N°004-2017-MINAM, para la determinación del ICA NSF se trabajó en base a nueve parámetros entre ellos físicos, químicos y microbiológicos, obteniendo así un índice de 42.18, lo cual según National Sanitation Foundation – NSF lo cual indica aguas muy contaminadas, siendo los coliformes termotolerantes el parámetro con mayor influencia.

En su trabajo de grado de maestro Tuesta Casique, (2020), demostró que la actividad desarrollada por el hombre tiene un impacto desfavorable sobre el ambiente, especialmente en actividades primarias. Su investigación tiene por objetivo determinar la incidencia del impacto ambiental de la actividad agrícola y ganadera de la microcuenca Juningullo La Mina, sobre la prestación del servicio de agua potable en

la población de la ciudad de Moyobamba se tomaron muestra de 315 usuarios, con un diseño no experimental de tipo transeccional y un nivel de investigación de causa-efecto. Concluyendo que la mala práctica de la actividad agrícola como ganadera generan un impacto negativo en el servicio de agua potable.

2.1.3. Antecedentes locales

En su trabajo de título profesional Leiva Marquina y Almonacid Tello, (2023), determinaron la calidad del agua de los ríos Chontabamba, Huancabamba, Llamaquizu y Quebrada Esperanza del distrito de Oxapampa, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Los investigadores centraron su investigación en los meses de noviembre, diciembre del 2022 y enero del 2023, identificando un total de 6 puntos y evaluaron los parámetros físicos y químicos in situ: temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica, los macroinvertebrados acuáticos fueron recolectados con una red net tipo D y depositadas en alcohol al 70%, y trasladando al laboratorio para su identificación. Los autores identificaron 14 órdenes y 27 familias de macroinvertebrados en los ríos y quebrada de Oxapampa, concluyendo que la calidad del agua con el índice EPT, para el río Chontabamba: "buena" y "muy buena", Quebrada Esperanza y río Llamaquizu: "mala" y río Huancabamba: "regular" a "mala". Evaluado con el índice BMWP/col la calidad del agua del río Chontabamba: "aceptable", Quebrada Esperanza: "critica", río Llamaquizu: "dudosa" y río Huancabamba: "aceptable" a "dudosa". Ante ello, los autores se recomiendan promover campañas de sensibilización para los habitantes del distrito de Oxapampa acerca la importancia de la conservación de los ecosistemas, manejo de residuos sólidos y el cuidado del recurso hídrico.

En su trabajo profesional Bukbich Echevarria, (2022), consideró 4,8 km del cauce y se estableció 13 puntos de monitoreo, en donde realizó dos evaluaciones en estiaje y una en avenidas; para cuantificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, estimó los Índices de Bióticos de Familias (IBF) y Andino (IBA); también,

midió los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos totales y sólidos en suspensión; además evaluó la Calidad de Bosque de Riveras (QBR) y el estado ecológico. Los resultados mostraron condiciones de biodiversidad bajas, afectación en las avenidas del IBA, ligera contaminación orgánica señaló el IBF, cumpliendo los estándares de calidad para la conservación del ambiente acuático en la zona alta y la QBR con afectaciones mayores en la zona media del cauce.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Calidad del agua

Concepto de calidad del agua desde la perspectiva ambiental e hidrobiológica

Desde el punto de vista ambiental e hidrobiológico, la calidad del agua se define como el conjunto de características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que determinan su calidad para un uso determinado y su capacidad de sustentar la vida acuática. Estas características indican el grado de conservación o alteración de un cuerpo hídrico frente a influencias naturales y antrópicas (Castro et al., 2014; Marticorena Castillo, 2021).

El agua, como solvente universal, contiene diversos compuestos disueltos como nutrientes, sales, metales, materia orgánica y microorganismos, cuya concentración determina su calidad. Según la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS, 2021), la calidad del agua está directamente asociada a la presencia de sustancias químicas, nutrientes y agentes microbianos que pueden alterar el equilibrio de los ecosistemas y afectar la salud humana.

Asimismo, la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018) y el CONCYTEC (Marticorena Castillo, 2021) destacan que la calidad del agua constituye un indicador esencial de la salud de los ecosistemas y del grado de sostenibilidad de las actividades humanas, especialmente a consecuencia de vertimientos domésticos y efluentes pecuarios.

***Criterios de clasificación según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
(ECA-Agua)***

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, (MINAM, 2017) que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, clasifica los cuerpos naturales de agua según su uso o finalidad predominante, estableciendo los contaminantes para cada categoría y son:

- Categoría 1: poblacional y recreacional.
- Categoría 2: extracción, cultivo y otras actividades marino costera y continentales.
- Categoría 3: agua para riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: agua para conservación del ambiente acuático.

Cada categoría considera parámetros básicos como pH, temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitratos, fosfatos, metales pesados y coliformes fecales, entre otros, cuyos valores permiten determinar si el cuerpo de agua cumple con la calidad requerida para su uso previsto (MINAM, 2017).

La aplicación del ECA Agua es fundamental para evaluar la calidad de los ríos, como el río San Alberto, frente a fuentes contaminantes como vertimientos domésticos y efluentes pecuarios, tal como recomiendan Rojas Vargas y Rojas Viscarra, (2023) en su estudio que desarrollo sobre la cuenca del río Coata.

Factores naturales y antropogénicos que afectan la calidad del agua

La calidad del agua está influenciada por una combinación de factores naturales (clima, geología, relieve, vegetación, régimen hídrico) y factores antropogénicos (vertimientos domésticos, descargas industriales, uso agrícola intensivo, deforestación y ganadería intensiva).

Según Marticorena Castillo, (2021), el deterioro de la calidad del agua ha evolucionado históricamente en paralelo con el aumento de la urbanización, industrialización y uso del suelo, siendo los nutrientes, metales y contaminantes emergentes los principales agentes de alteración de los ecosistemas acuáticos.

Así mismo, Rojas Vargas y Rojas Viscarra, (2023), identificaron que, en cuencas rurales del Perú, las principales fuentes de contaminación son efluentes domésticos, residuos sólidos y actividades agropecuarias, las cuales provocan aumentos en DBO, DQO, nitrógeno amoniacal y fósforo, superando los límites establecidos por el ECA-Agua.

Por otro lado, Castro et al., (2014) destacan que los cambios en la calidad del agua están determinados por la interacción entre variables bióticas (microorganismos, flora y fauna acuática) y abióticas (pH, temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes), cuya alteración refleja la presión ejercida por las actividades humanas sobre el ecosistema.

Indicadores de contaminación orgánica e inorgánica

Los indicadores de contaminación orgánica incluyen los parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes fecales, que reflejan la carga de materia orgánica biodegradable presente en el agua, los altos valores de DBO y DQO indican un consumo elevado de oxígeno disuelto por microorganismos, lo que genera condiciones anóxicas perjudiciales para la vida acuática (Baird & Rice, 2017; Castro et al., 2014).

En cuanto a la contaminación inorgánica, los indicadores más relevantes son los nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), amoníaco (NH_3), y metales pesados (Pb, Cd, Hg), estos elementos en concentraciones elevadas causan procesos de eutrofización, bioacumulación y toxicidad en los ecosistemas acuáticos (Marticorena Castillo, 2021).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) integra estos indicadores para obtener una valoración numérica del estado del recurso hídrico, siendo una herramienta útil para la gestión ambiental y la comunicación de resultados a las autoridades y la comunidad (Castro et al., 2014).

Relevancia del monitoreo fisicoquímico y biológico en la evaluación de ecosistemas acuáticos

El monitoreo de la calidad del agua es una herramienta esencial para la gestión sostenible de los recursos hídricos, que permite identificar tendencias de deterioro y

evaluar la eficacia de las acciones de mitigación. Según Castro et al. (2014), el monitoreo no consiste solo en la recolección de datos, sino en la interpretación integrada de los resultados para la toma de decisiones ambientales.

El monitoreo fisicoquímico considera parámetros como temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica, OD, DBO, DQO, nitrógeno total, fósforo total y sólidos suspendidos totales; mientras que el monitoreo biológico emplea indicadores como macroinvertebrados bentónicos y coliformes para determinar el grado de alteración ecológica del sistema (ANA, 2018; Baird & Rice, 2017).

En el contexto del río San Alberto, la implementación de un sistema de monitoreo integral permitirá evaluar el impacto de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los ecosistemas acuáticos y comparar los resultados con los estándares nacionales e internacionales.

2.2.2. Vertimientos domésticos y su relación con la contaminación hídrica.

Definición de vertimiento y marco normativo

El vertimiento se define como toda descarga de aguas residuales, tratadas o no tratadas, conducidas hacia un cuerpo receptor natural o artificial (río, lago, quebrada, canal, etc.) (Metcalf, 1995). Según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se establece el Reglamento de Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, con el propósito de evitar la degradación de los cuerpos hídricos receptores (MINAM, 2010). Asimismo, la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, dispone que toda descarga debe contar con autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), garantizando que los vertimientos no afecten los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) ni los usos establecidos del recurso (ANA, 2018).

Desde el punto de vista técnico, los vertimientos domésticos son las descargas provenientes de viviendas, establecimientos comerciales o instituciones, generadas por actividades de higiene, cocina y lavado (Barrera Castillo et al., 2024), estas aguas contienen una mezcla de materia orgánica, detergentes, grasas, nutrientes (nitrógeno

y fósforo), sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, cuya descarga directa a los cuerpos de agua producen deterioro de su calidad y riesgos sanitarios (Cuadros Segura et al., 2021).

Composición típica de las aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas presentan una composición heterogénea, con predominio de materia orgánica biodegradable (carbohidratos, proteínas y grasas), además de detergentes sintéticos, sólidos suspendidos, nutrientes (nitratos y fosfatos) y patógenos como *Escherichia coli* y coliformes fecales (Barrera Castillo et al., 2024; Cuadros Segura et al., 2021).

De acuerdo con el Estudio de Evaluación Ambiental de la Contaminación (Eneque Puicon et al., 2021), las descargas no tratadas incrementan los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), reduciendo la disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua e interfiriendo en los procesos ecológicos acuáticos, además de la presencia de detergentes y fosfatos que promueve la eutrofización, mientras que los sólidos suspendidos disminuyen la transparencia del agua y afectan la fotosíntesis del fitoplancton.

Efectos sobre los parámetros de calidad del agua

Los vertimientos domésticos impactan directamente sobre los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua:

- Aumento de la DBO y DQO: por la alta carga de materia orgánica biodegradable que requiere oxígeno para su descomposición.
- Reducción del oxígeno disuelto (OD): afecta a peces, macroinvertebrados y microorganismos acuáticos.
- Incremento de sólidos suspendidos totales (SST): provoca turbidez y sedimentación que alteran los hábitats bentónicos.

- Elevada concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo): genera procesos de eutrofización, proliferación de algas y pérdida de biodiversidad (Cuadros Segura et al., 2021)
- Incremento de coliformes fecales y E. coli: indicadores biológicos de contaminación sanitaria, que evidencian la presencia de aguas residuales domésticas no tratadas (Barrera Castillo et al., 2024).

Estos efectos se traducen en una disminución del Índice de Calidad del Agua (ICA) y un deterioro de la capacidad de autodepuración del río receptor, lo cual es especialmente relevante en ecosistemas tropicales como el del río San Alberto en Oxapampa.

Procesos de degradación y autodepuración en cuerpos receptores

Cuando las aguas residuales son vertidas a cuerpos hídricos naturales, se inician procesos físicos, químicos y biológicos de autodepuración, que tienden a restaurar el equilibrio natural del sistema, sin embargo, la capacidad de autodepuración depende del caudal, temperatura, oxigenación y carga contaminante del río (Cuadros Segura et al., 2021).

Los principales procesos involucrados son:

- Sedimentación de sólidos suspendidos.
- Degradación biológica de materia orgánica por microorganismos aerobios.
- Nitrificación y desnitrificación: conversión del amonio a nitratos y su posterior reducción a nitrógeno gaseoso.
- Asimilación de nutrientes por algas y macrófitas.

En condiciones de alta carga orgánica, el consumo de oxígeno supera su tasa de renovación, generando zonas anóxicas y mortandad de fauna acuática, además de generar gases (H_2S , CH_4). Por ello, la descarga continua de vertimientos domésticos sin tratamiento adecuado sobrepasa la capacidad natural de resiliencia de los ecosistemas acuáticos (Cuadros Segura et al., 2021).

Implicancias ambientales en el contexto del río San Alberto

En la cuenca del río San Alberto del distrito de Oxapampa, los vertimientos domésticos provenientes de las viviendas y las actividades porcinas constituyen la principal fuente de contaminación orgánica (Carhuaricra Espinoza, 2022). La interacción de estos efluentes produce un incremento acumulativo de la carga orgánica y microbiológica, afectando el oxígeno disuelto, DBO₅, DQO y coliformes fecales, indicadores esenciales de la calidad del agua.

El impacto resultante se manifiesta en:

- Pérdida de biodiversidad acuática, especialmente de macroinvertebrados sensibles.
- Riesgo sanitario para la población que utiliza el agua para consumo o recreación.
- Alteración del equilibrio biogeoquímico y reducción del potencial de autodepuración del río.

Por tanto, la gestión ambiental de los vertimientos domésticos en la zona debe incluir el tratamiento primario y secundario de las aguas residuales, el monitoreo periódico de la calidad del agua conforme al D.S. N° 004-2017-MINAM, y la educación ambiental comunitaria para reducir el impacto sobre la cuenca.

2.2.3. Efluentes de crianza porcina y su carga contaminante

Caracterización de efluentes porcinos

Los efluentes de crianza de cerdos son las aguas residuales generadas durante las actividades de manejo, limpieza y producción en granjas porcinas, estos efluentes contienen una mezcla compleja de materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo), sólidos, grasas, antibióticos, hormonas y microorganismos patógenos (Cruz Aviña et al., 2024). Su composición depende del tamaño de la granja, la etapa productiva (maternidad, destete o engorde), la dieta animal y la eficiencia en el uso del agua.

Según Garzon Zúñiga & Buelna, (2014), la demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes porcinos puede variar entre 3000 y 40000 mg/L, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) entre 1000 y 10 000 mg/L, los sólidos suspendidos totales (SST) entre 1000 y 25000 mg/L, y el nitrógeno total (NT) entre 500 y 2000 mg/L. El fósforo total (PT) suele encontrarse en concentraciones de 30 a 400 mg/L, mientras que el nitrógeno amoniacal (NH₄⁺) puede alcanzar valores superiores a 1500 mg/L, lo que refleja un alto contenido de materia orgánica con potencial de eutrofización.

Procesos de degradación anaeróbica y formación de compuestos reductores

Los efluentes de actividades de crianza porcinas son altamente biodegradables y, al ingresar en sistemas cerrados o cuerpos de agua con baja oxigenación, generan procesos de degradación anaeróbica. En ausencia de oxígeno, la materia orgánica se descompone mediante la acción de bacterias metanogénicas y fermentativas, generan compuestos reductores como el amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno (H₂S), metano (CH₄) y ácidos grasos volátiles (Garzon Zúñiga & Buelna, 2014).

Estos procesos, aunque naturales, producen efectos secundarios indeseables: malos olores, corrosión, toxicidad para organismos acuáticos y emisiones de gases con potencial de efecto invernadero, además, la alta concentración de nitrógeno amoniacal y fósforo estimula la proliferación de algas y cianobacterias cuando los efluentes llegan a cuerpos superficiales (Cruz Aviña et al., 2024).

Impactos en cuerpos de agua receptores

El vertimiento de efluentes de granjas porcinas sin tratamiento adecuado genera múltiples impactos ambientales, entre los que destacan:

- Eutrofización: El exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) promueve el crecimiento desmedido de algas y macrófitas acuáticas, reduciendo el **oxígeno** disuelto y provocando mortandad de peces (Garzon Zúñiga & Buelna, 2014).
- Anoxia e hipoxia: El incremento de DBO y DQO ocasiona un consumo acelerado del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática y alterando el equilibrio del ecosistema.
- Proliferación microbiana: La presencia de coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* en concentraciones elevadas (hasta 10⁸ UFC/100 mL) representa un riesgo sanitario para comunidades cercanas (Cruz Aviña et al., 2024).
- Toxicidad y bioacumulación: Sustancias como amoníaco libre, sulfuros y metales pesados pueden acumularse en sedimentos y organismos, afectando las cadenas tróficas.

En el contexto del río San Alberto (Oxapampa), la descarga conjunta de efluentes domésticos y porcinos podría exacerbar los procesos de degradación orgánica y eutrofización, reduciendo la calidad del agua y la resiliencia ecológica del sistema fluvial.

2.2.4. Parámetros fisicoquímicos como indicadores de impacto

Importancia de los parámetros en la evaluación de la calidad hídrica

Los parámetros fisicoquímicos constituyen indicadores esenciales para evaluar el estado ambiental de los cuerpos de agua, ellos reflejan la interacción entre los procesos naturales y las actividades antropogénicas, su análisis permite determinar la presencia de contaminantes, la magnitud de la alteración ecológica y la aptitud del agua para distintos usos (Gonzales Sáenz et al., 2023).

La evaluación integrada de estos parámetros permite identificar impactos derivados de vertimientos domésticos y efluentes pecuarios, los cuales modifican el balance de oxígeno, el contenido de nutrientes, la turbidez y la conductividad del agua. Además, la interpretación de los resultados bajo los estándares de calidad ambiental

para Agua (ECA-Agua, D.S. N° 004-2017-MINAM) posibilita establecer si un cuerpo hídrico mantiene su funcionalidad ecológica o presenta deterioro asociado a cargas orgánicas o inorgánicas (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022).

Según la OMS, los parámetros fisicoquímicos son también herramientas de diagnóstico temprano, ya que permiten detectar variaciones temporales en la calidad del agua y anticipar riesgos para la salud humana y los ecosistemas (Villena Chávez, 2018).

Descripción de los principales indicadores

- a. Temperatura: La temperatura del agua influye en la solubilidad del oxígeno y en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas, a mayor temperatura, disminuye la solubilidad del oxígeno disuelto (OD) y se acelera la descomposición de la materia orgánica (Gonzales Sáenz et al., 2023). Los vertimientos domésticos y efluentes de criaderos de porcinos pueden incrementar la temperatura por descargas de aguas residuales tibias, afectando la fauna acuática sensible. El rango aceptable según ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM) no debe superar los ± 3 °C respecto al cuerpo receptor natural en la categoría 4 (conservación de ambiente acuático).
- b. pH: El pH mide la concentración de iones hidrógeno y refleja la acidez o alcalinidad del agua, un pH fuera del rango óptimo (6.5–8.5) altera la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de metales pesados (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022). El D.S. N° 004-2017-MINAM establece un rango permitido de 6.5 a 9 para la categoría 4 (ríos de la selva).
- c. Conductividad eléctrica (CE): La conductividad eléctrica es un indicador de la cantidad de sales disueltas (iones como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}), altos valores pueden reflejar la presencia de efluentes agrícolas o domésticos, lixiviados o infiltraciones salinas (Gonzales Saenz et al., 2023). En aguas naturales, la CE oscila entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; valores superiores pueden sugerir contaminación o mineralización elevada. (Gonzales Sáenz et al., 2023).

- d. Turbidez: La turbidez mide la dispersión de la luz en el agua por efecto de partículas suspendidas (arcillas, materia orgánica, microorganismos), los vertimientos domésticos y pecuarios incrementan la turbidez por aporte de sólidos y coloides, reduciendo la penetración lumínica y afectando la fotosíntesis (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022).
- e. Sólidos totales (ST): Los sólidos totales comprenden la fracción suspendida y disuelta del agua, a elevadas concentraciones afectan la potabilidad, la transparencia y los procesos biológicos. En ambientes receptores de vertimientos, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) puede superar 100 mg/L, indicando arrastre de materia orgánica y sedimentos (Gonzales Sáenz et al., 2023).

Indicadores de materia orgánica

- a. Oxígeno disuelto (OD): El OD es el parámetro más representativo de la salud acuática, su concentración refleja el equilibrio entre los procesos de fotosíntesis, respiración y degradación orgánica. En cuerpos de agua contaminados, el OD disminuye debido al consumo bacteriano durante la oxidación de materia orgánica (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022).

El ECA-Agua (MINAM, 2017) categoría 4, recomienda valores superiores a 5 mg/L para mantener condiciones aerobias.

- b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): La DBO₅ mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica en cinco días, altos valores (> 30 mg/L) indican contaminación por aguas residuales domésticas o efluentes ganaderos (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022).
- c. Demanda Química de Oxígeno (DQO): La DQO cuantifica la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente fuerte (como el dicromato), valores elevados (superiores a 100 mg/L) evidencian una alta carga orgánica y baja capacidad de autodepuración (Gonzales Sáenz et al., 2023).

Nutrientes como indicadores de eutrofización

- a. Nitratos (NO_3^-), Nitritos (NO_2^-) y Amonio (NH_4^+): Los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno y, en exceso, provocan eutrofización; los nitritos reflejan condiciones reductoras intermedias, mientras que el amonio está asociado a materia orgánica en descomposición o vertimientos domésticos recientes (Escando Guachichullca & Cáceres Vintimilla, 2022).

Los ECA-Agua (MINAM, 2017) fijan los siguientes límites:

- Nitrato (como NO_3^-): $\leq 13 \text{ mg/L}$
 - Nitrito (como NO_2^-): $\leq 3 \text{ mg/L}$
 - Amonio (como N): $\leq 1.5 \text{ mg/L}$
- b. Fosfatos y Fósforo total: El fosfato (PO_4^{3-}) y el fósforo total (PT) son nutrientes esenciales pero limitantes en ambientes acuáticos, su aumento, a causa de detergentes o estiércol animal, favorece la proliferación de algas, a concentraciones mayores a 0.1 mg/L de P total pueden desencadenar eutrofización (Gonzales Sáenz et al., 2023).

El análisis de parámetros fisicoquímicos constituye la base científica para diagnosticar el impacto de las actividades humanas sobre la calidad del agua, estos parámetros no solo permiten establecer el estado actual del cuerpo hídrico, sino también predecir procesos de deterioro ambiental, como eutrofización, anoxia o pérdida de biodiversidad. En el contexto del río San Alberto (Oxapampa), su monitoreo periódico servirá para correlacionar los efectos de los vertimientos domésticos y de la porcicultura con los cambios en los indicadores de oxigenación, turbidez y nutrientes, con ello fortaleciendo las estrategias de gestión ambiental local.

2.2.5. Parámetros microbiológicos y salud ambiental

Importancia del análisis bacteriológico como evidencia de contaminación fecal

El análisis bacteriológico del agua constituye un indicador fundamental de su calidad sanitaria y ambiental, ya que permite identificar la presencia de microorganismos patógenos o indicadores de contaminación fecal, estos microorganismos provienen de las excretas humanas o animales y su detección refleja el ingreso de vertimientos domésticos o efluentes pecuarios a los cuerpos hídricos (Gonzales Sáenz et al., 2023).

La contaminación fecal no solo afecta la salud pública, al aumentar el riesgo de enfermedades gastrointestinales (tifus, cólera, diarreas bacterianas, hepatitis A), también compromete los procesos ecológicos del ecosistema acuático (Escando Guachichulca & Cáceres Vintimilla, 2022), por lo tanto, los estudios de calidad de agua deben integrar el análisis bacteriológico como una herramienta de bioindicador directa del grado de afectación ambiental.

Indicadores más usados.

Los coliformes totales y coliformes termotolerantes (fecales) son los indicadores microbiológicos más empleados en la evaluación de la contaminación fecal del agua.

- Coliformes totales: grupo de bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, presentes en el intestino de humanos y animales, pero también en el suelo o vegetación. Su presencia sugiere contaminación general del agua y deficiencia en el tratamiento o desinfección (Baird & Rice, 2017).
- Coliformes termotolerantes o fecales: subgrupo que crece a 44.5°C, compuesto principalmente por *Escherichia coli* (E. coli), considerada el indicador más específico de contaminación fecal reciente. La detección de E. coli confirma la entrada de aguas residuales domésticas o estiércol porcino en el cuerpo de agua (Gonzales Sáenz et al., 2023).

Los efluentes porcinos, ricos en materia orgánica y microorganismos intestinales, son fuentes directas de coliformes fecales, su vertimiento al río San

Alberto podría explicar concentraciones elevadas de estos indicadores, especialmente aguas abajo de zonas de descarga.

Métodos de análisis bacteriológico

Para la determinación de coliformes en agua, se aplican métodos normalizados internacionalmente (Baird y Rice, 2017):

a. Método de filtración por membrana (FM):

- Se filtra un volumen conocido (100 mL) de muestra a través de una membrana de 0.45 µm, que retiene las bacterias.
- El filtro se incuba en un medio selectivo (por ejemplo, m-Endo o m-FC) para el recuento de colonias.
- Es el método más utilizado en monitoreos ambientales y plantas de tratamiento.

b. Método del número más probable (NMP) o tubos múltiples:

- Basado en la fermentación de lactosa con producción de gas en medios selectivos (Lauril Sulfato Triptosa, EC Broth).
- Permite obtener un valor estadístico expresado en NMP/100 mL.

c. Método Petrifilm (placas deshidratadas):

- Técnica rápida y práctica para el recuento de coliformes totales y *E. coli* mediante incubación a 35–44.5 °C.
- Muy usada en laboratorios de campo o universidades por su bajo costo y facilidad de manejo (Escando Guachichulca & Cáceres Vintimilla, 2022).

La elección del método depende de la finalidad del análisis, la calidad de la muestra y la infraestructura disponible, para estudios de impacto ambiental, la filtración por membrana y el NMP son las técnicas más recomendadas por su sensibilidad y comparabilidad con normas nacionales (MINAM, 2017).

Relación entre vertimientos domésticos y presencia microbiana

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianzas pecuarias son las principales fuentes de contaminación microbiológica en cuerpos de agua rurales,

estas descargas contienen elevadas concentraciones de bacterias intestinales, debido a la mezcla de excretas, restos de alimentos y aguas grises.

La infiltración o descarga directa de estos residuos en el río San Alberto provoca:

- Incremento de coliformes totales y termotolerantes, superando los límites establecidos por el MINAM (2017).
- Reducción del oxígeno disuelto (OD) debido a la degradación de materia orgánica, lo que favorece el crecimiento anaeróbico.
- Riesgo sanitario para la población que usa el agua con fines domésticos o recreacionales.
- Alteración de la estructura microbiana natural del ecosistema acuático.

En estudios realizados en cuencas similares, Gonzales, et al. (2023) reportaron concentraciones de *E. coli* entre 500 y 1500 NMP/100mL aguas abajo de zonas con vertimientos domésticos, demostrando su utilidad como trazador biológico de contaminación fecal.

El análisis bacteriológico del agua permite evaluar de forma precisa la magnitud y origen de la contaminación fecal, sirviendo como evidencia directa del impacto de los vertimientos domésticos y porcinos sobre los ecosistemas acuáticos.

2.2.6. Impacto ambiental de vertimientos y efluentes

Concepto y tipos de impacto ambiental

El impacto ambiental se define como cualquier alteración significativa en el entorno físico, químico o biológico de un ecosistema, provocada actividades antrópicas, cambios de uso del suelo y descargas de contaminantes. En cuerpos de agua como ríos, el vertimiento de aguas residuales domésticas y efluentes de crianzas porcinas introduce una mezcla de contaminantes orgánicos, sólidos, nutrientes, microorganismos y compuestos tóxicos que pueden reducir la calidad hídrica y afectar la vida acuática (Barrera Castillo et al., 2024).

Estos impactos pueden clasificarse en:

- Impactos físicos: cambio en la temperatura del agua, aumento en turbidez, alteraciones del flujo hidráulico y sedimentación excesiva. Un río que recibe aguas residuales suele experimentar incrementos bruscos de temperatura y disminución de oxígeno disuelto, lo que afecta a organismos dependientes de condiciones estables (Cuadros Segura et al., 2021).
- Impactos químicos: presencia de materia orgánica (DBO, DQO), nutrientes (nitrógeno, fósforo), aceites y grasas, detergentes y metales pesados. Estas sustancias pueden desencadenar procesos de eutrofización, formación de olores y hábitats insalubres para especies sensibles (Niquén Inga et al., 2021).
- Impactos biológicos: proliferación de bacterias, virus y parásitos (coliformes fecales, *Escherichia coli*, nematodos), pérdida de biodiversidad, mortalidad de especies y cambios en las comunidades acuáticas (Niquén Inga et al., 2021).

La permanencia y magnitud de estos impactos dependen del volumen del vertimiento, composición, capacidad de autodepuración del cuerpo receptor, frecuencia de las descargas y sensibilidad ecológica local (Barrera Castillo et al., 2024).

Modelos de evaluación del impacto sobre ecosistemas acuáticos

La determinación científica del impacto recurre a modelos integrales que consideran indicadores fisicoquímicos, biológicos y herramientas estadísticas y matemáticas (Cuadros Segura et al., 2021).

- Indicadores fisicoquímicos: Entre los parámetros más utilizados están demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos y disueltos, pH, aceites y grasas, temperatura y conductividad eléctrica. Su análisis permite conocer el grado de alteraciones respecto a los estándares establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) (Barrera Castillo et al., 2024).

- Indicadores biológicos: Se evalúa la presencia y cantidad de coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* y otros microorganismos patógenos. Estos indicadores, junto con la medición de oxígeno disuelto, son fundamentales para determinar riesgos a la salud humana y la integridad del ecosistema (Niquén Inga et al., 2021).
- Índices integrados e interpretación estadística: Se aplican índices como el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Calidad de Agua (ICA) y metodologías multivariantes (análisis de componentes principales, regresión múltiple) para sintetizar la información y facilitar la toma de decisiones (Cuadros Segura et al., 2021).
- Modelos dinámicos y de autodepuración: Los modelos matemáticos de transporte y reacción permiten predecir la dilución, degradación y eliminación de contaminantes, considerando el caudal, temperatura y capacidad biológica del río (Niquén Inga et al., 2021).
- La combinación de estos métodos proporciona una visión completa y objetiva del efecto que producen los vertimientos sobre la estructura y función del ecosistema acuático, identificando zonas críticas, riesgos emergentes y posibles rutas de recuperación (Barrera Castillo et al., 2024).

Efectos acumulativos y sinérgicos de vertimientos en cuerpos receptores.

La importancia de considerar los efectos acumulativos y sinérgicos radica en que, al recibir vertimientos domésticos y efluentes porcinos de forma simultánea o frecuente, el río enfrenta una sobrecarga de materia orgánica, nutriente, sólida y microorganismos que exceden su capacidad de autodepuración. Este escenario puede resultar en una disminución drástica del oxígeno disuelto, proliferación de organismos tolerantes a condiciones degradadas (bacterias, algas indeseables),

pérdida de especies nativas y alteraciones irreversibles en la estructura y función del ecosistema (Cuadros Segura et al., 2021).

Por ejemplo:

- La descarga combinada de aguas residuales domésticas (por lavadoras, baños, cocina) y efluentes porcinos (heces, orina, restos alimenticios) eleva exponencialmente los niveles de DBO, DQO y coliformes, generando condiciones óptimas para la degradación anaerobia, aparición de olores, formación de lodos y propensión a epidemias (Barrera Castillo et al., 2024).
- Cuando ambos tipos de descargas coinciden en el tiempo o el espacio, la sinergia de contaminantes produce efectos más graves que la suma individual, favoreciendo la toxicidad e interacción de sustancias, que pueden bloquear funciones biológicas y alterar la capacidad de resiliencia natural del río (Cuadros Segura et al., 2021).
- Estos impactos suelen ser persistentes y, sin intervenciones como tratamiento y gestión adecuada, pueden llegar a niveles críticos que ponen en peligro el abastecimiento local de agua y la salud pública de las comunidades (Niquén Inga et al., 2021).

Criterios para la valoración y jerarquización del impacto ambiental

La valoración del impacto ambiental requiere criterios técnicos, normativos y ecológicos que permitan priorizar las fuentes de contaminación y los riesgos asociados (Barrera Castillo et al., 2024).

Entre los criterios más utilizados están:

- Comparación con normas ambientales: Se analiza si los valores encontrados de DBO, DQO, sólidos, coliformes, aceites y otros parámetros superan los límites fijados por el D.S N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Agua) y disposiciones legales similares en la región (Niquén Inga et al., 2021).

- Magnitud, extensión y persistencia: Se determina el grado de alteraciones físicas, químicas y biológicas en el río, la extensión del área afectada y la persistencia temporal, considerando si el impacto es agudo o crónico (Cuadros Segura et al., 2021).
- Gravedad ecológica y sanitaria: Se priorizan los impactos que generan mayor daño a la vida acuática, provocan riesgos para el consumo humano y afectan la biodiversidad. Por ejemplo, la disminución del oxígeno disuelto a niveles críticos (<5 mg/L) suele indicar zonas con peligro de mortandad para peces y macroinvertebrados sensibles (Barrera Castillo et al., 2024).
- Capacidad de autodepuración y resiliencia: Se evalúa la posibilidad del río de recuperarse naturalmente tras las descargas y la existencia de mecanismos físicos, biológicos y tecnológicos para revertir el daño (Niquén Inga et al., 2021).
- Análisis multivariado e índices de prioridad: El uso de índices ambientales y modelación multivariante facilita la jerarquización de puntos críticos, fuentes de contaminación y alternativas de intervención más efectivas (Cuadros Segura et al., 2021).

El proceso completo requiere monitoreo sistemático, integración de información científica y participación comunitaria para lograr estrategias de mitigación y gestión sostenible del recurso hídrico (Barrera Castillo et al., 2024b).

2.2.7. Índice de Calidad del Agua (ICA) como herramienta integradora

Definición

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es un indicador compuesto normalmente adimensional y con escala de 0 a 100 o análogas que resume la condición general del agua en un punto o tramo a partir de múltiples parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, su propósito es transformar un conjunto de variables técnicas en una sola medida, fácil de interpretar para una evaluación ambiental, comunicación y toma de decisiones (SNET, 2010).

Principales metodologías de cálculo del ICA

Se describen aquí las metodologías más referenciadas y que sirven como marco conceptual:

- a. NSF-WQI (Brown / NSF, modelo clásico): Es un índice multiparámetro desarrollado originalmente por la National Sanitation Foundation (NSF, 1970) mediante técnica Delphi. Identifica nueve parámetros claves (Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez y Sólidos totales) y asigna a cada uno una curva de subíndice (Sub_i) que transforma la concentración a una escala de 0 a 100, cada Sub_i se pondera por un peso W_i y el ICA resultante es un promedio ponderado (aritmético) de los subíndices (Behar G. et al., 1997).
- b. Método multiplicativo tipo Brown / Dinius (versión multiplicativa): Variantes del ICA (por ejemplo, Brown, Dinius y adaptaciones) emplean una agregación multiplicativa ponderada de los subíndices, con la forma general:

$$ICA = \prod_{i=1}^n (Sub_i^{w_i})$$

Donde (Sub_i) es el subíndice normalizado del parámetro i y (w_i) su peso relativo ($\sum w_i = 1$), la agregación multiplicativa es más sensible a valores extremos y, por tanto, penaliza con mayor fuerza la presencia de parámetros críticos alterados (González et al., 2018).

- c. ICA nacional/adaptaciones locales (ICA-DGA, ICA-MFP, ICAS Chile, etc.): Muchos países o entidades (ej. DGA Chile 2004, Fundación Chile, ICAS Chile 2018, ICA-PE) adaptaron el modelo NSF o Brown para incluir parámetros locales, dividir parámetros “obligatorios” vs “complementarios”, ajustar ponderaciones y rangos según las normativas nacional e intereses de gestión. Por ejemplo, en Chile, existen versiones donde se diferencian parámetros generales (OD, pH, CE,

DQO) y parámetros complementarios (metales, nutrientes), y aplica la lógica difusa o reglas (p. ej. que la presencia de parámetros críticos impida clasificaciones demasiado optimistas) (González et al., 2018).

- d. ICA tipo CCME (Canadá) y otras guías. La guía canadiense (CCME) y otras metodologías nacionales definen umbrales según uso y establecen herramientas de evaluación y clasificación que pueden complementar el ICA multiparámetro (por ejemplo, referencia para límites de protección de vida acuática). Estas normativas se usan para definir clases de calidad y valores de referencia en propuestas de ICA nacionales.

Índice de calidad del agua NSF (ICA–NSF) y adaptaciones

En general, los índices de calidad del agua se dividen en cinco grupos principales (Sundar Deva et al., 2019; Tyagi et al., 2020).

- a. Índices públicos: en esta categoría, los índices ignoran el tipo de consumo de agua en el proceso de evaluación, como ICA-NSF y Horton (Sundar Deva et al., 2019).
- b. Índices de consumo específico: en esta categoría, la clasificación del agua se realiza según el tipo de consumo y su aplicación (potable, industrial, preservación de ecosistemas, etc.). Los más importantes y aplicables son los índices de Oconer, Oregón y Columbia Británica (Shah & Joshi, 2017).
- c. Índices estadísticos: en estos índices se utilizan métodos estadísticos y no se consideran las opiniones.
- d. Índices de diseño: esta categoría es un instrumento que facilita la toma de decisiones y la planificación en proyectos de gestión de la calidad del agua.

En este estudio, se utilizará el método de media aritmética ponderada para el *índice de calidad del agua (ICA)*.

El índice de calidad del agua (ICA) mediante el método de media aritmética ponderada (IACP) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^n (w_i * q_i)$$

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

Donde W_i es el peso unitario de cada parámetro, q_i es la calificación del subíndice 0 a 100 para cada variable y n es el número de subíndices agregados.

Las ventajas del método de media aritmética ponderada utilizado en este estudio son (Tyagi et al., 2020):

- Este método incorpora datos de múltiples parámetros de calidad del agua en una ecuación matemática que evalúa la salud de la masa de agua mediante un número.
- Se requiere un menor número de parámetros en comparación con todos los parámetros de calidad del agua para un uso específico.
- Es útil para la comunicación de información general sobre la calidad del agua a los ciudadanos interesados y a los responsables políticos.
- Refleja la influencia combinada de diferentes parámetros, es decir, es importante para la evaluación y la gestión de la calidad del agua.
- El modelo de índice de calidad del agua desarrollado (Shah & Joshi, 2017; Tyagi et al., 2020) consta de cinco pasos:
- Selección de parámetros para la medición de la calidad del agua.

Tabla N° 1. *Parámetros de calidad del agua y su relevancia.*

N°	Parámetro	Relevancia
1	pH	Equilibrio ácido–básico, afecta toxicidad y procesos biológicos.
2	OD	Determina la capacidad del agua para sostener vida acuática.
3	DBO	Carga orgánica biodegradable.
4	Conductividad eléctrica	Detectar contaminación y salinidad
5	Nitrógeno total	Nutriente que causa eutrofización.

6	Coliformes totales	Indicador de contaminación fecal y riesgo sanitario.
---	--------------------	--

Fuente: Shah & Joshi, (2017)

- Desarrollo de una escala de calificación para obtener la calificación (**Vr**).

Tabla N° 2. Escala de calificación

Parámetro	Rango				
pH	7-7.5	8.5-8.6	8.6-8.8	8.8-9.0	>9.0
		6.8-6.9	6.7-6.8	6.5-6.7	<6.5
OD	>6	5.1-6.0	4.1-5.0	3.0-4.0	<3
DBO	0-3	3-6	6-80	80-125	>125
Conductividad eléctrica	0-75	72-150	150-225	225-300	>300
Nitrógeno total	0-20	20-50	50-100	100-200	>200
Coliformes totales	0-5	5-50	50-500	500-10 000	>10 000
Vr	100	80	60	40	0
Clase	1	2	3	4	5
Grado de contaminación.	Limpio	Ligero	Moderado	Excesivo	Grave

Fuente: Shah & Joshi, (2017)

- Estimación del peso unitario de cada parámetro indicador (W_i) considerando la ponderación de cada parámetro.

Tabla N° 3. Parámetros de calidad del agua y sus pesos unitarios.

N°	Parámetro	Unidad	Peso unitario (W_i)
1	pH		0.165
2	OD	mg O ₂ /l	0.281
3	DBO	mg O ₂ /l	0.234
4	Conductividad eléctrica	μS/cm	0.009
5	Nitrógeno total	N-NO ₃ /l	0.028
6	Coliformes totales	NMP/100ml	0.281

Fuente: Shah & Joshi, (2017)

- Determinación del valor del subíndice (W_i y V_r).
- Cálculo de los subíndices para obtener el ICA general.
- Interpretación de resultados.

Tabla N° 4. Escala de calidad del agua basada en el ICA

Valor del ICA	Calidad del agua	Interpretación ambiental
90-100	Excelente	Agua sin contaminación; adecuada para uso recreativo y vida acuática.
70-90	Buena	Leve contaminación; apta para la mayoría de los usos.
50-70	Media	Moderada contaminación; requiere tratamiento previo.
25-50	Mala	Alta contaminación orgánica y bacteriológica.
0-25	Muy mala	Grave contaminación; no apta para ningún uso.

Fuente: Shah & Joshi, (2017)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Amonio (NH_4^+) y Amoniacó (NH_3)

Compuestos nitrogenados generados por la descomposición de materia orgánica, utilizados como indicadores de contaminación en cuerpos de agua (Camargo & Alonso, 2006).

2.3.2. Calidad del agua

Condición física, química y microbiológica de un cuerpo de agua que permite evaluar su estado ambiental y su aptitud para diferentes usos (Lechevallier & Keung, 2003).

2.3.3. Carga microbiana total en cuerpos de agua

Concentración de microorganismos presentes en el agua que permite evaluar su condición sanitaria y microbiológica (Lechevallier & Keung, 2003).

2.3.4. Coliformes fecales

Bacterias utilizadas como indicadores microbiológicos para evaluar la contaminación fecal en el agua (Baird & Rice, 2017).

2.3.5. Contaminación orgánica

Incorporación de compuestos orgánicos al agua que afectan su calidad y pueden incrementar la demanda de oxígeno del medio acuático (Metcalf, 2000).

2.3.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Parámetro que mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua durante cinco días (Metcalf, 2000).

2.3.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua (Metcalf, 2000).

2.3.8. Efluentes porcinos

Aguas residuales generadas por las actividades de crianza de cerdos, que contienen materia orgánica, nutrientes y microorganismos (Girard et al., 2013).

2.3.9. Escherichia coli (E. coli)

Microorganismo indicador de contaminación fecal reciente en cuerpos de agua (Theodoridou Oxinou et al., 2025).

2.3.10. Fosfatos (PO₄³⁻)

Formas inorgánicas de fósforo presentes en el agua, utilizadas como indicadores de la concentración de nutrientes (Camargo & Alonso, 2006).

2.3.11. Índice de Calidad del Agua (ICA/ICA-NSF)

Herramienta de evaluación que resume la calidad del agua mediante la integración de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en un índice numérico (Tyagi et al., 2020).

2.3.12. Nitratos (NO₃⁻)

Compuestos nitrogenados presentes en el agua, utilizados como indicadores de la concentración de nutrientes nitrogenados (Camargo & Alonso, 2006).

2.3.13. Oxígeno Disuelto (OD)

Parámetro que mide la concentración de oxígeno molecular presente en un cuerpo de agua (Wetzel, 2001).

2.3.14. Ph

Parámetro que indica la concentración de iones hidrógeno presentes en el agua y determina su carácter ácido, neutro o alcalino (Lechevallier & Keung, 2003).

2.3.15 Purines

Mezcla líquida o semilíquida de estiércol, orina y agua generada en las actividades pecuarias (Girard et al., 2013).

2.3.16. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Parámetro que mide la concentración de sustancias disueltas presentes en un cuerpo de agua (Sundar Deva et al., 2019)

2.3.17. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Parámetro que mide la concentración de partículas suspendidas presentes en un cuerpo de agua (Sundar Deva et al., 2019).

2.3.18. Turbidez

Parámetro que expresa el grado de dispersión de la luz en el agua debido a partículas suspendidas (Baird & Rice, 2017).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.
- Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.

- Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente:

Vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina

- Tipo: cualitativa dicotómica
- Categorías: Zona impactada y zona no impactada

Variable dependiente:

Calidad del agua del río San Alberto

Dimensiones:

- Parámetros fisicoquímicos
- Parámetros microbiológicos
- Índice de Calidad del Agua (ICA)

Variable Interviniente:

- Factores ambientales y antrópicos

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 5. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad	Técnica	Instrumento	Escala
Vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina	Presencia de descargas de aguas residuales domésticas y efluentes provenientes de actividades de crianza porcina que pueden alterar la calidad del agua	Clasificación de los puntos de muestreo del río San Alberto según la influencia de vertimientos: zona impactada y zona no impactada	Presencia o ausencia de vertimiento.	Tipo de zona (impactada / no impactada)		Observación directa y georreferenciación	Ficha de registro de campo	Nominal dicotómica
Calidad del agua del río San Alberto	Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para diferentes usos	Medición de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y cálculo del ICA en los puntos de muestreo del río	Parámetros fisicoquímicos	pH	Unidades pH	Medición in situ	Multiparámetro	Razón
				Temperatura	°C	Medición in situ	Termómetro	Razón
				Conductividad eléctrica	µS/cm	Medición in situ	Conductímetro	Razón
				Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	Medición in situ	Oxímetro	Razón
				Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	Análisis de laboratorio	Estándar (APHA)	Razón
				Nitrógeno total	mg/L	Análisis de laboratorio	Estándar (APHA)	Razón
			Parámetros microbiológicos	Coliformes totales	NMP/100 mL	Análisis de laboratorio	Fermentación en tubos múltiples	Razón
			Índice de Calidad del Agua (ICA)	Valor del ICA	Índice (0–100)	Cálculo matemático	Software/hoja de cálculo	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental de corte transversal, debido a que se orienta a generar conocimiento útil para la gestión de la calidad del agua del río San Alberto, a partir de la medición objetiva de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en condiciones naturales, sin manipulación de variables. Asimismo, es de corte transversal porque los datos fueron recolectados en un único periodo de tiempo, permitiendo analizar la situación actual del recurso hídrico y establecer relaciones de asociación entre las variables estudiadas (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018; Kerlinger & Lee, 2002).

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que está orientada a generar conocimientos útiles para la solución de un problema ambiental específico, relacionado con el impacto de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre la calidad del agua del río San Alberto. Según Bernal, (2010), la investigación aplicada busca utilizar los conocimientos científicos para resolver problemas concretos de la realidad y contribuir a la toma de decisiones en diversos ámbitos de intervención.

Asimismo, el estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua. Este enfoque permite la contrastación de hipótesis a través de procedimientos estadísticos y la interpretación objetiva de los resultados (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

En consecuencia, la investigación permitió evaluar las diferencias en la calidad del agua entre una zona impactada y una zona no impactada del río San Alberto, mediante la medición de indicadores ambientales y microbiológicos, generando evidencia científica útil para la gestión y conservación de los recursos hídricos de la provincia de Oxapampa.

3.2. Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel descriptivo-comparativo, porque describe las características fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua y compara los resultados obtenidos entre una zona impactada y una zona no impactada del río San Alberto. Este nivel permite identificar diferencias atribuibles a la presencia de vertimientos domésticos y efluentes porcinos, sin establecer relaciones causales directas, debido a que las variables fueron observadas en condiciones naturales y sin manipulación experimental (Bernal, 2010; Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.3. Métodos de investigación

La investigación se sustentó en el método hipotético-deductivo, debido a que partió de conocimientos científicos previos sobre la contaminación de cuerpos de agua por vertimientos domésticos y efluentes pecuarios, a partir de los cuales se formularon hipótesis que posteriormente fueron contrastadas mediante la observación, medición y análisis de datos ambientales obtenidos en el río San Alberto. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres, (2018), este método permite verificar proposiciones

teóricas mediante evidencia empírica obtenida a través de procedimientos sistemáticos de investigación.

La aplicación del método hipotético-deductivo comprendió la formulación de hipótesis, la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA), y la comparación de los resultados obtenidos entre una zona impactada y una zona no impactada (Bernal, 2010). De esta manera, fue posible determinar las variaciones en la calidad del agua asociadas a la presencia de vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina, dentro de un diseño no experimental y un nivel descriptivo-comparativo.

3.4. Diseño de investigación

La presente investigación adoptó un diseño no experimental, transversal y descriptivo-comparativo, es no experimental porque las variables de estudio fueron observadas y analizadas en su contexto natural, sin manipulación deliberada por parte del investigador. Según Hernández Sampieri & Mendoza Torres, (2018), en los diseños no experimentales los fenómenos son estudiados tal como ocurren en la realidad, sin intervenir sobre las variables independientes.

Es transversal porque la recolección de datos se realizó en un único periodo de tiempo, correspondiente al monitoreo efectuado durante los meses de enero y febrero de 2026, permitiendo evaluar el estado de la calidad del agua en un momento específico.

Asimismo, es descriptivo-comparativo porque permitió describir las características fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua y comparar los resultados obtenidos entre una zona no impactada (SA-01) y una zona impactada (SA-02) por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina, identificando diferencias asociadas a la presencia de estas fuentes de contaminación, que se muestra a continuación.

M1 ----- O1X

M2 ----- O2X

M1: Muestra de agua del río San Alberto, zona no impactada por vivienda y/o criadero de porcinos de la población (SA-01).

M2: Muestra de agua del río San Alberto, zona impactada por vivienda y/o criadero de porcinos de la población (SA-02).

O1X: Calidad del agua en zona no impactada.

O2X: Calidad del agua en zona impactada.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por el recurso hídrico superficial del río San Alberto, ubicado en la provincia de Oxapampa, específicamente en el tramo influenciado por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina, donde se evaluó la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

En la presente investigación, la población estuvo representada por el agua superficial del río San Alberto dentro del área de estudio, susceptible de presentar variaciones en su calidad debido a la influencia de actividades antrópicas.

3.5.2. Muestra.

La muestra estuvo constituida por dos puntos de monitoreo seleccionados estratégicamente en el río San Alberto:

- SA-01: Zona no impactada (aguas arriba de los vertimientos).
- SA-02: Zona impactada (aguas abajo de los vertimientos domésticos y efluentes porcinos).

En cada punto se realizaron muestreos de agua para la determinación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y del Índice de Calidad del Agua (ICA), permitiendo la comparación entre ambas condiciones ambientales.

De acuerdo con (Bernal, 2010), la muestra es una parte representativa de la población seleccionada para obtener información que permita describir o analizar el fenómeno estudiado.

3.5.3. Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico intencional o por criterio técnico, debido a que los puntos de monitoreo fueron seleccionados considerando las características hidrológicas del río y la ubicación de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante las técnicas de observación directa, medición in situ y muestreo puntual de agua superficial, las cuales permitieron obtener información relacionada con las características ambientales y la calidad del agua del río San Alberto en los puntos de monitoreo establecidos.

La técnica de observación directa se empleó para identificar y registrar las condiciones físicas del entorno, las características del cauce, la presencia de vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina, así como otros factores que pudieran influir en la calidad del agua, para ello se utilizó una ficha de campo y registro fotográfico como instrumentos de recopilación de información.

La técnica de medición in situ fue utilizada para determinar los parámetros fisicoquímicos directamente en campo, tales como temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, como instrumento se empleó un equipo multiparámetro HANNA HI 9829 previamente calibrado, siguiendo los procedimientos establecidos por Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA) (ANA, 2016) .

Asimismo, se aplicó la técnica de muestreo puntual para la obtención de muestras se analizaron en el Laboratorio HIDROLAB S.A.C acreditados INACAL bajo normas ISO/IEC 17025, utilizando métodos estandarizados para parámetros

fisicoquímicos, microbiológicos y de contaminación orgánica., para ello se utilizaron frascos de polietileno y recipientes estériles adecuados para cada tipo de análisis. La toma, preservación, rotulado, transporte y almacenamiento de las muestras se efectuó conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA.

De acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres, (2018), las técnicas de recolección de datos constituyen los procedimientos sistemáticos utilizados para obtener información relevante del fenómeno estudiado, mientras que los instrumentos corresponden a los medios empleados para registrar y medir dicha información, en ese sentido, las técnicas e instrumentos seleccionados permitieron obtener datos confiables para la evaluación de la calidad del agua del río San Alberto y el análisis del efecto de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se emplearon equipos e instrumentos adecuados para la medición de parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, entre otros) y microbiológicos (coliformes totales), así como fichas de registro para la recolección sistemática de datos en campo.

La selección de estos instrumentos se basó en su precisión, confiabilidad y uso estandarizado en estudios de calidad de agua, siguiendo protocolos técnicos aceptados en el ámbito de la ingeniería ambiental.

Validación de los instrumentos

La validez de los instrumentos se garantizó mediante la aplicación de métodos estandarizados y procedimientos técnicos reconocidos, lo que asegura que las mediciones realizadas corresponden efectivamente a las variables de estudio.

La confiabilidad de los instrumentos se aseguró mediante la calibración previa de los equipos de medición, el ensayo se realizó en el laboratorio acreditado por INACAL, la aplicación de procedimientos consistentes en la toma de muestras y el

registro sistemático de los datos. Estas acciones permitieron garantizar la precisión y reproducibilidad de las mediciones, reduciendo posibles errores durante el proceso de recolección de información.

Asimismo, el uso de protocolos estandarizados contribuye a que los resultados obtenidos sean consistentes y comparables, lo cual es fundamental en estudios cuantitativos de calidad ambiental.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Técnica de análisis de datos

La técnica de análisis de datos empleada en la presente investigación fue de tipo cuantitativo descriptivo y comparativo, orientada a evaluar la variación de los parámetros de calidad del agua entre los puntos de monitoreo establecidos (SA-01 y SA-02).

Se aplicó el análisis descriptivo mediante el cálculo de medidas estadísticas básicas como promedios, valores mínimos y máximos, con el fin de caracterizar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Asimismo, se realizó un análisis comparativo entre los puntos de muestreo para identificar diferencias atribuibles a la influencia de vertimientos domésticos y efluentes porcinos.

Adicionalmente, se empleó el Índice de Calidad del Agua (ICA) como herramienta integradora, permitiendo sintetizar la información de múltiples parámetros en un solo valor representativo del estado del recurso hídrico.

Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos se realizó siguiendo las siguientes etapas:

- **Organización de datos:** Los resultados obtenidos en campo y laboratorio fueron registrados en matrices de datos utilizando hojas de cálculo (Microsoft Excel), organizados por parámetros, puntos de muestreo y fechas.
- **Análisis estadístico:** Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para cada parámetro evaluado, permitiendo describir el comportamiento de la calidad del agua en cada punto.

- **Comparación normativa:** Los resultados obtenidos fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA – D.S. N° 004-2017-MINAM), con el fin de determinar el cumplimiento o incumplimiento de los límites permisibles.
- **Cálculo de indicadores ambientales:** Se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA) para cada punto de monitoreo, permitiendo clasificar el estado del agua en categorías cualitativas (buena, regular, mala).
- **Representación gráfica:** Los resultados fueron presentados mediante tablas y gráficos (barras y líneas), facilitando la interpretación visual de las variaciones espaciales de los parámetros analizados.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, debido a la naturaleza de la investigación y al tamaño de la muestra, la cual está conformada por dos puntos de monitoreo (SA-01 y SA-02).

Se emplearon técnicas de estadística descriptiva para analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, incluyendo el cálculo de medidas de tendencia central y medidas de dispersión: valores mínimos y máximos

Estas medidas permitieron caracterizar el comportamiento de cada parámetro evaluado en los puntos de muestreo, facilitando la identificación de variaciones espaciales en la calidad del agua.

Asimismo, se realizó un análisis comparativo directo entre los puntos SA-01 (zona no impactada) y SA-02 (zona impactada), con el objetivo de identificar diferencias atribuibles a la presencia de vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina.

Adicionalmente, se empleó el Índice de Calidad del Agua (ICA) como herramienta estadística integradora, permitiendo sintetizar múltiples variables en un

solo indicador cuantitativo, el cual fue interpretado mediante escalas cualitativas de clasificación.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA – D.S. N° 004-2017-MINAM), lo que permitió determinar el grado de cumplimiento de los parámetros evaluados y fortalecer la interpretación de los resultados desde un enfoque normativo.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación se desarrolló bajo los principios éticos de integridad científica, responsabilidad ambiental y respeto a las comunidades locales, asegurando la transparencia y veracidad de los datos recolectados, así como el cumplimiento de las normas nacionales vigentes en materia ambiental y de investigación.

En relación con los objetivos de evaluar el impacto de los vertimientos domésticos y efluentes porcinos en la calidad del agua del río San Alberto, se garantizó que todos los procedimientos de muestreo, análisis y procesamiento de datos se ejecutaran con rigor técnico, empleando métodos estandarizados y evitando cualquier manipulación o distorsión de resultados.

Se respetó la confidencialidad y privacidad de la información que se proporcionará por los pobladores o propietarios de criaderos, empleando los datos únicamente con fines académicos y científicos, se procuró mantener una comunicación transparente y de colaboración con las autoridades locales y los actores del sector San Alberto, informando sobre los alcances del estudio y promoviendo una cultura de responsabilidad ambiental.

Los resultados obtenidos serán utilizados solo para fines de investigación y contribuirán al fortalecimiento de la gestión sostenible del recurso hídrico, la prevención de la contaminación y la protección de la salud pública en la provincia de Oxapampa.

Finalmente, los autores respetaron las normas de propiedad intelectual y citas de fuentes, garantizando la originalidad del trabajo y reconociendo adecuadamente las contribuciones de otros investigadores conforme a las normas APA (7.^a edición).

CAPÍTULO IV

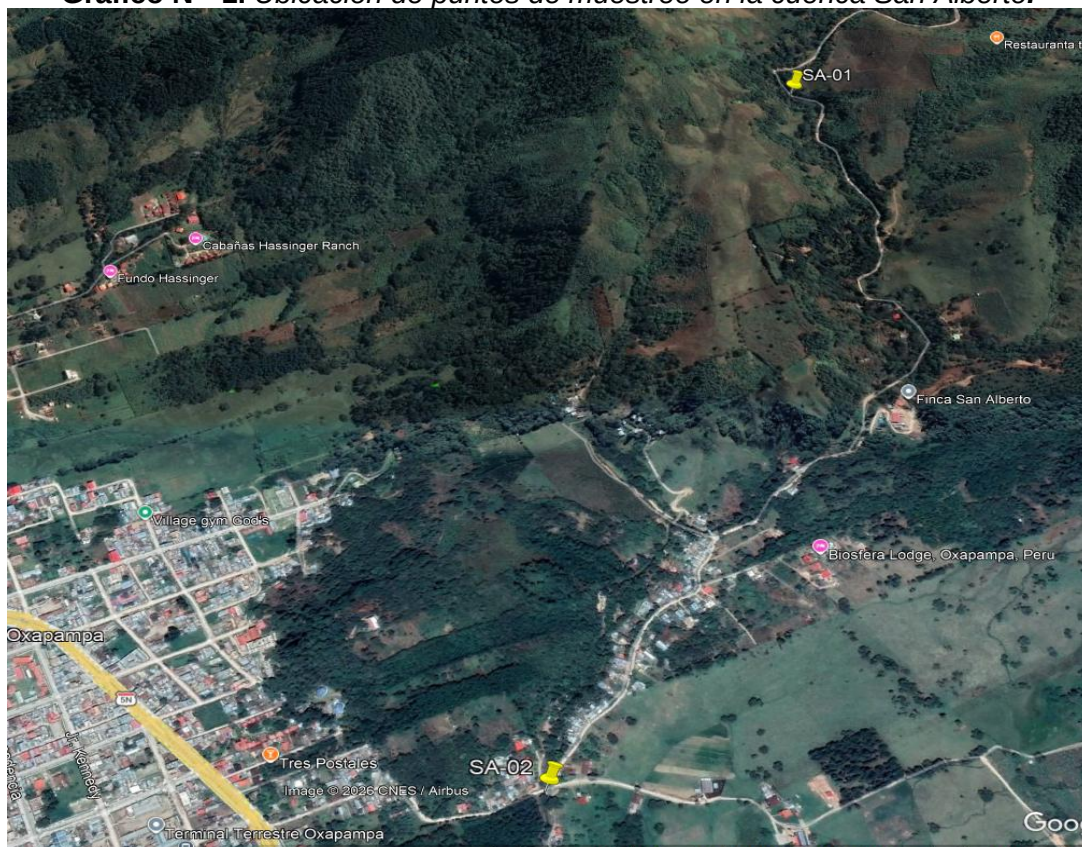
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El 12 de enero del 2026, se procedió a hacer la inspección de la cuenca del río San Alberto para ubicar los puntos de muestreo que se codificaron como SA-01 al primer punto de muestro con coordenadas 8832236 S, 457602 E con altitud de 1953.9 msnm ubicada a 500 m de la última vivienda aguas arriba del río San Alberto, este punto se eligió considerando que no debe de tener influencia urbana y SA-02 el segundo punto de muestreo con coordenadas 8830680 S, 457051 E con altitud de 1846.7 msnm, ubicada a 200 metros aguas debajo de la última descarga de la población de San Alberto, estos puntos se eligió por la accesibilidad al río y al ser torrentosa se asume mezcla completa.

El 21 de enero, se solicita los informes técnicos, actas y otros documentos a la municipalidad de Oxapampa, relacionados a la contaminación y afectación de las aguas del río San Alberto a causa de las descargas de aguas residuales domésticas y de aguas debido a la crianza porcina, donde la municipalidad lo remite el 27 de enero con la carta de entrega de información N° 009-2026-MPO-FRLTyAIP.

Gráfico N° 1. *Ubicación de puntos de muestreo en la cuenca San Alberto.*



Fuente: Google Earth

El 13 de febrero se solicitó información de parámetros de campo que monitorean periódicamente el río san Alberto al Instituto del Bien común (IBC), reportándose el 17 de febrero los informes de los meses de enero a setiembre del 2025 y la base de datos de los monitoreos de la Zona de interés hídrico.

El 10 febrero se procedió a la toma de muestra para enviar al laboratorio acreditado HIDROLAB, para los análisis de los parámetros de DBO, Coliformes totales, nitratos, nitritos y nitrógeno total; al mismo se realizó los parámetros de campo de OD, conductividad, pH, temperatura y sólidos totales disueltos, con el multiparámetro HANNA HI 9829.

Tabla N° 6. Resultados de análisis.

Parámetro	Unidades	LD	Referencia	Fecha análisis	SA-01	SA-02
Conductividad	μS/cm	1	SM 2510 B	11/02/2026	53.2	60.9
DBO	mg/L	<2	SM 2510 B, 4500-O-H	11/02/2026	<2	<2
Coliformes totales	NMP/100 ml	1.8	SM 9221 B	11/02/2026	<1.8	4900
Nitrato	mg-N/L	0.2	SM 4500 NO3 D	11/02/2026	<0.2	<0.2
Nitrito	mg-N/L	0.03	SM 4500 NO2 DB	11/02/2026	<0.03	<0.0 2
Nitrógeno total	mg-N/L	0.1	SM 4500 Norg C	13/02/2026	0.95	1.3
pH			Multiparámetro HI 9829	11/02/2026	7.41	7.45
OD	mg O/L		Multiparámetro HI 9829	10/02/2026	7.7	7.1
Temperatura	°C		Multiparámetro HI 9829	10/02/2026	15.3	15.5
STD	ppm		Multiparámetro HI 9829	10/02/2026	23	27
Presión	atm		Multiparámetro HI 9829	10/02/2026	0.7929	0.8027

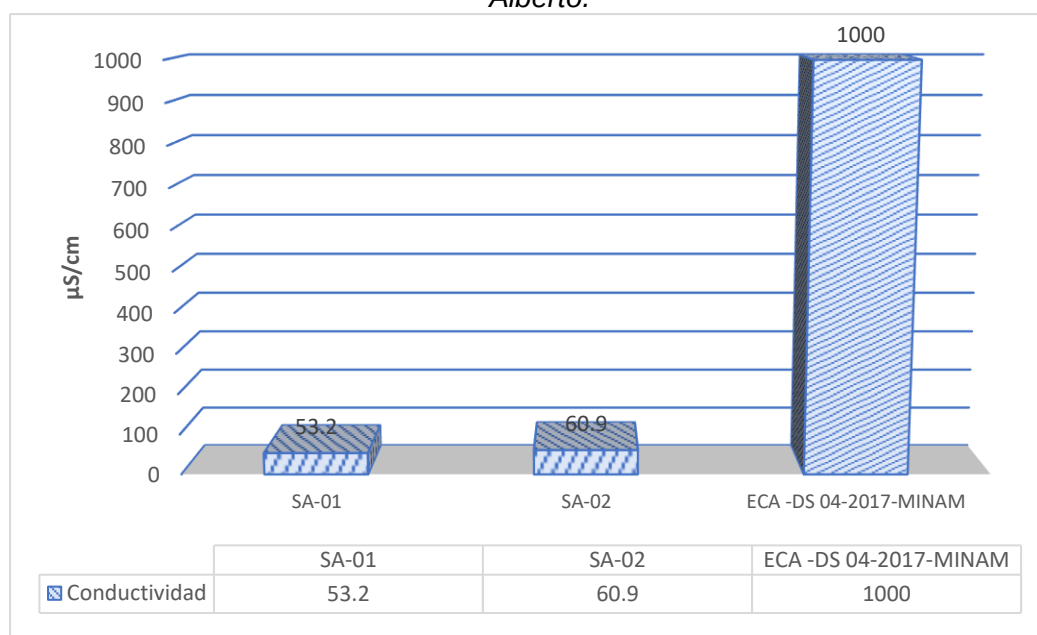
Fuente: ensayo de laboratorio HIDROLAB

La tabla N° 06 indican los resultados de ensayo realizado en el laboratorio acreditado HIDROLAB, donde muestra la fecha y el método de ensayo realizado.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

A continuación, se presenta gráficamente los resultados del ensayo de laboratorio expuestos en la tabla N° 06, de los parámetros analizados en el presente trabajo. La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro fundamental para evaluar la presencia de sales disueltas en el agua, y por tanto, un indicador indirecto del grado de mineralización o posible contaminación. En el río San Alberto, los valores registrados fueron: SA-01 de 53.2 μS/cm, SA-02 de 60.9 μS/cm y el ECA (D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 4 – Selva) de 1000 μS/cm (Gráfico N° 02 y tabla N° 06).

Gráfico N° 2. Conductividad eléctrica de los puntos muestreados en el río San Alberto.

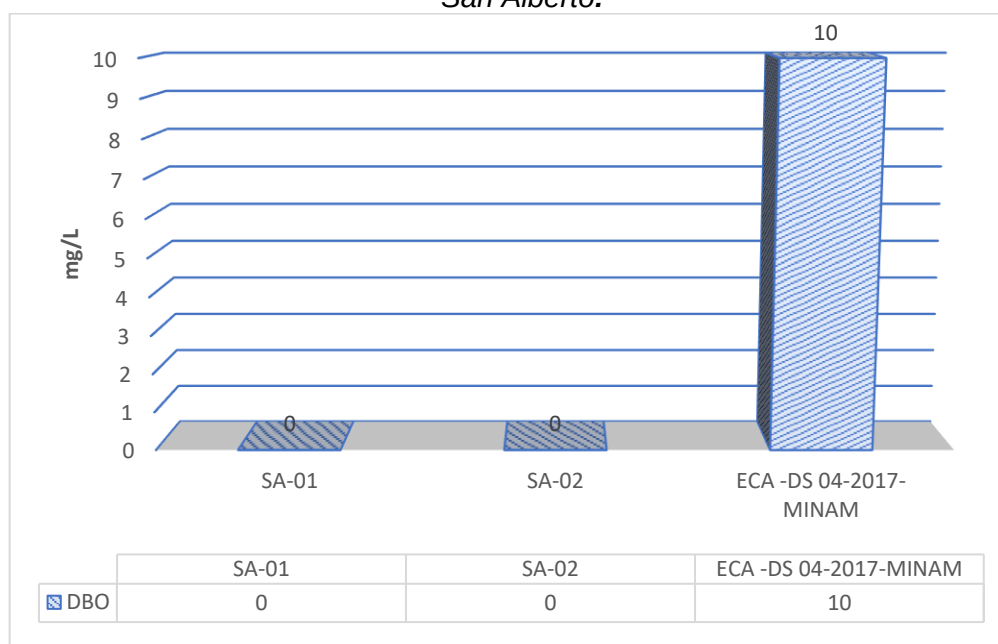


Fuente: Elaboración propia.

Se observa que ambos puntos estudiados presentan valores considerablemente bajos de conductividad eléctrica en comparación con el estándar ambiental establecido, esto indica que el agua del río posee baja concentración de sales disueltas, característica típica de cuerpos de agua en zonas con baja influencia antrópica o con buena capacidad de dilución debido a temporada de lluvias. Sin embargo, al comparar los puntos de muestreo, se evidencia un incremento de 7.7 $\mu\text{S/cm}$ desde aguas arriba (SA-01) hacia aguas abajo (SA-02). Aunque esta variación es pequeña y no representa un incumplimiento normativo, sí sugiere una ligera incorporación de sólidos disueltos en el tramo que atraviesa la población. El aumento de la conductividad en SA-02 está asociado a las descargas domésticas no tratadas, descargas de crianza porcinas y otras actividades antrópicas locales (lavado, agricultura cercana, etc).

Los resultados indican que el río San Alberto, en los puntos evaluados, cumple ampliamente con el estándar de calidad ambiental para conductividad eléctrica en la categoría 4 (conservación del ambiente acuático en la selva).

Gráfico N° 3. *Demanda Bioquímica de Oxígeno de los puntos muestreados en el río San Alberto.*



Fuente: Elaboración propia.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) es un indicador clave de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua; valores elevados reflejan mayor contaminación orgánica y consumo de oxígeno disuelto por acción microbiana. En el presente estudio realizado en el laboratorio HIDROLAB se obtuvieron los siguientes resultados: SA-01 <2 mg/L, SA-02 <2 mg/L (gráfico N° 3 y tabla N° 06) y los ECA (D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 4 – Selva) debe de ser menor a 10 mg/L

Los valores registrados en ambos puntos son menores < 2 mg/L, lo que indica ausencia o niveles no detectables de materia orgánica biodegradable en el agua del río durante San Alberto durante el muestreo, considerando que en el tramo entre SA-01 y SA-02 existen descargas de efluentes domésticos y de crianza de cerdos, se esperaría un incremento en los valores de DBO_5 aguas abajo. Sin embargo, esto no se evidencia en los resultados obtenidos. La ausencia de DBO_5 en ambos puntos se explica por los siguientes factores:

Alta capacidad de dilución del río, debido que el caudal del río San Alberto está diluyendo eficazmente las descargas por su alta correntada, reduciendo la concentración de materia orgánica a niveles no detectables.

Procesos de autodepuración, la degradación natural de materia orgánica por microorganismos, junto con procesos físicos como la aireación, puede estar ocurriendo con rapidez, esto sucede en ríos de zonas de selva con buena oxigenación, que es el caso del río San Alberto.

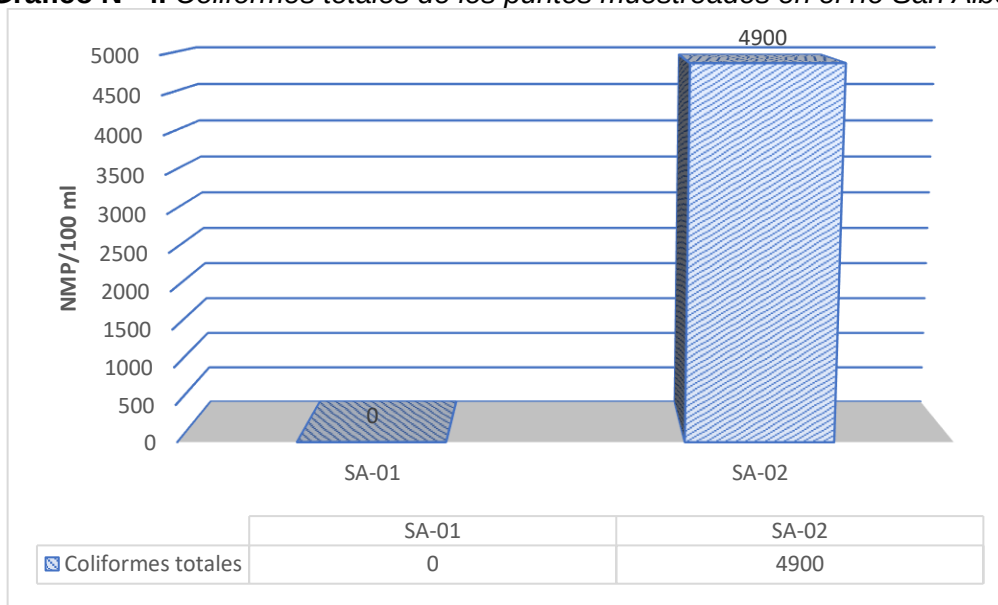
Momento del muestreo, el muestreo se ha hecho a las siete y media de la mañana (7:30 am), por considerarse horas de mayor descarga y de limpieza de corrales, pero es posible que el muestreo se haya realizado en el momento de baja descarga de efluentes las condiciones hidrológicas son de temporada de lluvia por tanto de caudales altos que favorecieron la dilución.

Limitaciones analíticas, el valor de < 2 mg/L está por debajo del límite de detección del método, más que una ausencia absoluta de materia orgánica.

Por lo que afirmamos que los resultados cumplen ampliamente con el ECA para agua (≤ 10 mg/L), lo que indica que el río se encuentra en buen estado en términos de contaminación orgánica biodegradable, no existe evidencia de impacto significativo por las descargas identificadas, al menos en el momento del muestreo.

A pesar de la presencia de fuentes potenciales de contaminación (efluentes domésticos y porcinos), los resultados de DBO_5 indican que el río San Alberto mantiene una buena calidad de agua en cuanto a carga orgánica, la influencia de las descargas es mínima o no detectable bajo las condiciones evaluadas, existe una alta resiliencia y capacidad de autodepuración del ecosistema acuático.

Gráfico N° 4. Coliformes totales de los puntos muestreados en el río San Alberto.



Fuente: Elaboración propia.

Los coliformes totales son indicadores microbiológicos utilizados para evaluar la contaminación, estos microorganismos se utilizan como indicadores de calidad microbiológica del agua, ya que su presencia sugiere la posible existencia de contaminación, aunque no necesariamente de origen fecal exclusivo.

Según el tabla N° 6 y gráfico N° 04, los resultados obtenidos fueron, SA-01 es <1.8 NMP/100 mL y SA-02 es de 4900 NMP/100 mL. Dado que el ECA Agua regula coliformes termotolerantes y no coliformes totales, no es posible realizar una comparación directa de cumplimiento normativo. Sin embargo, los coliformes totales siguen siendo un indicador general de contaminación microbiológica, útil para evaluar cambios en la calidad del agua entre puntos de muestreo.

Se evidencia un incremento significativo desde <1.8 NMP/100mL (límite de detección del método) en SA-01 hasta 4900 NMP/100 mL en SA-02, lo que indica una alteración importante en la calidad microbiológica del agua en el tramo que atraviesa la población.

Aunque no se puede contrastar directamente con los ECA, el comportamiento observado permite inferencias relevantes: Condición aguas arriba (SA-01), indica la no detección de coliformes totales que muestra que el río presenta condiciones

naturales no impactadas, sin aportes significativos de materia fecal o contaminación microbiológica; y la condición aguas abajo (SA-02) que muestra el incremento a 4900 NMP/100 mL evidencia una contaminación microbiológica considerable, asociada a descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, aportes de excretas de la crianza de cerdos y posible escorrentía de residuos orgánicos hacia el río.

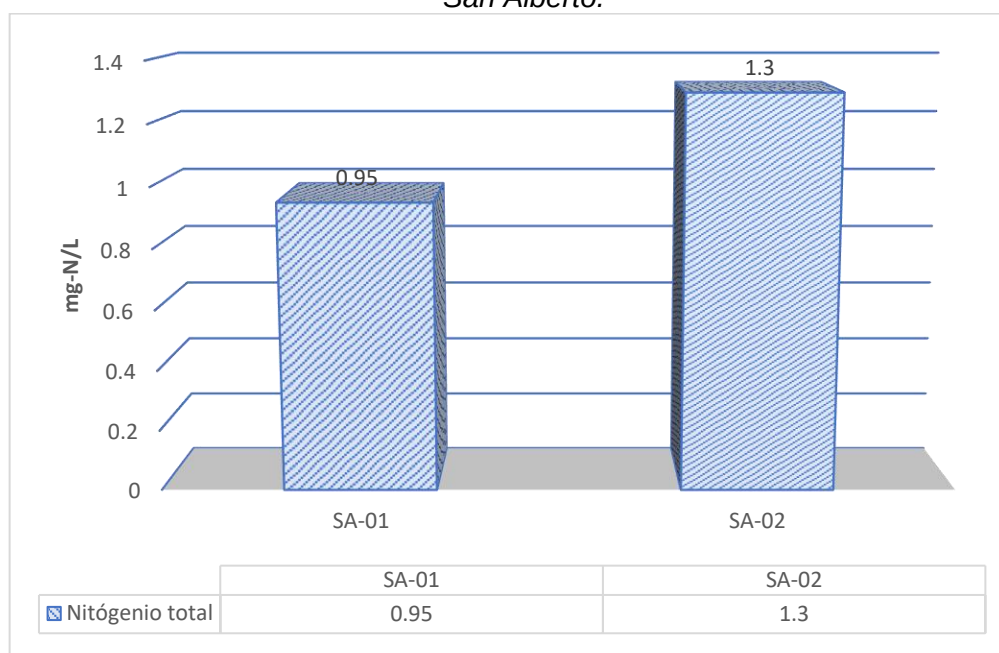
Los resultados indican que existe un impacto antrópico claro y localizado en el tramo aguas abajo de la población de San Alberto.

El río presenta una degradación microbiológica, a pesar de que otros parámetros (como conductividad y DBO_5) no evidencian cambios significativos, indicando que la contaminación detectada es principalmente de origen biológico (fecal) y no necesariamente química.

El nitrógeno total (NT) es un parámetro que agrupa todas las formas de nitrógeno presentes en el agua (orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos), y es un indicador clave de contaminación por materia orgánica y nutrientes.

Los resultados obtenidos fueron en SA-01 de 0.95 mg/L y en SA-02 de 1.30 mg/L (gráfico N° 05 y tabla N° 06), donde se observa un incremento de 0.35 mg/L en la concentración de nitrógeno total entre el punto aguas arriba y aguas abajo, lo que evidencia una alteración en la calidad del agua en el tramo influenciado por la población. En relación con el ECA Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 4 – Selva), es importante precisar que este estándar no establece un valor límite específico para nitrógeno total, sino para formas específicas como nitratos o amonio. Por lo tanto, no es posible una comparación directa de cumplimiento normativo para este parámetro.

Gráfico N° 5. *Concentración de nitrógeno total de los puntos muestreados en el río San Alberto.*

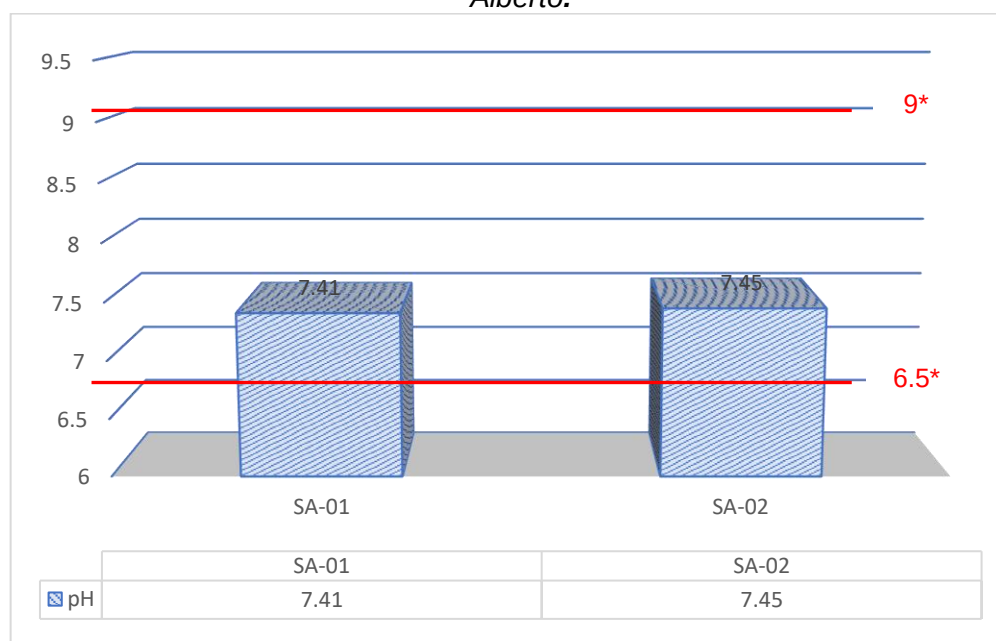


Fuente: Elaboración propia.

El incremento de nitrógeno total en SA-02 puede explicarse por las descargas de aguas residuales domésticas debido que estas contienen compuestos nitrogenados provenientes de excretas humanas, detergentes y residuos orgánicos, de la actividad pecuaria (crianza de cerdos), debido a que los residuos de origen animal son ricos en nitrógeno, principalmente en forma de amonio y nitrógeno orgánico.

Los resultados infieren que el río presenta una condición basal relativamente baja de nitrógeno en SA-01, compatible con un sistema poco intervenido, el incremento en SA-02 evidencia un aporte de nutrientes de origen antrópico, asociado al paso por la población. Aunque el aumento no es extremadamente alto, indica un proceso de enriquecimiento nutricional que, de intensificarse, podría generar fenómenos como eutrofización, crecimiento excesivo de algas y macrófitas, alteraciones en el equilibrio ecológico del río.

Gráfico N° 6. *Potencial de hidrógeno (pH) de los puntos muestreados en el río San Alberto.*



*D.S N° 004-2017-MINAM categoría 4 (selva)

Fuente: Elaboración propia.

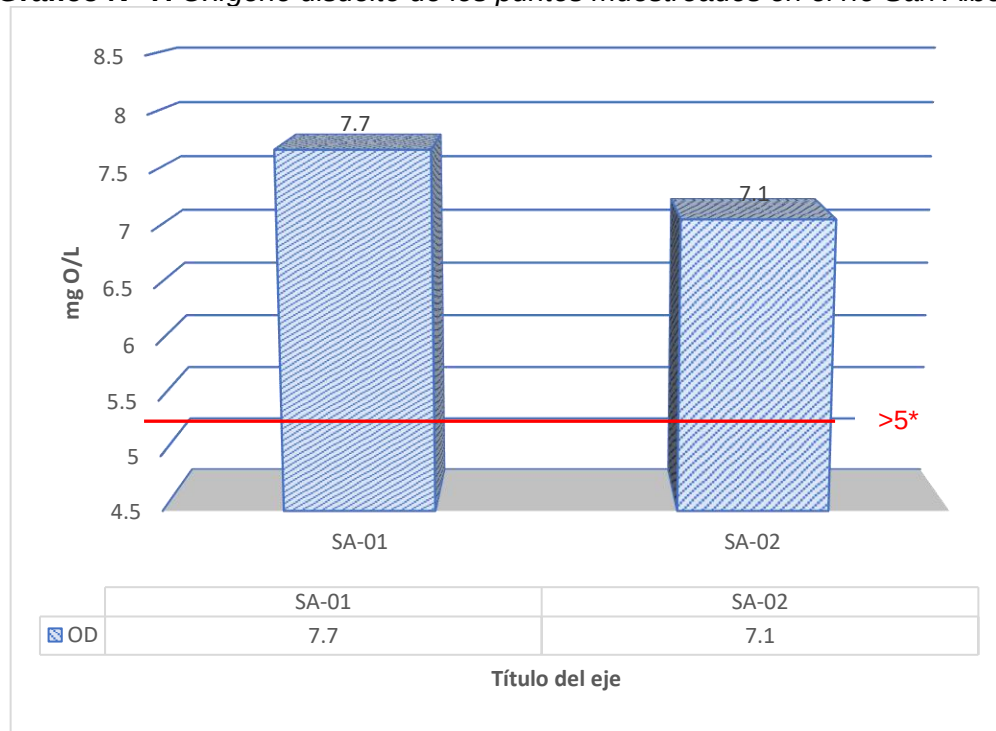
El pH es un parámetro fundamental que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, siendo clave para la estabilidad de los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de nutrientes y metales. En el monitoreo del río San Alberto (puntos SA-01 y SA-02), el análisis del pH permite evaluar posibles alteraciones generadas por el paso del río a través de la población, donde existen descargas de efluentes domésticos y de crianza de cerdos.

De acuerdo con el D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA Agua, Categoría 4 – Selva), el pH debe mantenerse en un rango de 6.5 a 9, este rango es adecuado para la conservación del ambiente acuático.

Ambos valores están dentro del rango (6.5 – 8.5), esto indica que el río mantiene un equilibrio ácido-base adecuado. La ligera variación entre SA-01 y SA-02 (gráfico N° 06), se atribuye a aportes de materia orgánica (efluentes domésticos y porcinos), procesos biológicos como descomposición o fotosíntesis. Por tanto, el impacto de la población sería leve a moderado, sin afectar significativamente la calidad del agua.

El pH, si está dentro del rango, indicando que el río tiene capacidad de amortiguamiento (buffer), existe impacto antrópico, pero no suficiente para alterar significativamente el equilibrio químico, la contaminación es más biológica y nutricional que química extrema.

Gráfico N° 7. *Oxígeno disuelto de los puntos muestreados en el río San Alberto.*



*D.S N° 004-2017-MINAM categoría 4 (selva)

Fuente: Elaboración propia

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno molecular (O_2) presente en el agua, generalmente expresada en miligramos por litro (mg/L). Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad del agua, ya que es indispensable para la respiración de los organismos acuáticos y para el desarrollo de procesos biológicos y químicos en los ecosistemas acuáticos.

Punto SA-01 (Aguas arriba): Registra un valor de 7.7 mg O/L (gráfico N° 07), este nivel es óptimo y refleja un agua con buena capacidad de oxigenación, típica de cabeceras de cuenca o zonas con baja intervención, permitiendo el desarrollo saludable de la vida acuática.

Punto SA-02 (Aguas abajo): Registra un valor de 7.1 mg O/L (gráfico N° 07), se observa una disminución de 0.6 mg O/L tras el paso del río por la zona poblada de San Alberto.

Ambos puntos se encuentran por encima del límite mínimo de 5 mg O/L establecido por el D.S N° 004-2017-MINAM (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático - Selva). Por lo tanto, las aguas del río cumplen con el estándar para esta categoría.

A pesar del cumplimiento de la norma, la reducción del oxígeno entre SA-01 y SA-02 es un indicador crítico de la presión ambiental en el distrito, el impacto de efluentes domésticos y porcinos. La descarga de aguas residuales domésticas y de la crianza de cerdos introduce una alta carga de materia orgánica al río, los microorganismos presentes en el agua consumen el oxígeno disuelto para descomponer esta materia orgánica (proceso conocido como Demanda Biológica de Oxígeno o DBO).

De manera integrada, el análisis de los parámetros evaluados permite establecer que el río San Alberto presenta una buena calidad fisicoquímica, caracterizada por valores adecuados de pH, baja conductividad, baja DBO₅ y concentraciones óptimas de oxígeno disuelto. No obstante, se evidencia una afectación localizada en la calidad microbiológica y un incremento moderado de nutrientes aguas abajo de la población. Esta situación sugiere que el cuerpo de agua posee una alta capacidad de autodepuración, lo que le permite mantener condiciones aceptables a pesar de las presiones antrópicas. Por tanto, el río San Alberto no presenta un deterioro crítico en su calidad de agua; sin embargo, los resultados evidencian la influencia de actividades humanas, especialmente en términos de contaminación microbiológica y aporte de nutrientes. Por ello, se recomienda implementar medidas de gestión ambiental orientadas al tratamiento de aguas residuales domésticas y al adecuado manejo de residuos pecuarios, así como realizar

monitoreos periódicos que permitan evaluar la evolución de la calidad del agua en el tiempo.

Tabla N° 7. Determinación del ICA del agua.

N°	Parámetro	Unidad	Peso unitario (Wi)	Resultado		Vr		Ponderación	
				SA-01	SA-02	SA-01	SA-02	SA-01	SA-02
1	pH		0.165	7.41	7.45	100	100	16.5	16.5
2	OD	mg O ₂ /l	0.281	7.7	7.1	100	100	28.1	28.1
3	DBO	mg O ₂ /l	0.234	<2	<2	100	100	23.4	23.4
4	Conductividad eléctrica	μS/cm	0.009	53.2	60.9	100	100	0.9	0.9
5	Nitrógeno total	N-NO ₃ /l	0.028	4.2*	5.8*	100	100	2.8	2.8
6	Coliformes totales	NMP/100ml	0.281	<1.8	4900	100	40	28.1	11.24
Valor ICA								99.8	82.94
Calidad de agua								Excelente	Buena

*Se multiplica por el factor 4.43 para convertir de N a NO₃

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N° 07 muestra el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir de seis parámetros (Shah & Joshi, 2017): pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), conductividad eléctrica, nitrógeno total y coliformes totales (tabla N° 01). Cada parámetro tiene un peso unitario (Wi) que indica su importancia relativa (tabla N° 02), un valor de calidad (Vr) asignado según el cumplimiento de estándares (tabla N° 03) y una ponderación final, resultado del producto entre Wi y Vr. Los resultados finales del ICA (tabla N° 04) son, SA-01: 99.8 y la escala de Calidad ICA es “Excelente”, por tanto, presenta condiciones óptimas, sin evidencia de contaminación significativa, lo cual confirma los resultados individuales previamente analizados, donde todos los parámetros mostraban valores dentro de límites permisibles y SA-02: 82.94 y la escala de calidad ICA es “Buena”, aunque la mayoría de parámetros físico-químicos indican buena calidad, el elevado

contenido de coliformes reduce el ICA. Esto sugiere posible contaminación por aguas residuales o actividad antrópica cercana.

Parámetros fisicoquímicos (pH, OD, DBO, conductividad, nitrógeno): en ambos puntos mostraron valores adecuados, lo cual se refleja en $V_r = 100$. Sin embargo, SA-02 presenta ligeras tendencias al incremento (conductividad y nitrógeno), indicando mayor influencia externa.

Parámetro microbiológico (coliformes): es el factor determinante de la diferencia del ICA, en SA-01 no hay contaminación microbiológica y en SA-02 hay un incremento considerable (4900 NMP/100 ml), lo que coincide con análisis previos donde este parámetro mostraba valores críticos.

El ICA confirma que la calidad del agua en ambos puntos es aceptable; sin embargo, existe una degradación puntual en SA-02, atribuida principalmente a contaminación biológica, lo cual coincide con los resultados individuales de los parámetros analizados anteriormente.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Presentación de resultados

Los datos analizados para la prueba de hipótesis estadística son los resultados del análisis realizado en el laboratorio acreditado HIDROLAB, donde se evaluó la variación porcentual de SA-01 con SA-02.

Lo que se busca es comprobar y validar la hipótesis, para muestras independientes que presentan entre puntos muestreados en el río San Alberto SA-01 (aguas arriba) y SA-02 (aguas abajo), de la población del mismo nombre.

Se utilizará un nivel de confianza del 95% entonces el nivel de significancia es 5% ($\alpha = 0.05$), con un tamaño de muestra de $n = 10$ parámetros.

Tabla N° 8. Resultados de análisis de laboratorio acreditado HIDROLAB y parámetros de campo.

Parámetro	Unidas	Resultados		Variación	
		SA-01	SA-02	SA-01*	SA-02*
Conductividad	μS/cm	53.2	60.9	100	114.5
DBO	mg/L	<2	<2	100	100
Coliformes totales	NMP/100 ml	<1.8	4900	100	272222.2
Nitrógeno total	mg-N/L	0.95	1.3	100	136.8
pH		7.41	7.45	100	100.5
OD	mg O/L	7.7	7.1	100	92.2
Nitrato	mg-N/L	<0.2	<0.2	100	100
Nitrito	mg-N/L	<0.03	<0.02	100	100
Temperatura	°C	15.3	15.5	100	101.3
STD	ppm	23	27	100	117.4

* Tomando como base los resultados de SA-01

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Contrastación de la hipótesis general

a) Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{SA-01} = \mu_{SA-02}$$

No existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.

Hipótesis alterna:

$$H_1: \mu_{SA-01} \neq \mu_{SA-02}$$

Existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.

- b) **Tipo de prueba:** Realizamos la prueba de normalidad a fin de determinar e identificar la prueba estadística a utilizar.

Tabla N° 9. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

	W	p
Variación	0.561	< .001

Nota. Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de normalidad

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 10. Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.

	F	gl	gl2	p
Variación	6.25	1	10	0.031

Nota. Un valor p bajo sugiere una violación del supuesto de varianzas iguales

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla N° 09 el valor de p es menor a 0.05, entonces afirmamos que no presentan normalidad, y la tabla N°10 no presenta homogeneidad de varianza; por tanto, usaremos la prueba no paramétrica para Muestras Independientes de U de Mann-Whitney.

- c) **Evaluación estadística:** Se usó el software libre Jamovi.

Tabla N° 11. Medidas de ajuste del modelo.

	Estadístico	p
Variación	U de Mann-Whitney	9
		0.129

Nota. $H_a \mu_{SA-01} \neq \mu_{SA-02}$

Fuente: elaboración propia.

Como lo observado en el tabla N°11, se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, el valor de p es de 0.129 que es mayor de 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, por tanto, afirmamos que no existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.

Conclusiones: Conociendo el nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ unilateral, con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, el valor de p obtenida es 0.129 que es

menor a 0.05, por lo tanto, está ubicado en la región de aceptación de la hipótesis nula (H_0) y afirmamos que no existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.

Observando la tabla N°6 las concentraciones de los parámetros conductividad, DBO, Nitrógeno total, oxígeno disuelto y pH, no tiene una variación significativa en los puntos de muestreo SA-01 y SA-02, cumpliendo en todos los casos con los estándares de calidad ambiental (D.S. N° 004-2017-MINAM), solo los coliformes totales muestra una aparición significativa en SA-02 en comparación de SA-01.

4.3.3. Contrastación de hipótesis específica 1

a) Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{SA-01} = \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina no influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.

Hipótesis alterna:

$$H_1: \mu_{SA-01} \neq \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.

Conclusiones: Observando la tabla N° 08 las concentraciones de los parámetros conductividad aumenta en 14.5%, DBO, Nitrógeno total en 36.8%, oxígeno disuelto disminuye en 7.8 % y pH en 0.5%, sólidos totales disueltos (STD) en 17.4%, por tanto, no tiene una variación significativa en los puntos de muestreo SA-01 y SA-02, en consecuencia, afirmamos que los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina no influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.

4.3.4. Contrastación de hipótesis específica 2

a) Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{SA-01} = \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina no influyen significativamente en los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.

Hipótesis alterna:

$$H_1: \mu_{SA-01} \neq \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.

Conclusiones: Según la Tabla N.º 8, al comparar la zona no impactada (SA-01) con la zona impactada (SA-02), se observa un cambio significativo en la calidad microbiológica, donde los coliformes totales pasan de valores menores a 1.8 NMP/100 mL en la zona no impactada a 4900 NMP/100 mL en la zona impactada, evidenciando una fuerte contaminación de origen fecal.

Estos incrementos están asociados a la incorporación microorganismos de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina.

En conjunto, estos resultados evidencian un deterioro de la calidad del agua en la zona impactada, asociado a la influencia de vertimientos domésticos y actividades de crianza porcina.

4.3.5. Contrastación de hipótesis específica 3

a) Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{SA-01} = \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina no influyen significativamente en el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.

Hipótesis alterna:

$$H_1: \mu_{SA-01} \neq \mu_{SA-02}$$

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.

Conclusiones: según la tabla N° 07, se determina el Índice de Calidad de Agua en SA-01 donde el ICA es excelente, mientras que en SA-02 el ICA es buena con ello afirmamos que el Índice de Calidad del Agua (ICA) presenta diferencias significativas entre la zona impactada y la no impactada del río San Alberto.

4.4. Discusión de resultados

Parámetros fisicoquímicos

Los resultados obtenidos evidencian que los parámetros fisicoquímicos evaluados (pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica y nitrógeno total) no presentan variaciones significativas entre los puntos de monitoreo SA-01 (aguas arriba) y SA-02 (aguas abajo), manteniéndose dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (D.S N° 004-2017-MINAM - ECA-Agua). Esto sugiere que, a nivel general, los vertimientos domésticos y efluentes porcinos no han generado una alteración fisicoquímica crítica en el cuerpo de agua.

El pH registró valores de 7.41 en SA-01 y 7.45 en SA-02, indicando condiciones neutras, estos resultados coinciden con lo establecido por Baird & Rice, (2017), quienes señalan que el pH en aguas naturales suele oscilar entre 6.5 y 8.5, lo que permite el desarrollo adecuado de organismos acuáticos.

En relación con el oxígeno disuelto (OD), los valores obtenidos (7.7 mg/L en SA-01 y 7.1 mg/L en SA-02) indican una adecuada oxigenación del agua. Según Shah & Joshi, (2017), concentraciones superiores a 6 mg/L son indicativas de buena calidad del agua. En comparación, estudios en ríos impactados por descargas domésticas reportan valores significativamente menores (3–5 mg/L), lo que evidencia que el río San Alberto mantiene una importante capacidad de autodepuración.

Por otro lado, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentó valores inferiores a 2 mg/L en ambos puntos, lo que indica una baja carga orgánica. Este resultado concuerda con lo señalado por Baird & Rice, (2017), quienes establecen

que valores menores a 3 mg/L corresponden a aguas no contaminadas. En contraste, investigaciones en zonas con alta influencia de efluentes pecuarios reportan valores entre 10 y 50 mg/L Garzon Zúñiga & Buelna, (2014), lo que reafirma que el impacto orgánico en el área de estudio aún no es significativo.

La conductividad eléctrica mostró un incremento de 53.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en SA-01 a 60.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en SA-02, lo que representa un aumento aproximado del 14.5%. Este comportamiento sugiere una mayor presencia de sólidos disueltos totales en el punto aguas abajo, asociados a vertimientos domésticos y residuos de origen pecuario. Sin embargo, los valores se mantienen por debajo de los niveles considerados críticos ($<75 \mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica una baja mineralización del agua (Shah & Joshi, 2017).

En cuanto al nitrógeno total, se observó un incremento de 4.2 mg N- NO_3/L a 5.8 mg N- NO_3/L entre SA-01 y SA-02, lo que representa un aumento aproximado del 38%. Este resultado evidencia el aporte de nutrientes provenientes de excretas animales y aguas residuales domésticas. Según Marticorena Castillo, (2021), concentraciones elevadas de nitrógeno pueden generar procesos de eutrofización; sin embargo, los valores registrados aún se encuentran en niveles moderados en comparación con sistemas altamente impactados.

Parámetro microbiológico

El parámetro que presentó mayor variación fue el de coliformes totales, registrándose un incremento significativo de $<1.8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ en SA-01 a 4900 NMP/100 mL en SA-02. Este aumento representa un cambio drástico en la calidad sanitaria del agua, evidenciando contaminación microbiológica de origen fecal. De acuerdo con Lechevallier & Keung, (2003), la presencia de coliformes en altas concentraciones es un indicador directo de contaminación por aguas residuales y representa un riesgo para la salud pública. Asimismo, estudios recientes indican que los efluentes de crianza porcina contienen microorganismos patógenos como *Salmonella* y *Escherichia coli*, los cuales pueden ingresar a los cuerpos de agua en ausencia de tratamiento adecuado (Smith Beraun & Resheca Pipa, 2021).

En términos comparativos, valores superiores a 1000 NMP/100 mL son considerados indicativos de contaminación severa (Shah & Joshi, 2017). Por lo tanto, el valor registrado en SA-02 clasifica el agua como altamente contaminada desde el punto de vista microbiológico, confirmando el impacto directo de los vertimientos identificados en la zona de estudio.

Índice de calidad del agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua (ICA) obtenido fue de 99.8 para el punto SA-01 (calidad excelente) y 82.94 para el punto SA-02 (calidad buena). Esta diferencia refleja un deterioro en la calidad del agua abajo, atribuible principalmente al incremento de coliformes totales.

Según Castro et al., (2014), el ICA es altamente sensible a parámetros microbiológicos, especialmente en zonas con influencia de actividades humanas. En estudios similares, ríos con descargas domésticas presentan valores de ICA entre 50 y 80, lo que corresponde a calidad regular. En este contexto, el río San Alberto aún mantiene una calidad aceptable, aunque con signos de deterioro localizado.

Impacto de vertimientos

Durante el trabajo de campo se identificaron múltiples puntos de descarga de aguas residuales, incluyendo vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sin tratamiento previo. Este escenario coincide con lo descrito por Metcalf, (2000), quienes señalan que las aguas residuales domésticas aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos a los cuerpos de agua.

Asimismo, Garzón Zúñiga & Buelna, (2014) indican que los efluentes porcinos constituyen una fuente significativa de contaminación si no son tratados adecuadamente, debido a su alta carga orgánica y microbiológica.

A pesar de ello, los resultados muestran que el impacto es más evidente en el componente microbiológico que en el fisicoquímico, lo cual puede explicarse por la capacidad de dilución y autodepuración del río.

En conjunto, los resultados evidencian que el río San Alberto presenta una buena calidad fisicoquímica, con condiciones adecuadas para el desarrollo de vida acuática. Sin embargo, existe una afectación significativa en la calidad microbiológica del agua en el punto aguas abajo, lo que indica un impacto directo de los vertimientos domésticos y porcinos.

Este comportamiento sugiere un estado de contaminación incipiente, donde aún no se observa una degradación fisicoquímica severa, pero sí un riesgo sanitario importante. Estos hallazgos coinciden con estudios similares, donde los primeros efectos de la contaminación se manifiestan en los parámetros microbiológicos antes que en los fisicoquímicos.

CONCLUSIONES

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina generan una alteración localizada en la calidad del agua del río San Alberto, si bien los parámetros fisicoquímicos evaluados se mantuvieron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM), la presencia de contaminación microbiológica en la zona impactada evidenció un deterioro de la calidad sanitaria del recurso hídrico.

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina no generan una influencia significativa sobre los parámetros fisicoquímicos evaluados en los puntos SA-01 y SA-02, los valores de pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno y nitrógeno total presentaron variaciones moderadas entre ambos puntos de monitoreo, manteniéndose dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM).

Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente sobre los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto, la concentración de coliformes totales se incrementó de valores menores a 1,8 NMP/100 mL en la zona no impactada (SA-01) hasta 4900 NMP/100 mL en la zona impactada (SA-02), evidenciando contaminación de origen fecal asociada a las descargas domésticas y actividades de crianza porcina.

Se determinó que los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen en el Índice de Calidad del Agua (ICA), observándose una disminución de la calidad del agua entre los puntos evaluados, en el punto SA-01 alcanzó un ICA de 99,8 clasificado como “Excelente”, mientras que el punto SA-02 registró un ICA de 82,94 clasificado como “Buena”, siendo la contaminación microbiológica el principal factor responsable de dicho deterioro de la calidad de agua.

De manera integral, se concluye que el impacto de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina en el río San Alberto se manifiesta principalmente en el componente microbiológico de la calidad del agua y en la reducción del Índice de Calidad del

Agua, mientras que los parámetros fisicoquímicos aún conservan condiciones compatibles con los estándares ambientales vigentes.

RECOMENDACIONES

Ampliar el número de puntos de muestreo a lo largo del río San Alberto, incluyendo zonas intermedias y tributarias, con el fin de obtener una caracterización espacial más detallada del impacto de los vertimientos.

Realizar monitoreos en diferentes épocas del año (estiaje y avenida), lo que permitirá evaluar la variabilidad temporal de los parámetros y la influencia de factores hidrológicos en la calidad del agua.

Incorporar análisis adicionales como de Fósforo total y ortofosfatos, para evaluar procesos de eutrofización, demanda química de oxígeno (DQO), como complemento de la DBO y metales pesados, en caso de posibles fuentes adicionales de contaminación.

Complementar el uso del Índice de Calidad del Agua (ICA) con otros indicadores, como, índices de contaminación específicos (ICO, ICOMI), índices biológicos (macroinvertebrados bentónicos), que permiten evaluar el impacto ecológico de manera más integral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2018). *Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionados con los recursos hídricos*.
- Baird, Rodger., & Rice, E. W. . (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Barrera Castillo, V. V., Barrios Mendoza, T. O., Córdova Mendoza, P., Cordova Barrios, I. C., Martínez Hernández, J. A., & Candia Palomino, V. A. (2024a). Vertimiento de aguas residuales domiciliarias y el grado de contaminación del río Pisco, Ica. *Revista Alfa*, 8(24), 916–929. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.313>
- Barrera Castillo, V. V., Barrios Mendoza, T. O., Córdova Mendoza, P., Cordova Barrios, I. C., Martínez Hernández, J. A., & Candia Palomino, V. A. (2024b). Vertimiento de aguas residuales domiciliarias y el grado de contaminación del río Pisco, Ica. *Revista Alfa*, 8(24), 916–929. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.313>
- Behar G., R., Zúñiga, M. del C., & Rojas Ch., O. (1997, September). *Análisis de valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Melendez. 1*.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (Pearson, Ed.; Tercera).
- Bukbich Echevarria, D. dusan. (2022). *Evaluación de la calidad del estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa- Perú 2021*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. In *Environment International* (Vol. 32, Number 6, pp. 831–849). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>
- Carhuaricra Espinoza, K. V. (2022). *Propuesta de mitigación de impactos ambientales por prácticas agrícolas inadecuadas en el cultivo de granadilla y rocoto en la*

cuenca San Alberto, distrito de Oxapampa - Pasco. Universidad Nacional Agraria la Selva.

- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111–124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Cesoniene, L., Dapkienė, M., & Sileikienė, D. (2019). The impact of livestock farming activity on the quality of surface water. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32), 32678–32686. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3694-3>
- Cruz Aviña, J. R., Villa-Mancera, A., Díaz-Larrea, J., & Cabrera, R. (2024). Caracterización de efluentes derivados del módulo de cerdos de la posta zootécnica FMVZ-BUAP en el período 2021-2022. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(2), 1–13. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-114>
- Cuadros Segura, F. D., Moyano Salcedo, A. J., Pabon Laverde, A. M., & Trujillo Arias, J. V. (2021a). Impacto ambiental del vertimiento de aguas servidas en aglomerados urbanos ilegales del municipio de Villavicencio, Colombia. *Tecnura*, 25(68), 43–62. <https://doi.org/10.14483/22487638.16273>
- Cuadros Segura, F. D., Moyano Salcedo, A. J., Pabon Laverde, A. M., & Trujillo Arias, J. V. (2021b). Impacto ambiental del vertimiento de aguas servidas en aglomerados urbanos ilegales del municipio de Villavicencio, Colombia. *Tecnura*, 25(68), 43–62. <https://doi.org/10.14483/22487638.16273>
- Custodio Villanueva, M., Zapata, F. C., Pantoja Esquivel, R., & Araujo, A. H. (2016). River quality analysis using environmental indicators: a case study in the Cunas river watershed, Peru. In *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* (Vol. 5, Number 6).
- Eneque Puicon, A. M., León Antunez, J. M., Padilla Santoyo, M. A., & Núñez Sánchez, T. J. (2021). *Informe de evaluación ambiental para la identificación del sitio impactado por actividades de hidrocarburos*.

- Escando Guachichullca, & Cáceres Vintimilla, M. E. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Fransisco-Gualaceo*. Universidad politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Garzon Zúñiga, M. A., & Buelna, G. (2014). CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PORCINAS Y SU TRATAMIENTO POR DIFERENTES PROCESOS EN MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30(1), 65–79.
- Girard, M., Palacios, J., Belzile, M., Godbout, S., & Pelletier, F. (2013). Biodegradation in Animal Manure Management. In *Biodegradation - Engineering and Technology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/56151>
- González, F., Jara, S., Charte, R., Elorrieta, M., Sanchis, E., Arancibia, A., & Castillo, I. (2018). *Metodología construcción de índice de calidad para aguas superficiales* (BID, Fundación AVINA, Futuro Latinoamericano, & Fundación Chile, Eds.).
- Gonzales Sáenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., & Meseguer Pallares, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Jornal of High Andean Research*, 25(1), 23–31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill Education, Ed.; 6 edición).
- IANAS. (2021). *Calidad del agua en las américas- Una sinopsis*. <https://ianas.org/>
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento* (Mc Graw Hill, Ed.; Cuarta, Vol. 1).
- Lechevallier, M., & Keung, K. (2003). *Water treatment and pathogen control: Process efficiency in archieving Safe drinking wather* (Wold Health Organization & IWA Publishing, Eds.). www.iwapublishing.com

- Leiva Marquina, M. elizabet, & Almonacid Tello, B. D. (2023). *Evaluación de calidad de agua de los ríos y quebradas del distrito de Oxapampa a través de macroinvertebrados*. Universidad Continental.
- Lima Huacho, L. M. (2020). *Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay - Huancavelica 2018*. Universidad Continental.
- Marticorena Castillo, B. (2021). *Calidad del agua: Salud de los ecosistemas y salud humana* (Primera edición). www.concytec.gob.pe
- Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*.
- Metcalf, E. (2000). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* (Tercera Ed).
- MINAM. (2010). *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Decreto supremo N° 003-2010-MINAM*.
- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* (p. 10).
- Niquén Inga, M. I., Vasquez Garcia, A. C., Hinojosa Niquen, Y. A., & Niquen Inga, A. G. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú. *RECIAMUC*, 5(3), 222–232. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(3\).agosto.2021.222-232](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232)
- RBIOAY. (2024). *Plan estratégico de desarrollo económico local de la provincia de Oxapampa 2024-2034*. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://bioay.org/wp-content/uploads/2024/06/Plan-Estrategico-de-Desarrollo-Economico-Local-de-la-Provincia-de-Oxapampa-PEDEL-2024-2034-1.pdf](https://bioay.org/wp-content/uploads/2024/06/Plan-Estrategico-de-Desarrollo-Economico-Local-de-la-Provincia-de-Oxapampa-PEDEL-2024-2034-1.pdf)
- Rojas Vargas, R. P., & Rojas Viscarra, L. N. (2023). Caracterización y determinación de la calidad de agua superficial. *Revista de Investigaciones*, 12(1), 65–80. <https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.4014>

- Shah, K. A., & Joshi, G. S. (2017). Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India. *Applied Water Science*, 7(3), 1349–1358. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0318-7>
- Smith Beraun, M. C., & Resheca Pipa, M. S. (2021). *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano en el AAHH Villa Cruz, en el distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas - 2021*. Universidad Científica del Perú.
- SNET. (2010). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA."*
- Sundar Deva, V. G., Guha, S., Chakraborty, S., Boda, S., Sangram Keshari Rout, C., Anupama, R., & Keshari Rout, S. (2019). Evaluation of water quality index in sewage fed aquaculture system in a Ramsar site (Nalban East Kolkata Wetland), West Bengal, India. ~ 1231 ~ *International Journal of Chemical Studies*, 7(4), 1231–1241.
- Theodoridou Oxinou, D., Lamnisis, D., Filippou, C., Spernovasilis, N., & Tsioutis, C. (2025). Antimicrobial Use and Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals: Cross-Sectional Study on Knowledge, Attitudes, and Practices Among Veterinarians and Operators of Establishments in the Republic of Cyprus. *Antibiotics*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030251>
- Tuesta Casique, A. (2020). *Incidencia de los impactos ambientales de la actividad agrícola y ganadera de la microcuenca Juningullo la Mina en la presentación del servicio de agua potable de la ciudad de Moyobamba 2018*. Universidad Agraria la Selva.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2020). Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34–38. <https://doi.org/10.12691/ajwr-1-3-3>
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Wetzel, R. (2001). *Lake and River Ecosystems* (ACADEMIC PRESS, Ed.; 3rd ed., Vol. 1, pp. 227–237).

ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

REGISTRO DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Objetivo: Sistematizar los resultados de laboratorio para análisis de calidad de agua.

Parámetro	Resultado	Unidad
Oxígeno Disuelto (OD)		
DBO5		
DQO		
pH		
Nitratos		
Fosfatos		
Coliformes totales		
E. Coli		
SDT		

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES / INDICADORES
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable	Indicador:
¿En qué medida los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?	Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina en la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025.	Existen diferencias significativas en la calidad del agua del río San Alberto entre la zona impactada por vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina y la zona no impactada, durante el año 2025.	Independiente: Vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina	Tipo de zona (impactada / no impactada)
			Variable	Dimensiones:
			Dependiente: Calidad del agua del río San Alberto	Parámetros fisicoquímicos, Parámetros microbiológicos e Índice de Calidad del Agua (ICA)
Problema específico 1:	Objetivo Específico 1:	Hipótesis Específica 1:		Indicadores:
¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?	Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.	Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Alberto.		pH, Conductividad eléctrica, Temperatura, Oxígeno disuelto (OD), DBO ₅ , Nitrógeno total y Coliformes totales
Problema específico 2:	Objetivo específico 2:	Hipótesis específica 2:		
¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina	Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina	Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina		

efluentes de crianza porcina sobre los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto, Oxapampa – 2025?	efluentes de crianza porcina sobre los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.	influyen significativamente en los parámetros microbiológicos del agua del río San Alberto.	
Problema específico 3:	Objetivo específico 3:	Hipótesis específica 3:	Indicador:
¿Cuál es la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto, Oxapampa – 2025?	Determinar la influencia de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.	Los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina influyen significativamente en el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río San Alberto.	Valor del ICA (0–100)

ANEXO 3: PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

HIDROLAB PERÚ S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Jr. Las fábricas Nro. 216 Mz. B Lt. 16, Urbanización Industrial San Remo, distrito de Cercado de Lima, provincia y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 27 de febrero de 2025
Fecha de Vencimiento: 26 de febrero de 2029



Cedula N° : 000074-2025-INACAL/DA
Adenda N°03 del contrato de acreditación N°006-2021/INACAL-DA
Registro N° : LE-077



Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 2000289016.pdf
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 28.02.2025 19:02:22 -05:00

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL.

Fecha de emisión: 28 de febrero de 2025

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados, y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver: 03

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO

Foto D1. Muestreo de agua del río San Alberto.



Fuente: Elaboración propia.

Toma de muestra en el punto SA-01, de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA).

Foto D2. Muestreo de agua en los puntos SA-01 y SA-02



Fuente: elaboración propia

Recolección de muestras de parámetros fisicoquímico y bacteriológico, para envío al laboratorio acreditado HIDROLAB PERU S.A.C.

Foto D3. Preservación de muestras para ser renviado al laboratorio HIDROLAB



Fuente: Elaboración propia.

Adición de preservantes a muestras recolectadas y relleno de la cadena de custodia, para envío al laboratorio para su análisis

Foto D4. Medición de parámetros de campo.



Fuente: Elaboración propia.

Medición de parámetros de campo, pH, Conductividad, Oxígeno disuelto y temperatura del agua en los puntos de muestreo SA-01 y S-02, de las aguas del río San Alberto.

Foto D5. Preparación de muestras para envío al laboratorio HIDROLAB



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de las muestras, preservación y embalaje, para su transporte al laboratorio acreditado HIDROLAB PERU S.A.C. Un correcto transporte garantiza la representatividad de los resultados obtenidos.

PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRA PUNTUAL DE AGUA SUPERFICIAL

1. Objetivo

Establecer el procedimiento para la recolección de muestras puntuales de agua superficial en los puntos SA-01 y SA-02 del río San Alberto, con la finalidad de determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que permitan evaluar el efecto de los vertimientos domésticos y efluentes de crianza porcina sobre la calidad del recurso hídrico.

2. Base normativa

- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA).
- Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Agua).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF).

3. Ubicación de los puntos de monitoreo

Punto SA-01 (Zona no impactada)

Ubicado aguas arriba de la zona de influencia de los vertimientos domésticos y efluentes porcinos, representando las condiciones naturales del río.

Punto SA-02 (Zona impactada)

Ubicado aguas abajo de la descarga de aguas residuales domésticas y efluentes provenientes de la crianza porcina, representando la condición afectada del recurso hídrico, las coordenadas geográficas deberán registrarse mediante GPS en formato UTM WGS84.

4. Equipos y materiales

Equipos

- GPS.
- Multiparámetro portátil.
- Cámara fotográfica.

- Cooler con gel refrigerante.
- Cinta métrica.
- Ficha de campo.

Materiales

- Frascos de polietileno de 100 ml 200 ml y 500 mL.
- Frascos estériles para microbiología.
- Etiquetas impermeables.
- Guantes de nitrilo.
- Alcohol al 70%.
- Marcador indeleble.
- Cadena de custodia.

5. Medidas de seguridad

El personal deberá utilizar:

- Botas de jebe.
- Guantes de nitrilo.
- Chaleco reflectante.
- Protector solar.
- Casco cuando corresponda.

Se evitará ingresar a zonas con corrientes peligrosas o profundidad excesiva.

6. Procedimiento de muestreo

6.1. Reconocimiento del punto

Antes del muestreo se deberá:

- Verificar la ubicación del punto de muestreo.
- Registrar coordenadas UTM.
- Tomar fotografías del sitio.
- Registrar condiciones climáticas.
- Registrar observaciones visuales del cuerpo de agua.

6.2. Medición de parámetros in situ

Antes de recolectar la muestra se medirán:

- Temperatura del agua.
- pH.
- Conductividad eléctrica.
- Oxígeno disuelto.

Los equipos deberán encontrarse previamente calibrados con sus estándares.

6.3. Técnica de toma de muestra puntual

De acuerdo con la R.J. N.° 010-2016-ANA:

- Seleccionar una zona representativa de flujo uniforme.
- Ubicarse preferentemente contra la corriente.
- Ingresar aproximadamente 1 metro desde la orilla cuando las condiciones de seguridad lo permitan.
- Enjuagar tres veces el recipiente con agua del río, excepto los frascos destinados para análisis microbiológicos.
- Introducir el recipiente con la boca orientada hacia la corriente.
- Tomar la muestra a una profundidad aproximada de: 20 a 30 cm por debajo de la superficie del agua.
- Evitar: Remover sedimentos, capturar material flotante, tomar muestras en remansos y contaminar la muestra con las manos.
- Llenar completamente el recipiente dejando el espacio requerido por el laboratorio.

7. Preservación de muestras

- Análisis fisicoquímicos

Conservar a: 4 ± 2 °C, utilizando cooler con hielo.

- Análisis microbiológicos

Conservar a: 4 ± 2 °C, sin congelar.

El tiempo entre la toma y el análisis deberá cumplir los tiempos máximos establecidos por Standard Methods y el laboratorio acreditado.

8. Rotulado de muestras

Cada recipiente deberá contener:

- Código del punto.
- Fecha.
- Hora.
- Tipo de análisis.
- Nombre del responsable.

9. Cadena de custodia

Se deberá registrar:

- Código de muestra.
- Fecha y hora de recolección.
- Responsable del muestreo.
- Tipo de preservación.
- Laboratorio receptor.
- Fecha y hora de entrega.

Nota: el protocolo fue elaborado en concordancia al protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, resolución jefatural 010-2016-ANA

Certificado de calibración de Equipo Multiparámetro HANNA HI9829



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Equipo Multiparámetro HANNA HI9829

1. Información del Equipo

Equipo: medidor multiparámetro portátil
Marca: HANNA Instruments
Modelo: HI9829
Número de serie: 08070018101

Propietario: Instituto del Bien Común
Sondas: pH, temperatura, Conductividad eléctrica, turbidez, oxígeno disuelto

2. Fecha de calibración 09-02-2026

3. Lugar de calibración Oficina del Instituto del Bien Común en Oxapampa

4. Método de calibración La calibración se realizó según el procedimiento indicado en el manual de operación del fabricante

5. Trazabilidad Los patrones utilizados para la calibración se detallan a continuación:

Descripción	Marca	Lote	Fecha vencimiento
Solución Buffer pH 4.01	HANNA	0734	10/2029
Solución Buffer pH 7.01	HANNA	0880	11/2029
Solución Buffer pH 10.01	HANNA	0696	10/2026
Estándar de conductividad 1413 uS/cm	HANNA	0773	10/2029
Solución para calibración de turbidez 0 FNU	HANNA	9021	05/2026
Solución para calibración de turbidez 20 FNU	HANNA	0549	03/2027
Solución para calibración de turbidez 200 FNU	HANNA	9845	08/2026

6. Resultados de Calibración

Patrón	Lectura del equipo	Error	Tolerancia	Estado
Buffer pH 4.01	4.0	0.01	± 0.02 pH	CUMPLE
Solución Buffer pH 7.01	6.99	0.02	± 0.02 pH	CUMPLE
Solución Buffer pH 10.01	10.0	0.01	± 0.02 pH	CUMPLE
CE 1413 uS/cm	1413	0	$\pm 1\%$ de la lectura o ± 1 uS/cm	CUMPLE
Turbidez 0 FNU	0.1	0.1	± 0.3 FNU o $\pm 2\%$ de la lectura	CUMPLE
Turbidez 20 FNU	20.2	0.2	± 0.3 FNU o $\pm 2\%$ de la lectura	CUMPLE
Turbidez 200 FNU	199.9	0.1	± 0.3 FNU o $\pm 2\%$ de la lectura	CUMPLE
Error = Valor indicado en el patrón – valor medido				
Tolerancia = Valor establecido por el fabricante				

7. Observaciones

- Documento de referencia: Manual de instrucciones https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2019/01/Manual_HI_9829.pdf
- La frecuencia de calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.

8. Conclusión

El equipo evaluado cumple con las especificaciones establecidas.

Responsable de la calibración



Carolina Perret

23-06-2026

REPORTE DE ACTIVIDAD 3.1

Activity 3.1. Evaluate the result of the implementation of the RAW (1,506.52 ha) and AC (1,012.38 ha) through the acquisition of electronic monitoring equipment, the registry of information on hydrology, meteorology, soils, forest cover in ZIH (approximately 8100 hectares) and ZIHe (approximately 2250 hectares).

1. Miembros del equipo IBC-ProPachitea:

Carolina Alexandra Perret

2. Actividad realizada

Reporte trimestral de monitoreo período enero – marzo 2025

3. Periodo

enero– marzo 2025

4. Objetivo

Generar documento con los datos de monitoreo

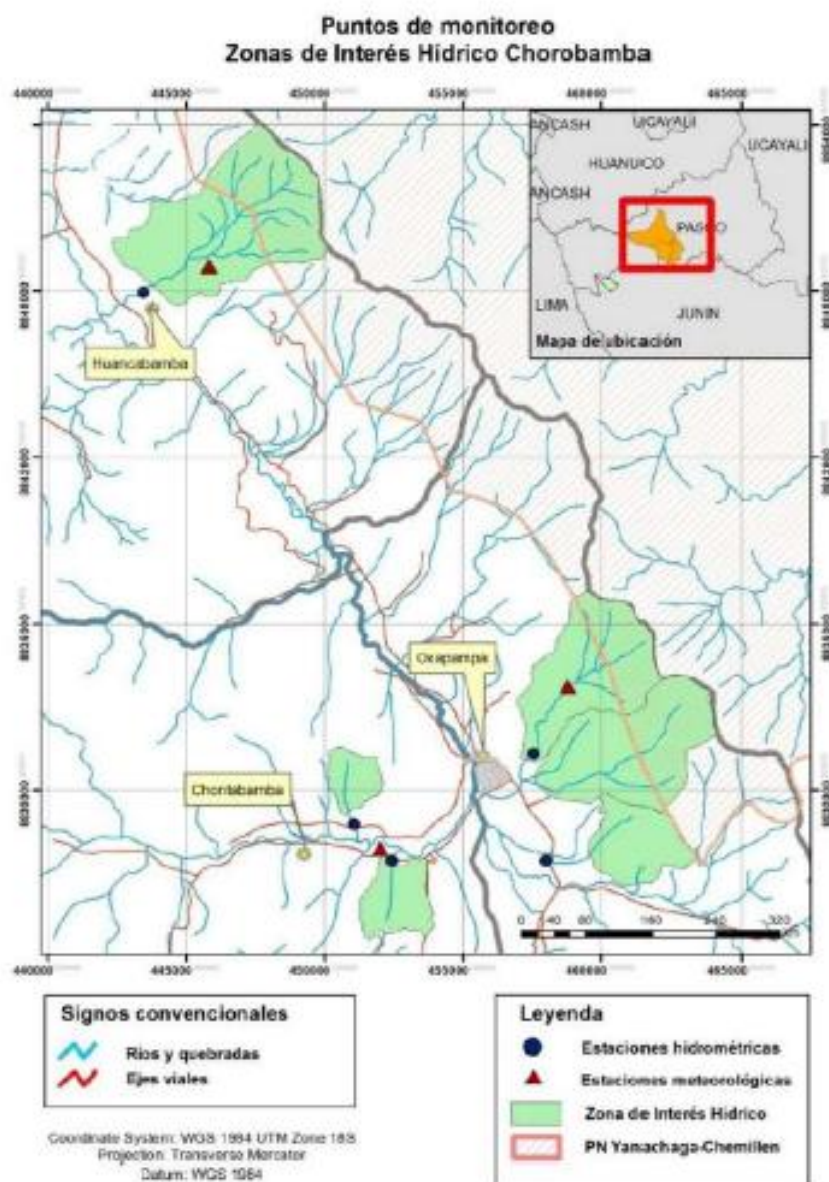
5. Descripción de la actividad

La información recogida en campo se sistematiza y analiza para elaborar reportes trimestrales.

Reporte trimestral de monitoreo Cuenca del río Chorobamba

En el siguiente reporte se presentan los datos de monitoreo recopilados por el Instituto del Bien Común, Programa ProPachitea.

Periodo: 1 de enero al 31 de marzo de 2025



I. Análisis de datos hidrológicos

Los datos colectados en campo durante el período comprendido entre enero y marzo de 2025, se presentan en tablas y en gráficos. En las tablas se indican los valores medios, máximos y mínimos de los parámetros, además del número de registros (n) que fueron considerados.

En los gráficos pueden observarse los registros en campo y los límites establecidos por los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente

Los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente, establecen límites para algunos de los parámetros registrados en campo. Asimismo, los ECA, consideran categorías de acuerdo al uso al cual se destina o se va a destinar el agua. Para este reporte se consideran la Categoría 1: Poblacional y recreacional (dado que en las ZIH se encuentran las captaciones para consumo poblacional) sub categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección); y la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017).

1. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Oxapampa

1.1. Zonas de Interés Hídrico San Alberto

Tabla N°1: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH San Alberto, durante el período enero a marzo de 2025

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
San Alberto	media	10,13	8,46	79,75	18,75	63,65	0,04	65,11
	min	7,00	8,11	47,90	17,40	34,10	0,02	12,19
	max	12,00	8,64	132,90	19,80	116,80	0,07	173,67
	n	4	4	4	4	4	4	4

Tanto el pH como la conductividad eléctrica se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

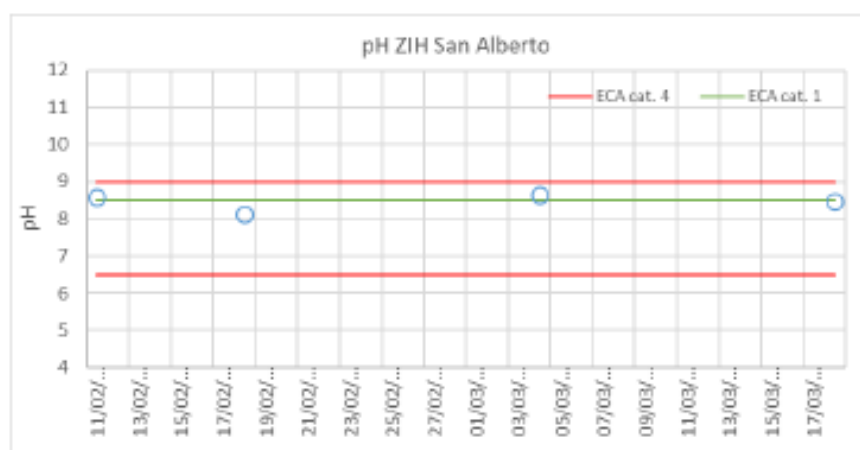


Gráfico N°2. Variación del pH en la ZIH San Alberto durante el período enero – marzo de 2025.

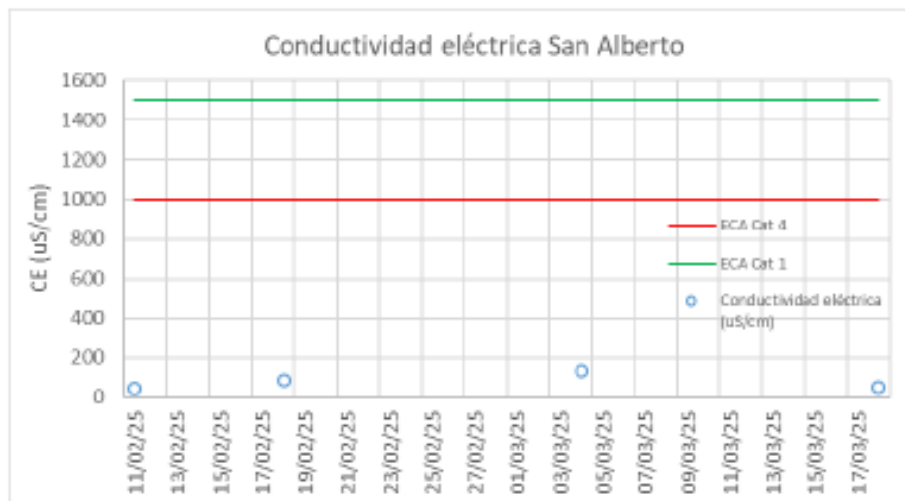


Gráfico N°3. Variación de la CE en la ZIH San Alberto durante el período enero – marzo de 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por encima de los límites establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

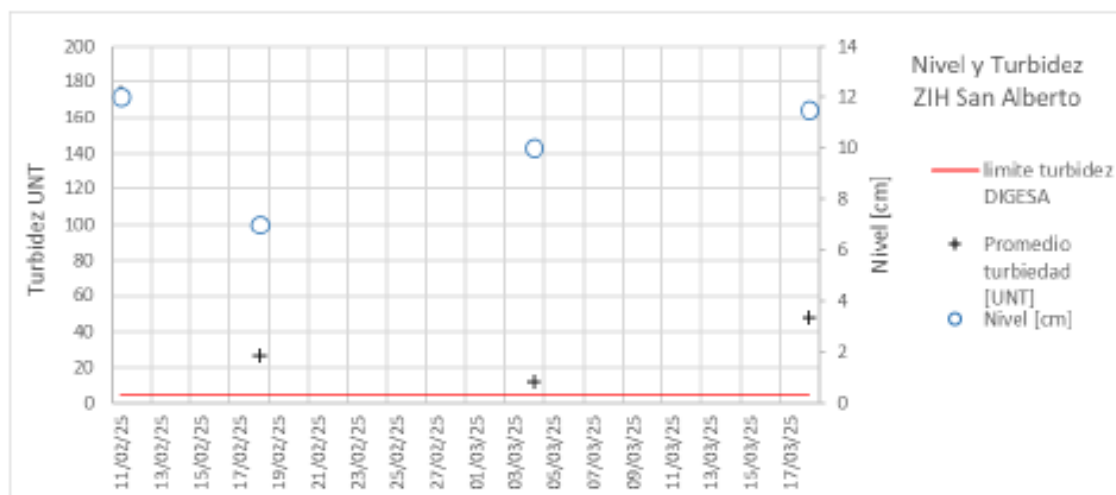


Gráfico N°4. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH San Alberto durante el período enero – marzo 2025

1.2. Zonas de Interés Hídrico La Colina

Tabla N°2: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH La Colina, durante el período enero – marzo de 2025.

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
La Colina	media	7,13	8,6	369,1	18,7	272,3	0,17	18,7
	min	6	8,1	83,2	18,2	58,4	0,02	10,0
	max	10	8,9	1007,0	19,6	716,0	0,50	27,6
	n	4	4	4	4	4	4	4

Tanto el pH como la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

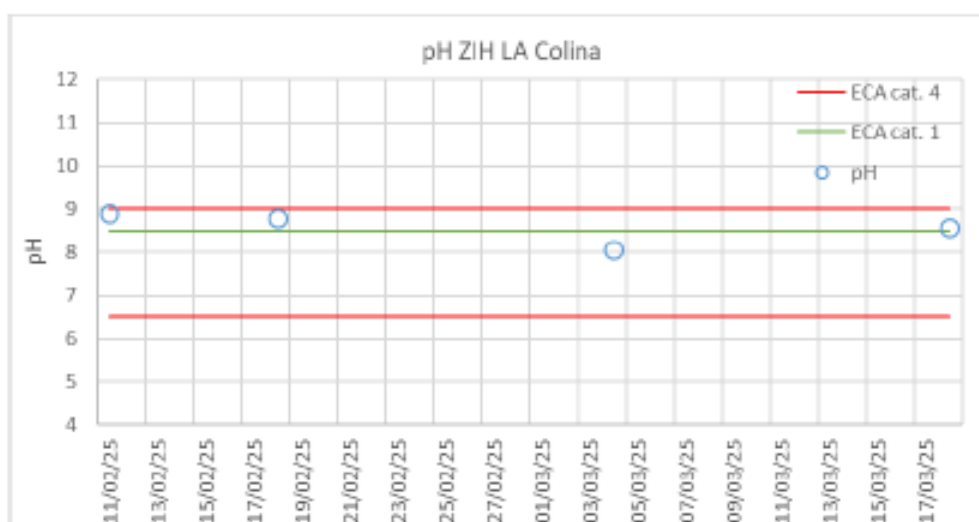


Gráfico N°5. Variación del pH en la ZIH La Colina durante el período enero -marzo 2025

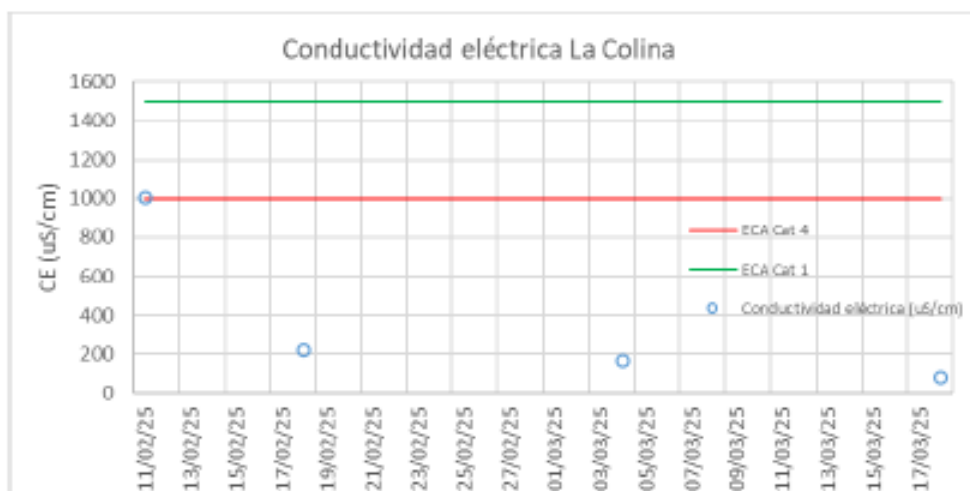


Gráfico N°6. Variación de la CE en la ZIH La Colina durante el período enero - marzo de 2025

La quebrada La Colina atraviesa pastales, dejando al cauce descubierto en varios tramos de su recorrido. Las precipitaciones y los rayos solares inciden directamente sobre el suelo y la quebrada sin mayor amortiguamiento y retención por parte de la cobertura del suelo. Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por encima del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

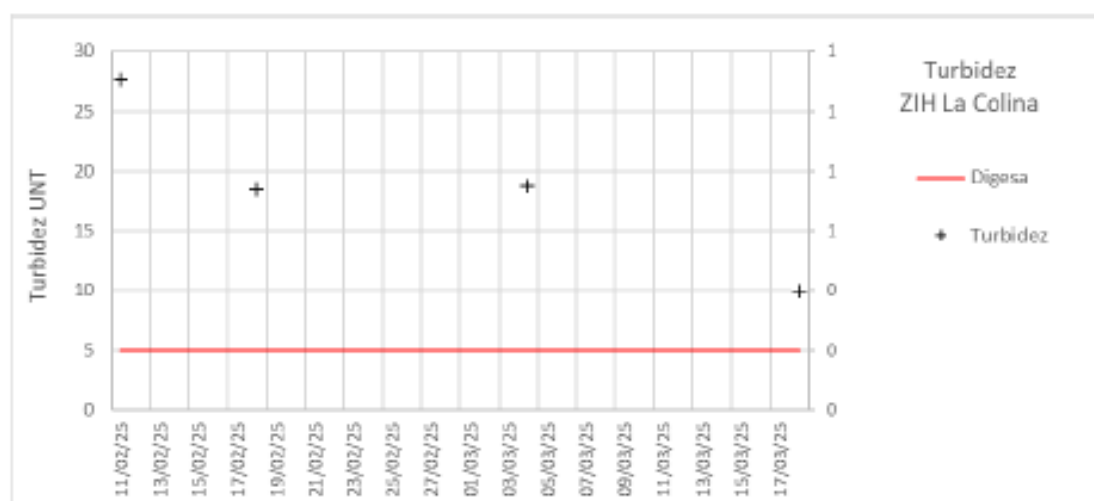


Gráfico N°7. Variación de la turbidez en la ZIH La Colina durante el período enero – marzo 2025

2. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Chontabamba

2.1 Zona de Interés Hídrico Polvorín

Tabla N°3: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Polvorín, durante el período enero – marzo de 2025-

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Polvorín	media	18,5	8,33	112,13	19,63	79,85	0,06	15,11
	min	15	7,90	102,40	18,40	72,80	0,05	6,79
	max	22	8,68	123,20	20,30	88,10	0,07	21,71
	n	4	4	4	4	4	4	4

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4, sin mayores fluctuaciones.

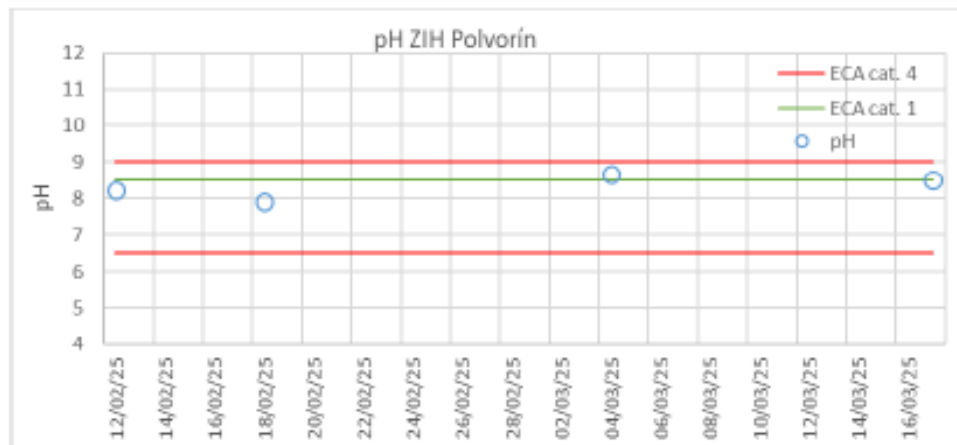


Gráfico N°8. Variación del pH en la ZIH Polvorín durante el período enero – marzo de 2025

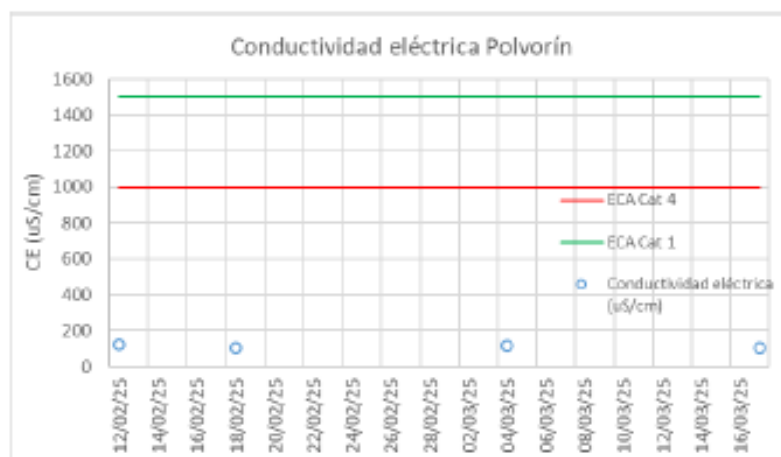


Gráfico N°9. Variación de la CE en la ZIH Polvorín durante el período enero – marzo 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT). Las marcadas variaciones de nivel en la quebrada corresponden a la temporada seca, donde los eventos de precipitación son mínimos o nulos.

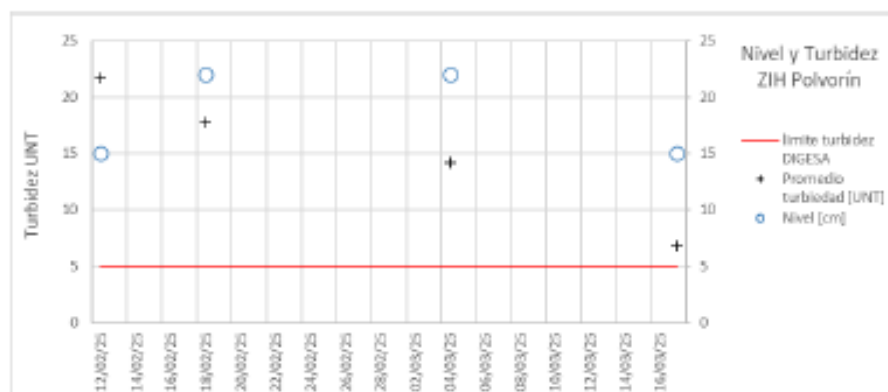


Gráfico N°10. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Polvorín durante el período enero – marzo 2025

2.2 Zona de Interés Hídrico Dos de Mayo

Tabla N°4: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Dos de Mayo, durante el período enero – marzo 2025

ZIH		Lluvia [mm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad (UNT)
Dos de Mayo	media	7,98	8,43	192,23	19,85	141,75	0,10	11,53
	min	0	8,05	100,20	19,00	69,70	0,05	3,00
	max	45,5	8,87	405,00	20,70	310,00	0,20	24,12
	Acumulado	686						
	n	86	4	4	4	4	4	4

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

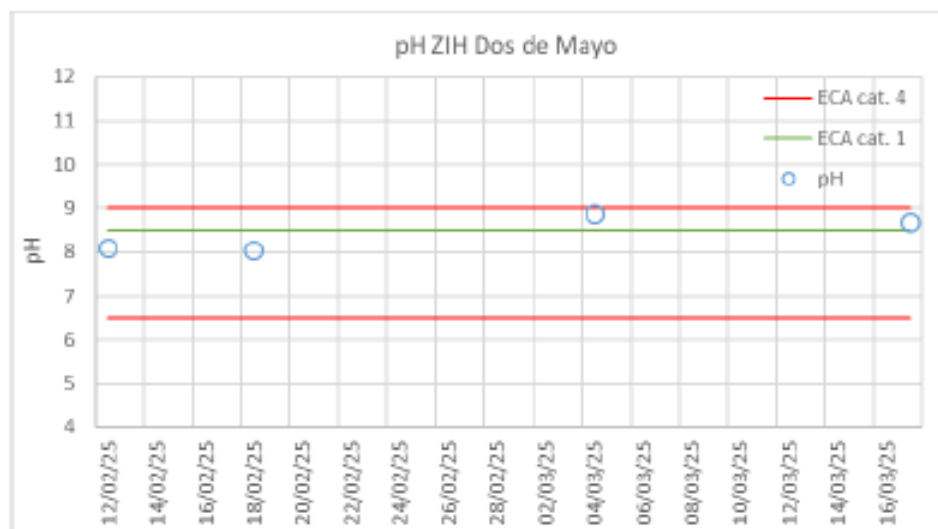


Gráfico N°11. Variación del pH en la ZIH Dos de Mayo durante el período enero – marzo 2025

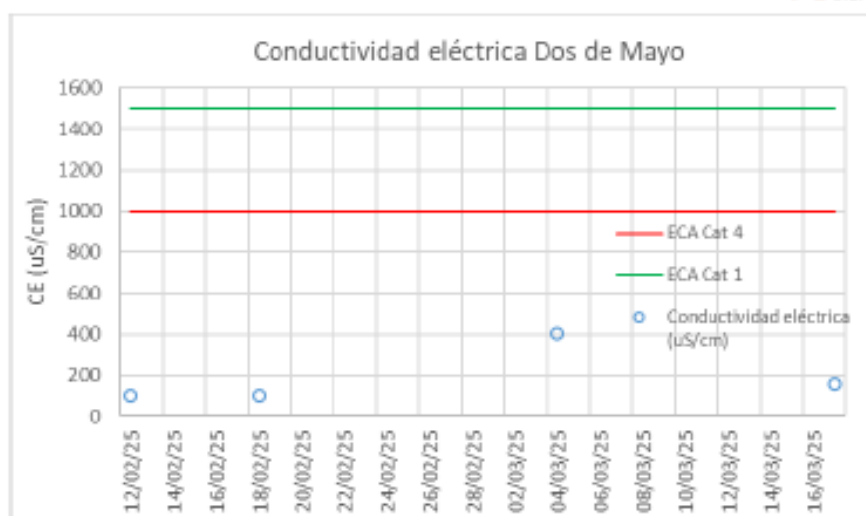


Gráfico N°12. Variación de la CE en la ZIH Dos de Mayo durante el período enero – marzo 2025

El nivel durante este trimestre no pudo registrarse correctamente debido a la colmatación constante de la estación por el movimiento de material en su entorno y partes altas, por la carretera que atraviesa varios tramos de la quebrada; actividades que remueve fácilmente el suelo arenos que conforma gran parte de la cuenca. Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT), aquellos registros que superan el límite.

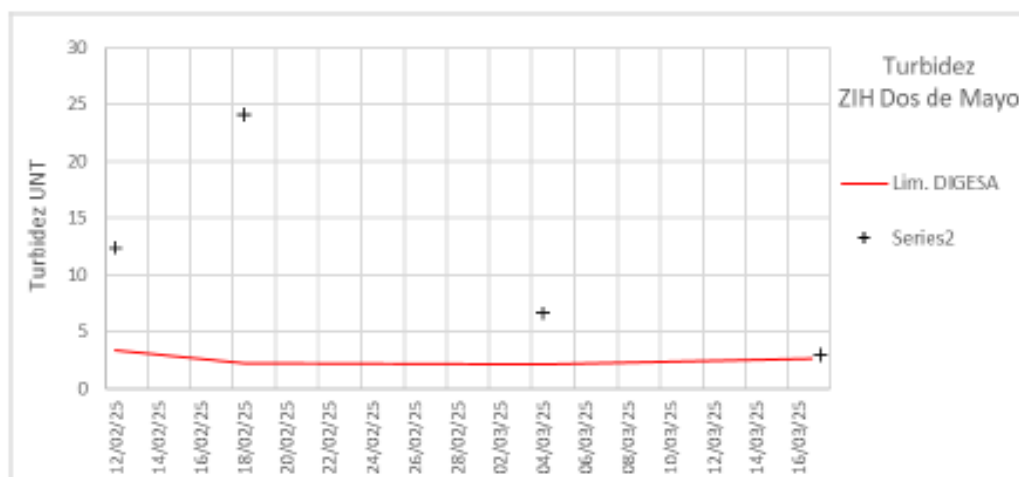


Gráfico N°13. Variación de la turbidez en la ZIH Dos de Mayo durante el período enero – marzo 2025

3. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Huancabamba

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Yanachaga	media	9,1	8,5	171,2	19,8	119,9	0,08	7,0
	min	8,0	8,2	133,4	17,7	87,6	0,06	1,0
	max	10,0	8,9	287,0	26,5	193,0	0,14	12,9
	n	4	4	4	4	4	4	4

Tabla N°5. Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Yanachaga, durante el período enero – marzo 2025

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4. No se observan grandes fluctuaciones de CE.

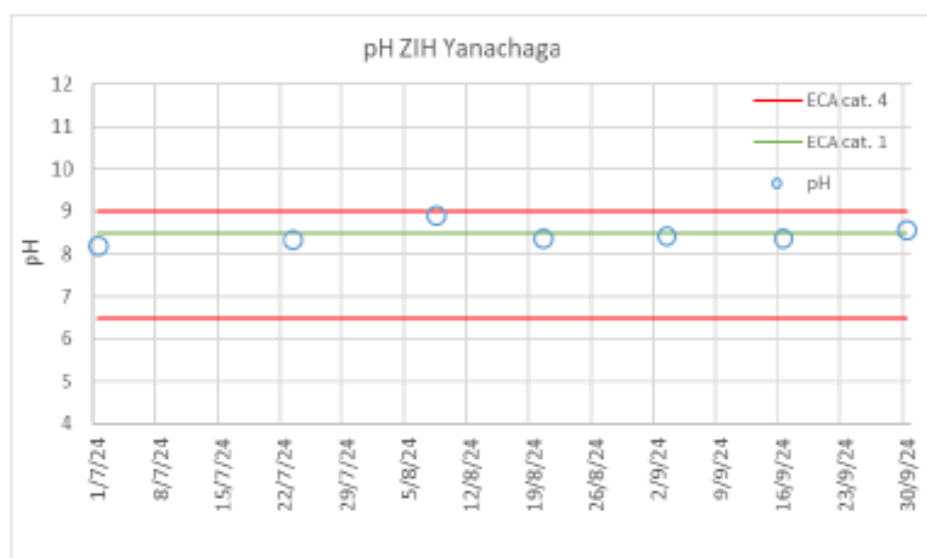


Gráfico N°15. Variación del pH en la ZIH Yanachaga durante el período enero – marzo 2025

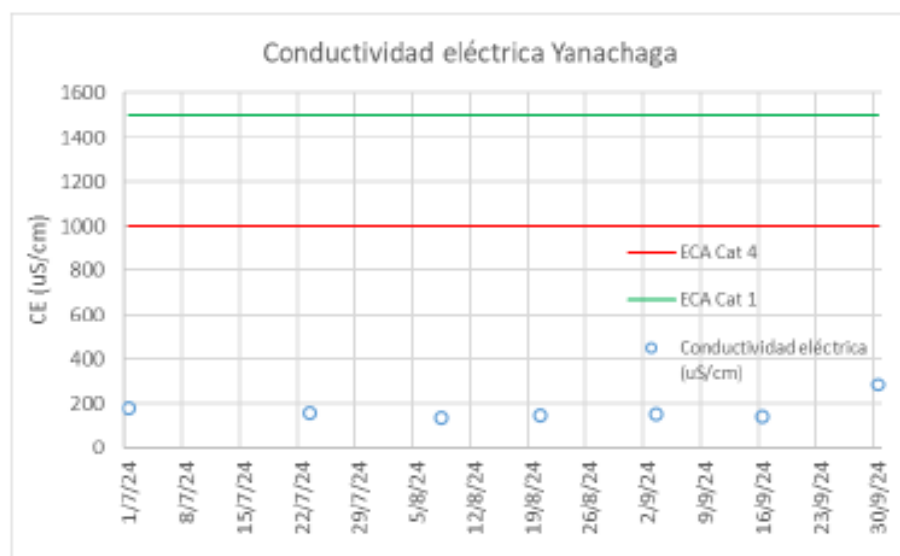


Gráfico N°16. Variación de la CE en la ZIH Yanachaga durante el período enero – marzo 2025

El nivel fluctúa a lo largo del período en a la ocurrencia de precipitaciones. Los registros de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

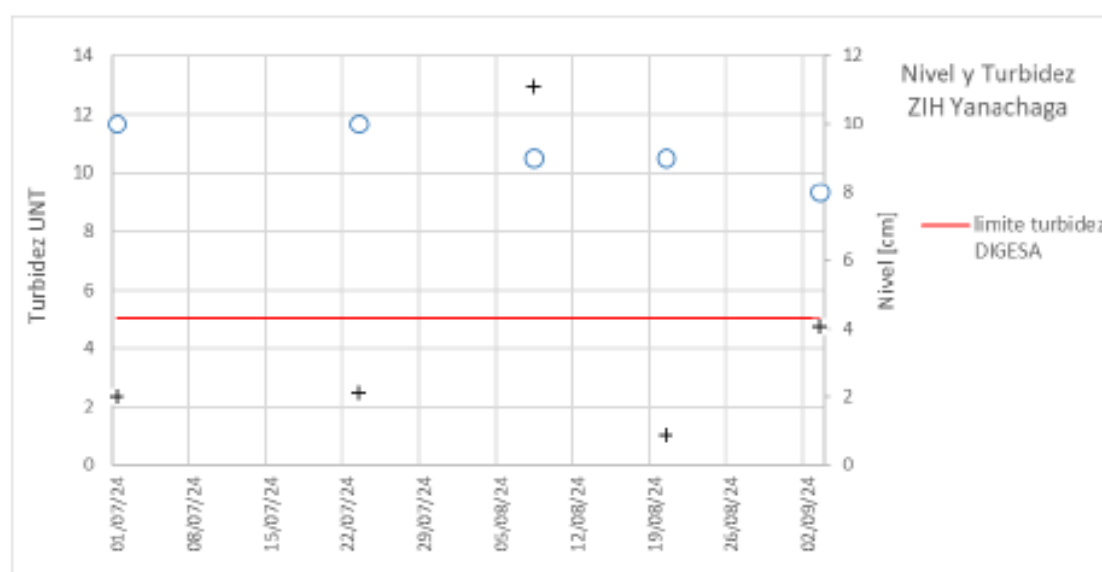
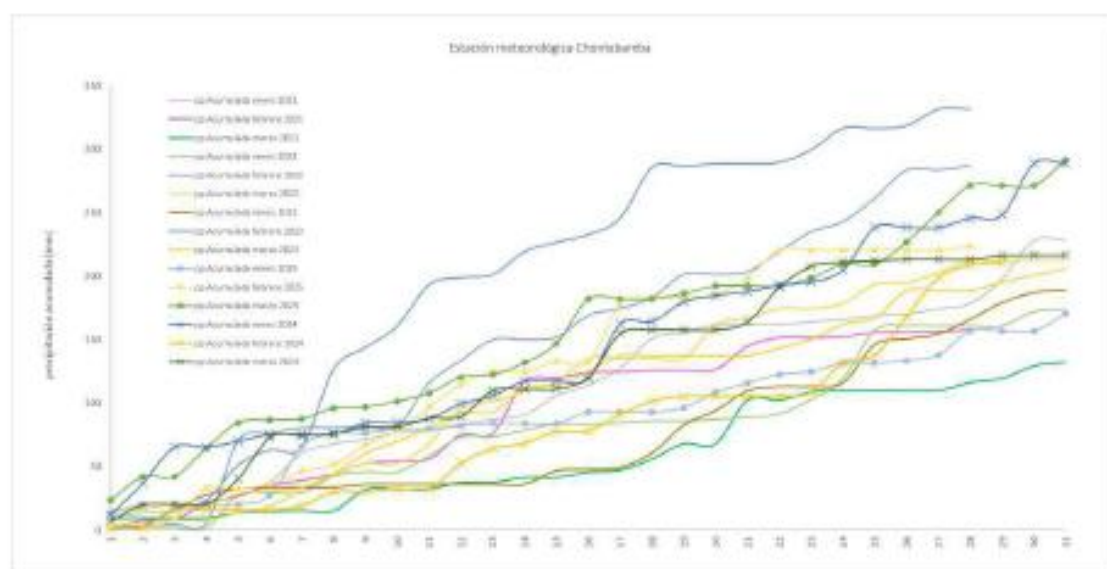


Gráfico N°17. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Yanachaga durante el período enero – marzo 2025

4. Eventos de precipitación

En el gráfico de dispersión, las cuervas indican la variación de la lluvia acumulada durante los meses de enero - marzo para los años, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025.



En la tabla vemos los volúmenes acumulados para los últimos 5 años, donde los tres últimos años muestran los valores más altos de precipitación acumulada.

	2021	2022	2023	2024	2025
Enero	228,4	174	189	289	170,5
Febrero	158	287,3	332	210,8	223,5
Marzo	132,2	213	206,1	216,8	292

REPORTE DE ACTIVIDAD 3.1

Activity 3.1. Evaluate the result of the implementation of the RAW (1,506.52 ha) and AC (1,012.38 ha) through the acquisition of electronic monitoring equipment, the registry of information on hydrology, meteorology, soils, forest cover in ZIH (approximately 8100 hectares) and ZIHe (approximately 2250 hectares).

1. Miembros del equipo IBC-ProPachitea:

Carolina Alexandra Perret

2. Actividad realizada

Reporte de monitoreo período abril – junio de 2025

3. Periodo

Abril – junio 2025

4. Objetivo

Generar documento con los datos de monitoreo

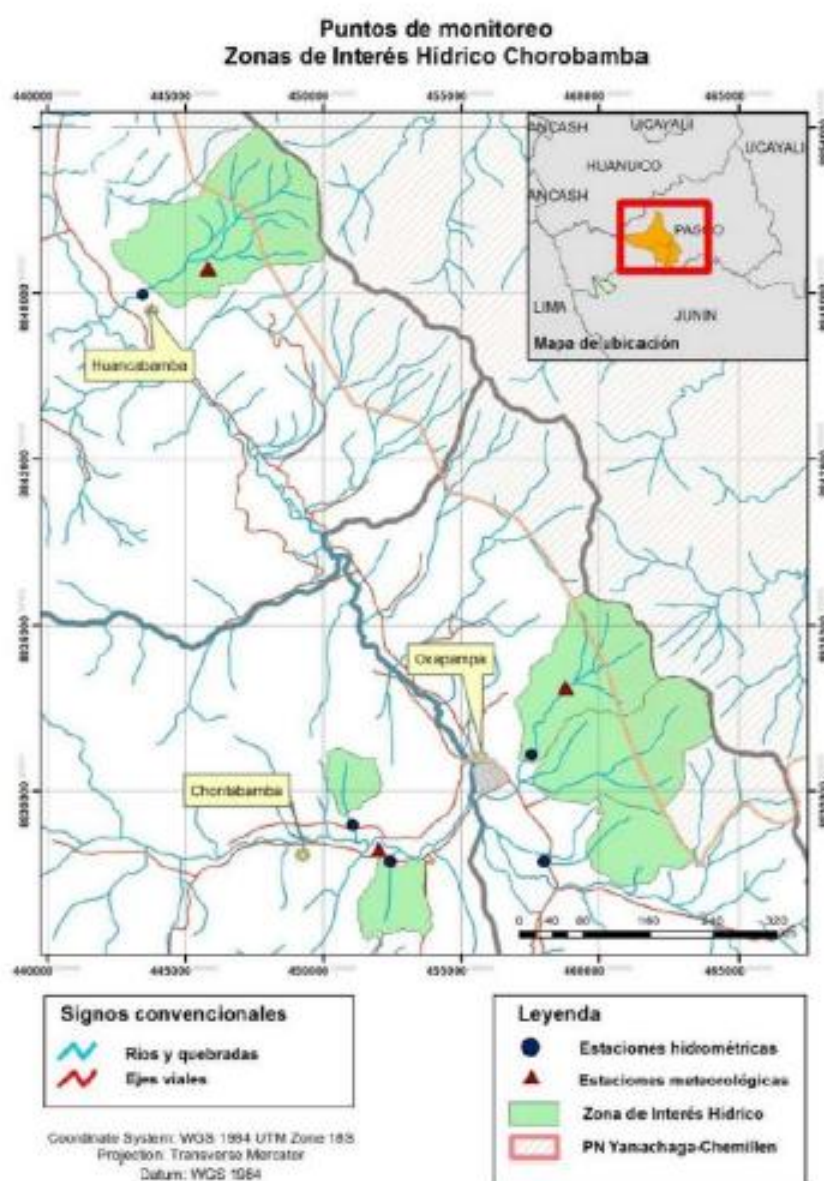
5. Descripción de la actividad

La información recogida en campo se sistematiza y analiza para elaborar reportes trimestrales.

Reporte de monitoreo Cuenca del río Chorobamba

En el siguiente reporte se presentan los datos de monitoreo recopilados por el Instituto del Bien Común, Programa ProPachitea.

Período: abril – junio de 2025



I. Análisis de datos hidrológicos

Los datos colectados en campo durante el período comprendido entre abril y junio de 2025, se presentan en tablas y en gráficos. En las tablas se indican los valores medios, máximos y mínimos de los parámetros, además del número de registros (n) que fueron considerados.

En los gráficos pueden observarse los registros en campo y los límites establecidos por los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente

Los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente, establecen límites para algunos de los parámetros registrados en campo. Asimismo, los ECA, consideran categorías de acuerdo al uso al cual se destina o se va a destinar el agua. Para este reporte se consideran la Categoría 1: Poblacional y recreacional (dado que en las ZIH se encuentran las captaciones para consumo poblacional) sub categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección); y la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017).

1. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Oxapampa

1.1. Zonas de Interés Hídrico San Alberto

Tabla N°1: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH San Alberto, durante el período abril junio de 2025

ZIH		Nivel [cm]	Caudal (l/s)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
San Alberto	media	8,80	381,50	8,28	107,00	18,72	76,58	0,05	11,26
	min	8,00	315,00	8,12	86,90	17,90	60,60	0,04	4,40
	max	9,50	476,00	8,44	162,50	19,20	96,80	0,06	22,07
	n	5	5	5	5	5	5	5	5

Tanto el pH como la conductividad eléctrica se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

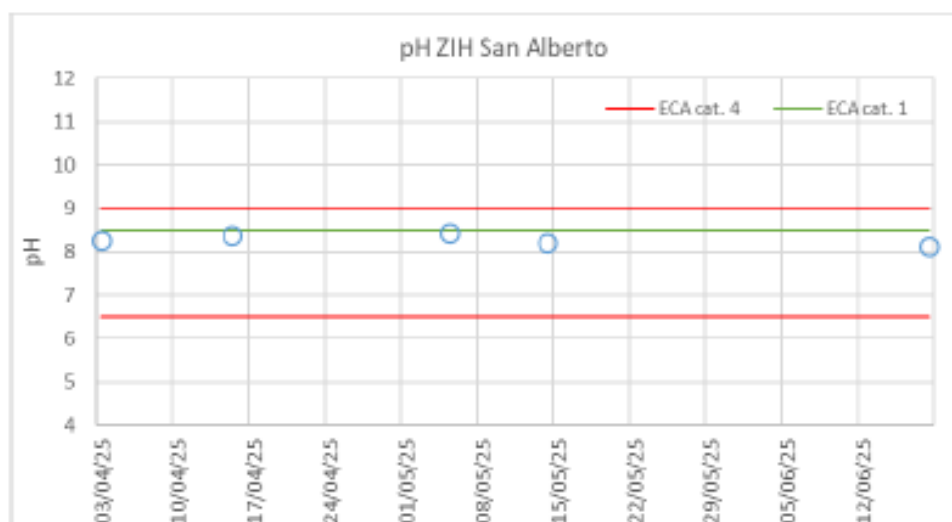


Gráfico N°2. Variación del pH en la ZIH San Alberto durante el período abril – junio de 2025.

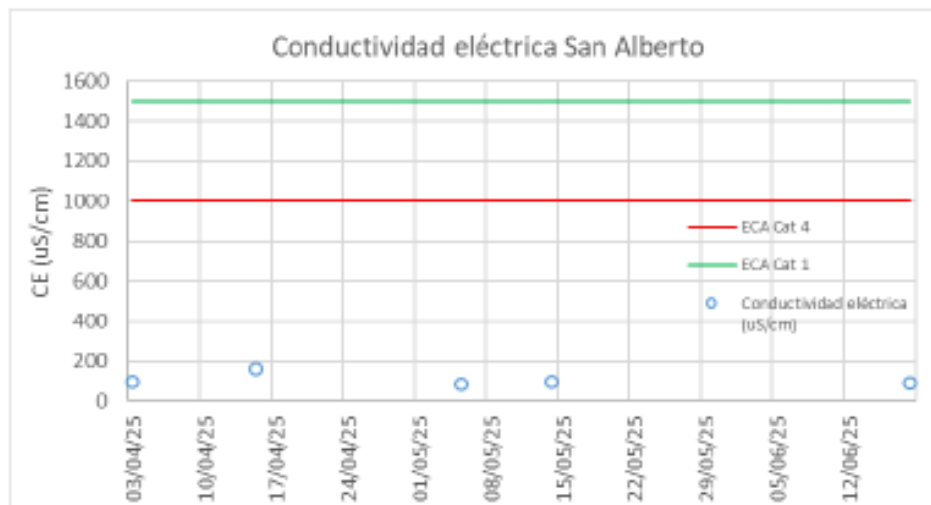


Gráfico N°3. Variación de la CE en la ZIH San Alberto durante el período abril - junio de 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por encima de los límites establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

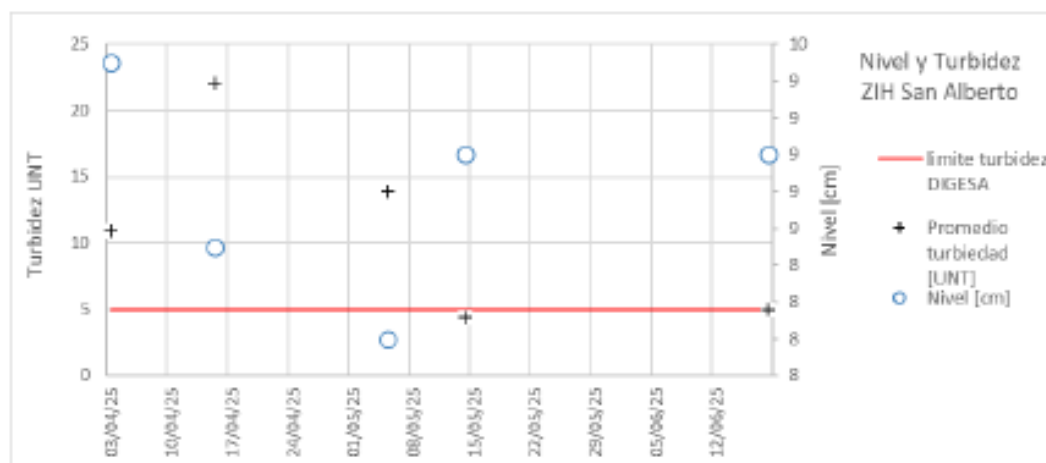


Gráfico N°4. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH San Alberto durante el período abril - junio 2025

1.2. Zonas de Interés Hídrico La Colina

Tabla N°2: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH La Colina, durante el período abril – junio de 2025

ZIH		Nivel [cm]	Caudal	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
La Colina	media	3,33	20,63	8,3	110,2	18,5	87,0	0,05	9,1
	min	2	3	8,1	82,4	17,6	58,7	0,02	2,3
	max	5	45	8,8	175,2	19,9	156,8	0,12	19,6
	n	6	6	6	6	6	6	6	6

Tanto el pH como la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

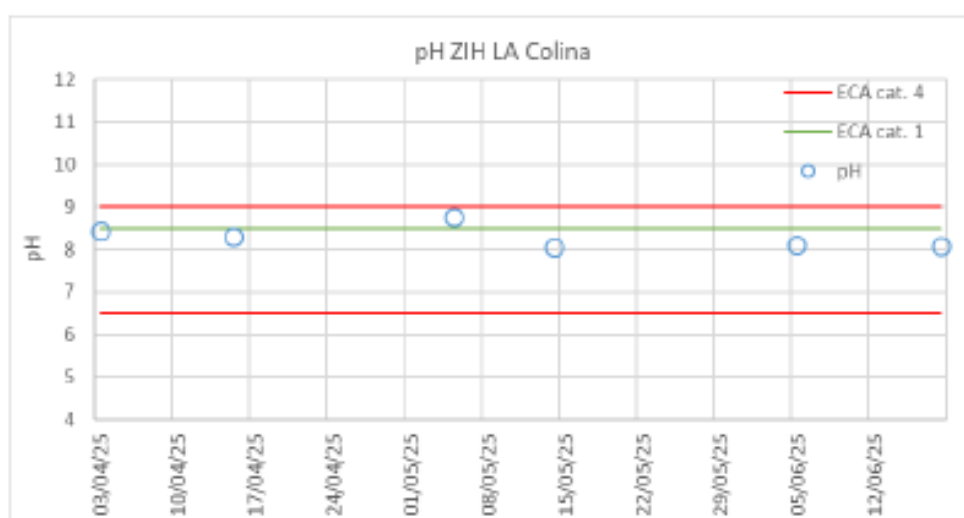


Gráfico N°5. Variación del pH en la ZIH La Colina durante el período abril - junio 2025

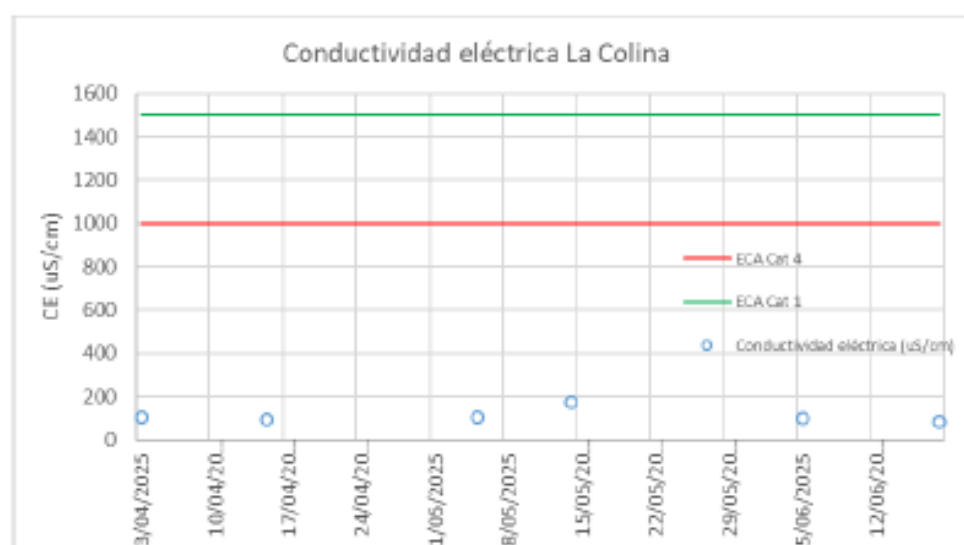


Gráfico N°6. Variación de la CE en la ZIH La Colina durante el período abril – junio de 2024

La quebrada La Colina atraviesa pastales, dejando al cauce descubierto en varios tramos de su recorrido. Las precipitaciones y los rayos solares inciden directamente sobre el suelo y la quebrada sin mayor amortiguamiento y retención por parte de la cobertura del suelo. Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por encima del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

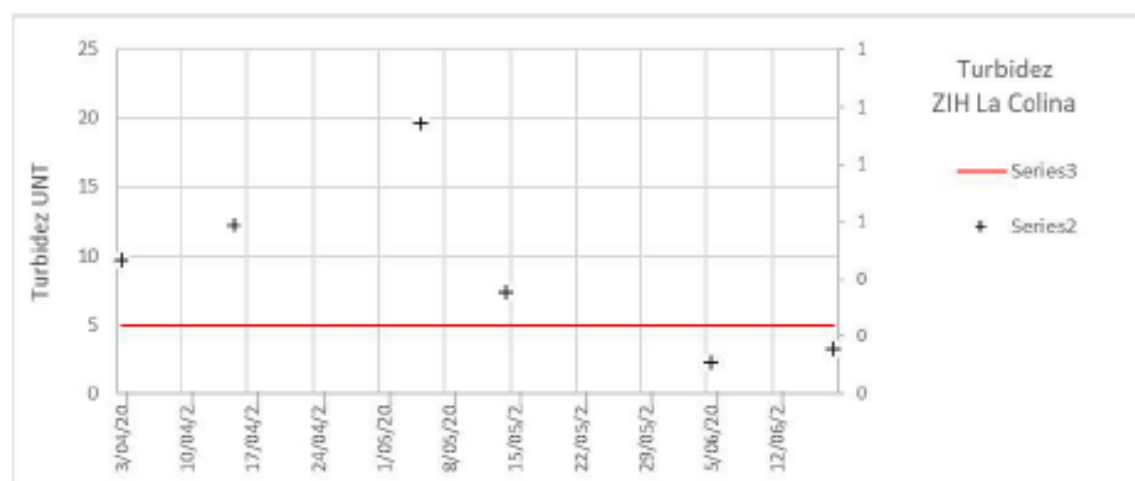


Gráfico N°7. Variación de la turbidez en la ZIH La Colina durante el período abril – junio de 2025

2. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Chontabamba

2.1 Zona de Interés Hídrico Polvorín

Tabla N°3: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Polvorín, durante el período abril - junio de 2025-

ZIH		Nivel [cm]	Caudal (l/s)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Polvorín	media	9	42,9	8,27	150,43	18,87	120,27	0,07	9,09
	min	6,5	28,8	8,18	102,90	17,40	79,20	0,04	2,92
	max	12	86,4	8,51	222,00	20,10	191,80	0,16	18,91
	n	6	6	6	6	6	6	6	6

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4, sin mayores fluctuaciones.

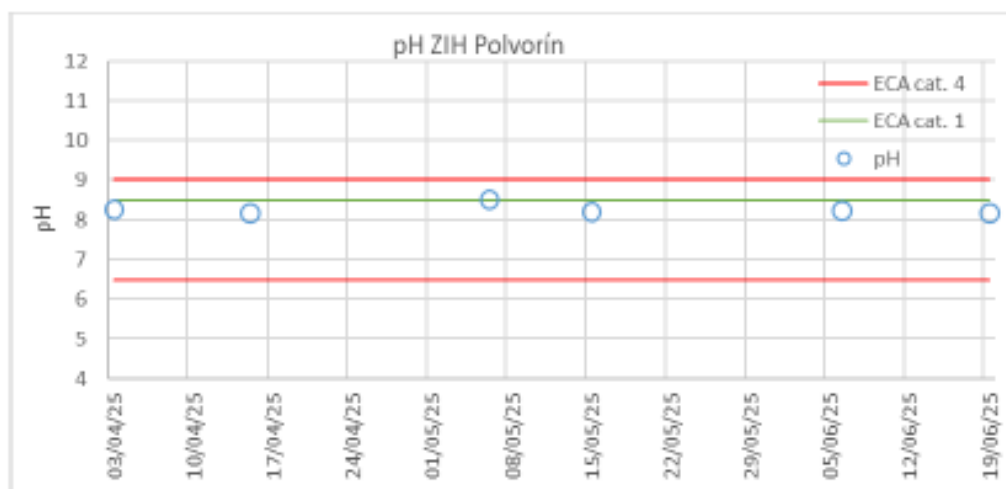


Gráfico N°8. Variación del pH en la ZIH Polvorín durante el período abril - junio de 2025

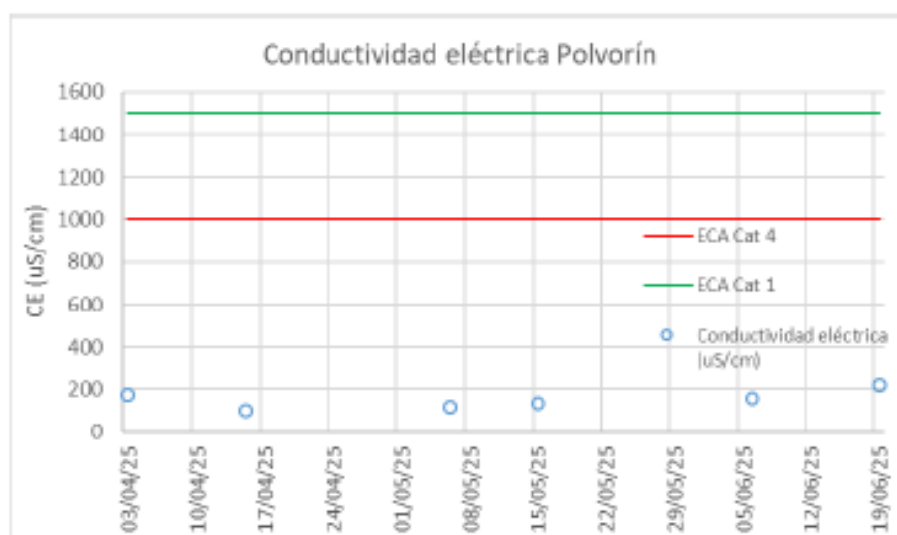


Gráfico N°9. Variación de la CE en la ZIH Polvorín durante el período abril - junio 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT). Las marcadas variaciones de nivel en la quebrada corresponden a la temporada seca, donde los eventos de precipitación son mínimos o nulos.

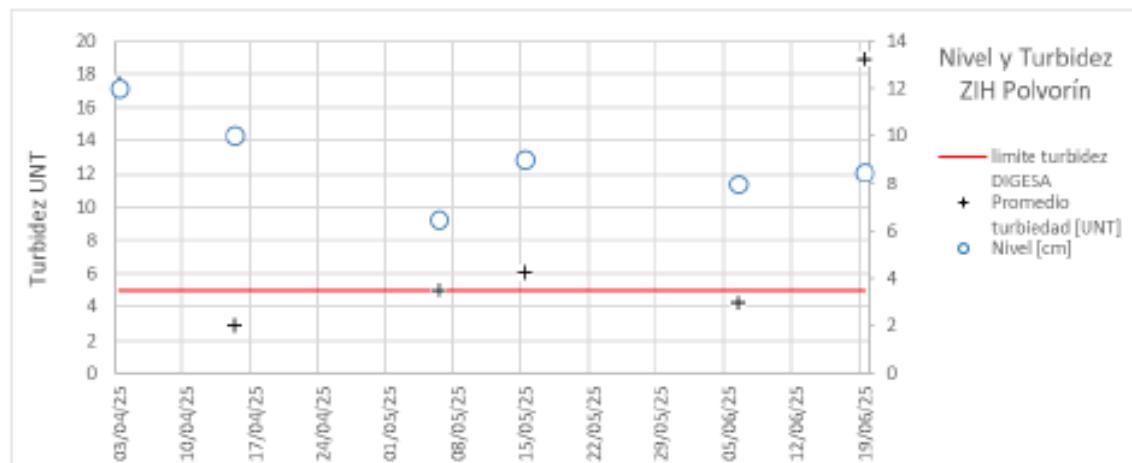


Gráfico N°10. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Polvorín durante el período abril – junio 2025

2.2 Zona de Interés Hídrico Dos de Mayo

Tabla N°4: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Dos de Mayo, durante el período abril – junio 2025

ZIH		pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Dos de Mayo	media	8,31	233,10	19,17	165,83	0,22	18,11
	min	8,16	121,50	18,00	100,80	0,05	2,59
	max	8,41	636,00	20,30	432,00	0,40	81,67
	Acumulado						
	n	6	6	6	6	6	6

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

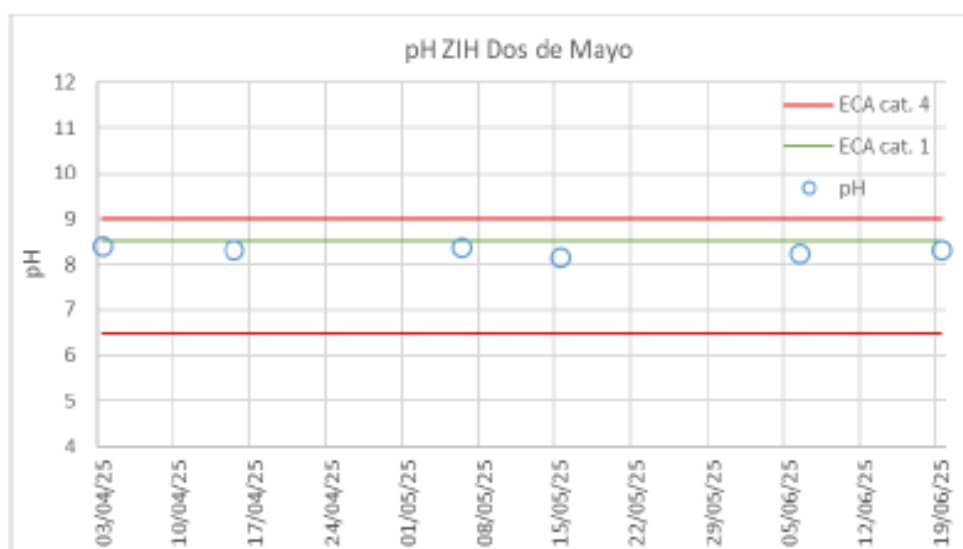


Gráfico N°11. Variación del pH en la ZIH Dos de Mayo durante el período abril - junio 2025

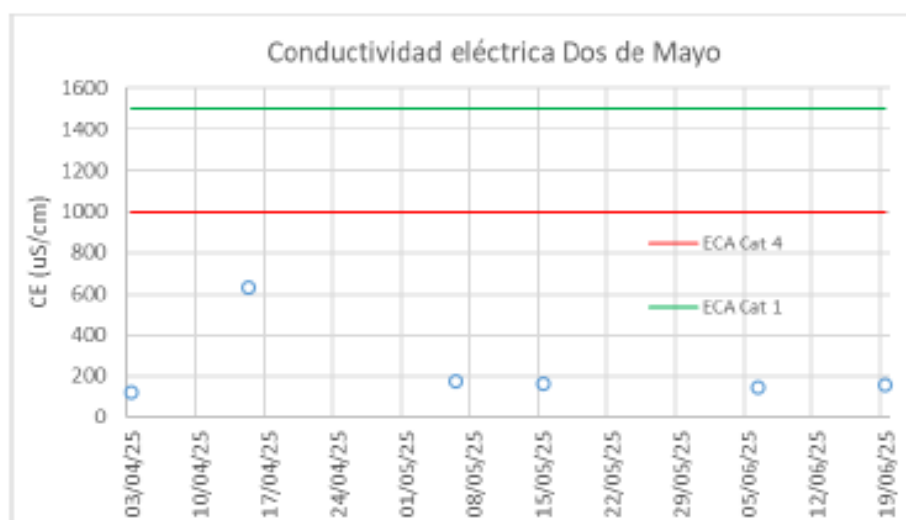


Gráfico N°12. Variación de la CE en la ZIH Dos de Mayo durante el período abril - junio 2025

El nivel durante este trimestre no pudo registrarse correctamente debido a la colmatación constante de la estación por el movimiento de material en su entorno y partes altas, por la carretera que atraviesa varios tramos de la quebrada; actividades que remueve fácilmente el suelo arenos que conforma gran parte de la cuenca. Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT), aquellos registros que superan el límite.



Gráfico N°13. Variación de la turbidez en la ZIH Dos de Mayo durante el período enero – marzo 2025

3. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Huancabamba

Tabla N°5. Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Yanachaga, durante el período abril - junio 2025

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Yanachaga	media	15,0	8,2	112,8	19,1	88,7	0,04	8,2
	min	13,0	8,1	98,6	17,9	74,3	0,04	0,9
	max	18,0	8,3	162,4	20,1	122,1	0,05	18,9
	n	6	6	6	6	6	6	6

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4. No se observan grandes fluctuaciones de CE.

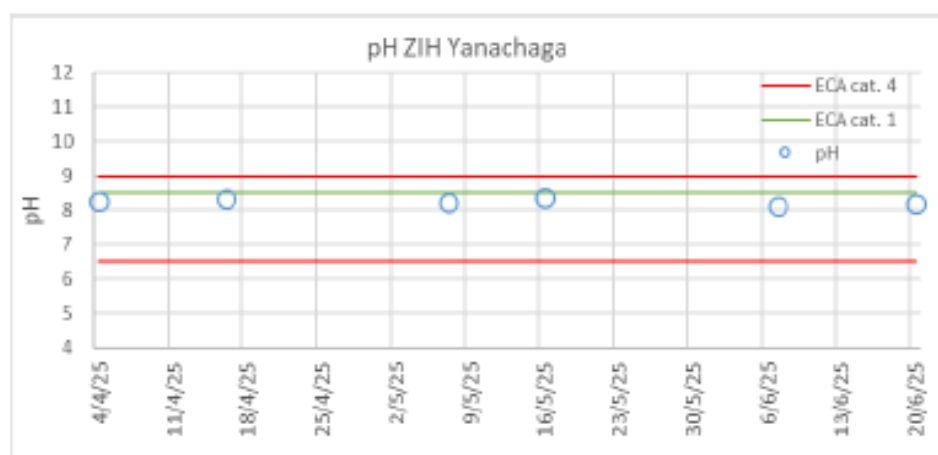


Gráfico N°15. Variación del pH en la ZIH Yanachaga durante el período abril – junio 2025

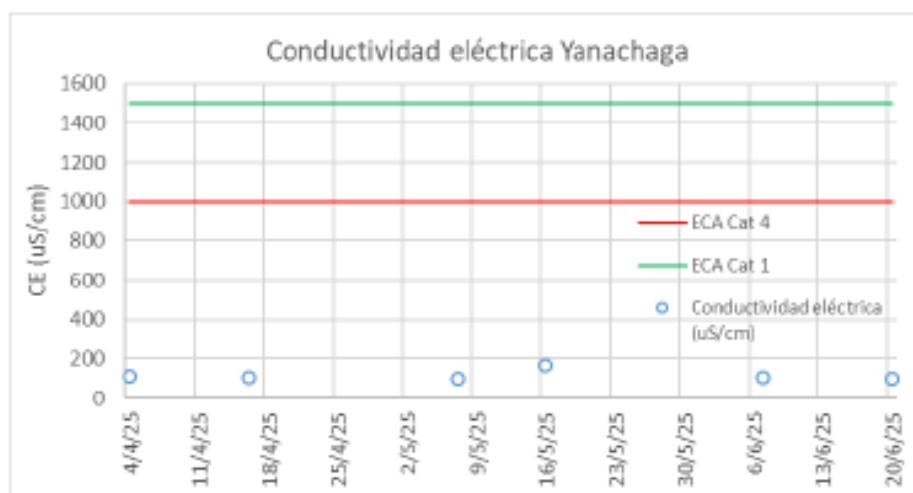


Gráfico N°16. Variación de la CE en la ZIH Yanachaga durante el período abril - junio 2025

El nivel fluctúa a lo largo del período en a la ocurrencia de precipitaciones. Los registros de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por encima del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

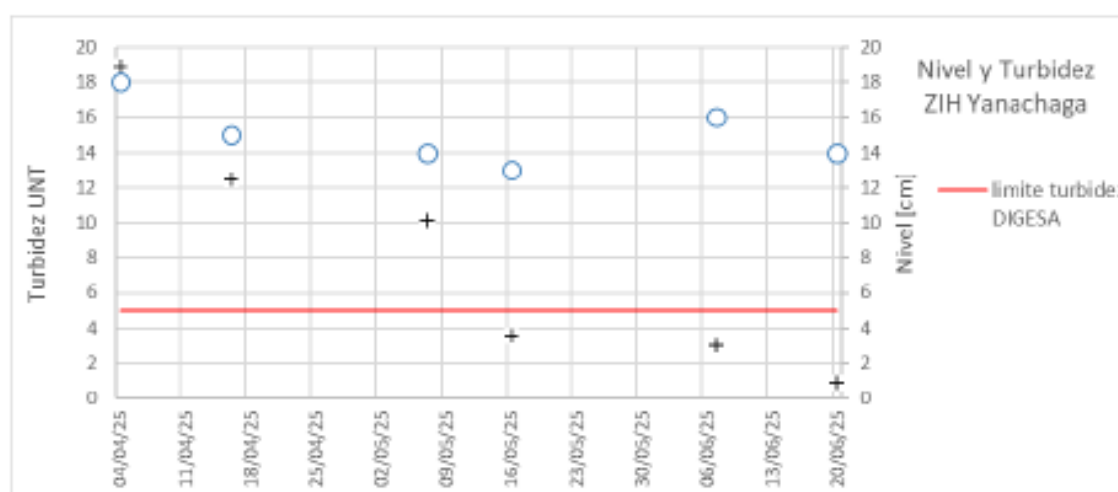
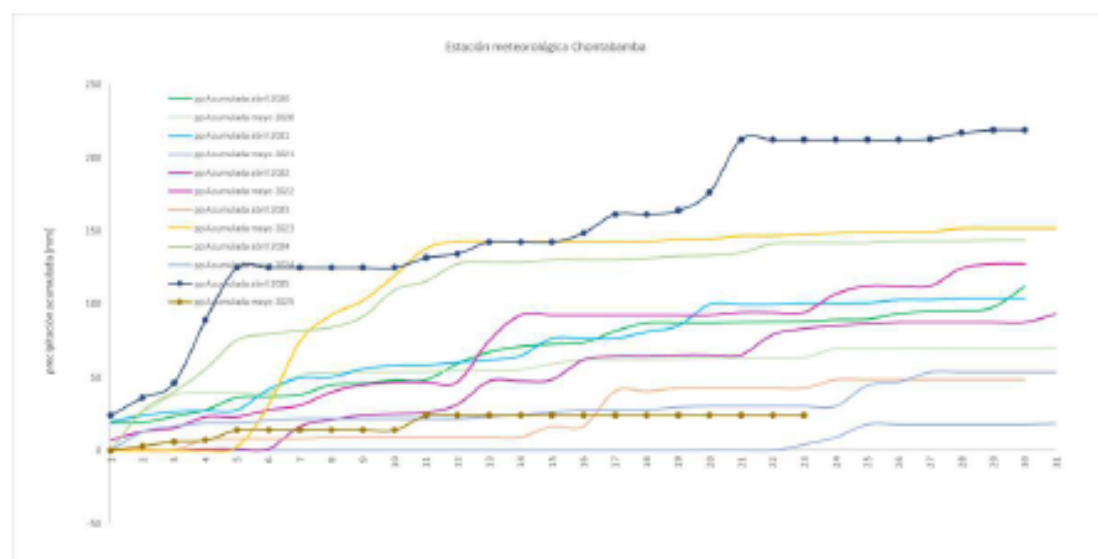


Gráfico N°17. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Yanachaga durante el período abril - junio 2025

4. Eventos de precipitación

En el gráfico de dispersión, las cuervas indican la variación de la lluvia acumulada durante los meses de abril - mayo para los años, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025.



En la tabla vemos los volúmenes acumulados para los últimos 5 años, donde los tres últimos años muestran los valores más altos de precipitación acumulada.

	2021	2022	2023	2024	2025
Enero	228,4	174	189	289	170,5
Febrero	158	287,3	332	210,8	223,5
Marzo	132,2	213	206,1	216,8	292
Abril	103,8	127,5	48,5	143,7	219
Mayo	18,4	93,2	151,5	53,3	24

REPORTE DE ACTIVIDAD 3.1

Activity 3.1. Evaluate the result of the implementation of the RAW (1,506.52 ha) and AC (1,012.38 ha) through the acquisition of electronic monitoring equipment, the registry of information on hydrology, meteorology, soils, forest cover in ZIH (approximately 8100 hectares) and ZIHe (approximately 2250 hectares).

1. Miembros del equipo IBC-ProPachitea:

Carolina Alexandra Perret

2. Actividad realizada

Reporte de monitoreo período julio – septiembre de 2025

3. Periodo

Julio – septiembre 2025

4. Objetivo

Generar documento con los datos de monitoreo

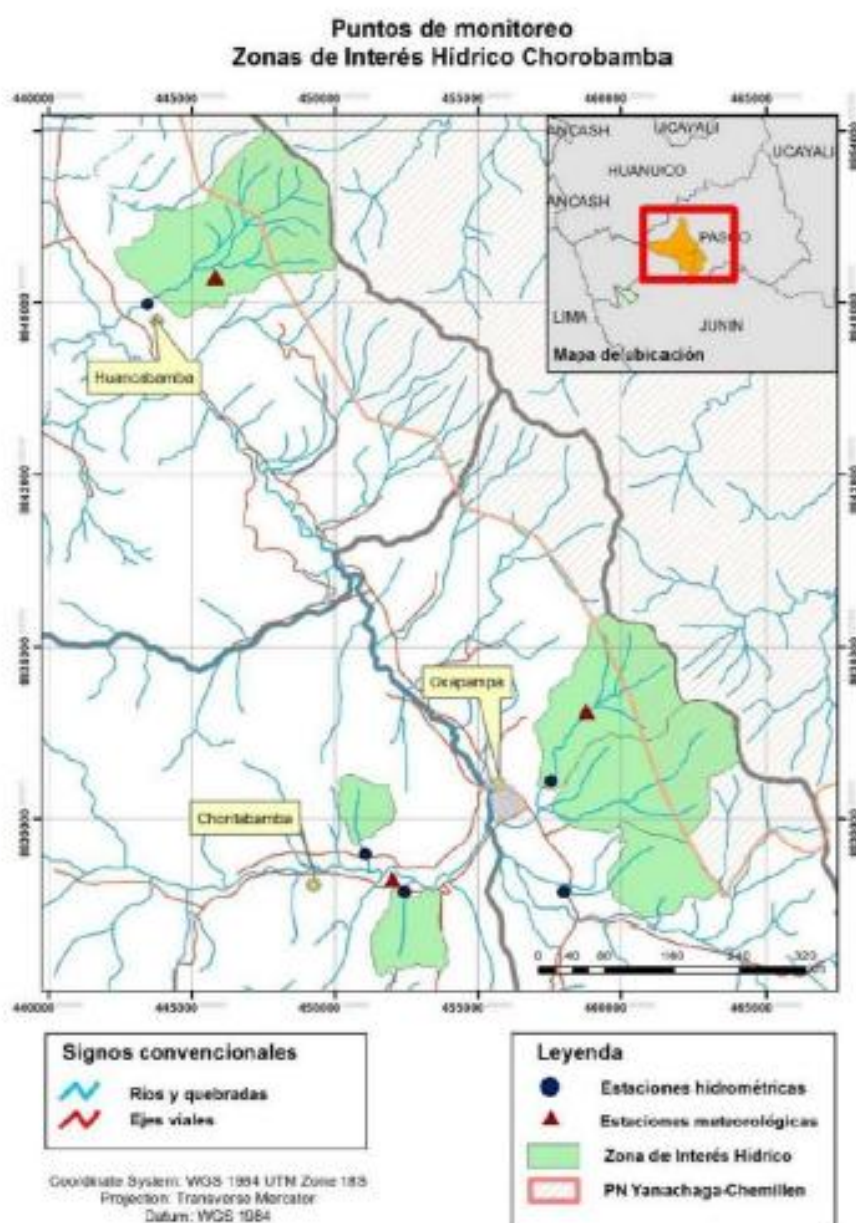
5. Descripción de la actividad

La información recogida en campo se sistematiza y analiza para elaborar reportes trimestrales.

Reporte de monitoreo Cuenca del río Chorobamba

En el siguiente reporte se presentan los datos de monitoreo recopilados por el Instituto del Bien Común, Programa ProPachitea.

Período: julio – septiembre de 2025



I. Análisis de datos hidrológicos

Los datos colectados en campo durante el período comprendido entre julio y septiembre de 2025, se presentan en tablas y en gráficos. En las tablas se indican los valores medios, máximos y mínimos de los parámetros, además del número de registros (n) que fueron considerados.

En los gráficos pueden observarse los registros en campo y los límites establecidos por los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente

Los Estándares de Calidad para el Agua (ECA) del Ministerio del Ambiente, establecen límites para algunos de los parámetros registrados en campo. Asimismo, los ECA, consideran categorías de acuerdo al uso al cual se destina o se va a destinar el agua. Para este reporte se consideran la Categoría 1: Poblacional y recreacional (dado que en las ZIH se encuentran las captaciones para consumo poblacional) sub categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección); y la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017).

1. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Oxapampa

1.1. Zonas de Interés Hídrico San Alberto

Tabla N°1: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH San Alberto, durante el período julio - septiembre de 2025

ZIH		Nivel [cm]	Caudal (l/s)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
San Alberto	media	7,50	288,75	8,08	132,60	17,65	82,36	0,06	5,77
	min	6,00	224,00	7,98	96,80	15,90	68,50	0,03	1,60
	max	8,50	357,00	8,21	188,00	20,10	94,00	0,09	15,20
	n	5	5	5	5	5	5	5	5

Tanto el pH como la conductividad eléctrica se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

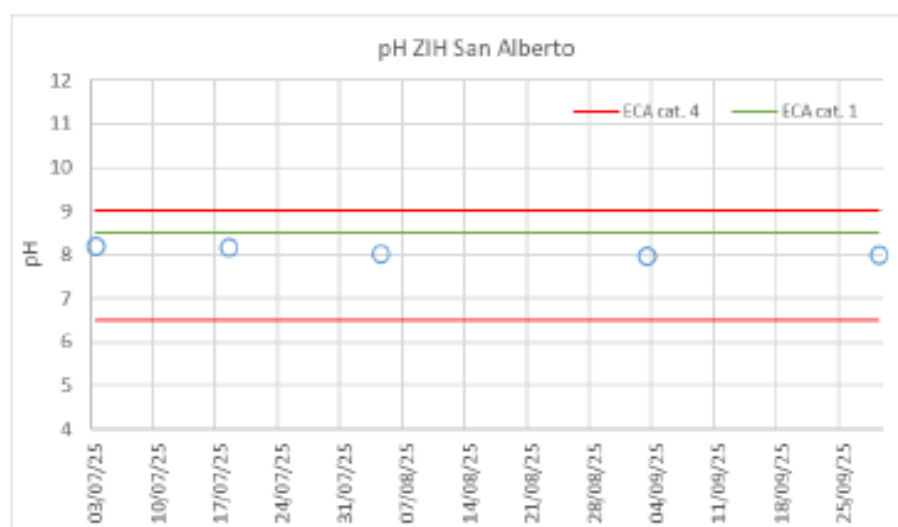


Gráfico N°2. Variación del pH en la ZIH San Alberto durante el período julio - septiembre de 2025.

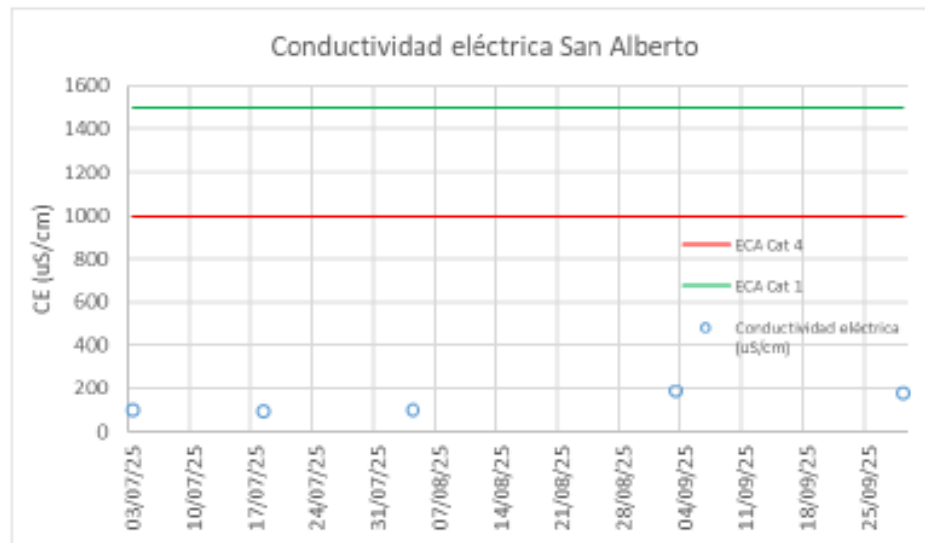


Gráfico N°3. Variación de la CE en la ZIH San Alberto durante el período julio - septiembre de 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por debajo de los límites establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

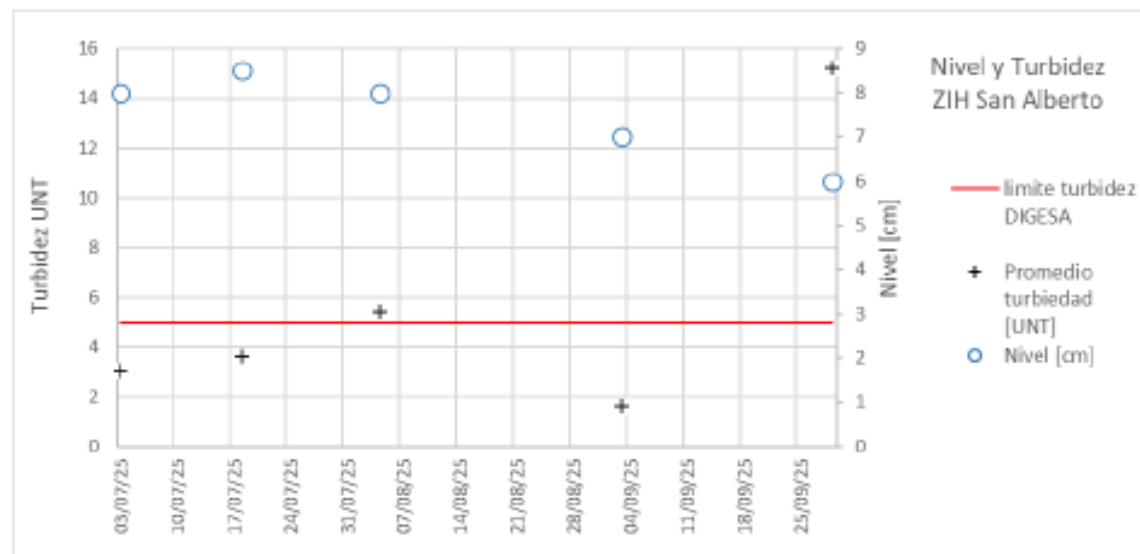


Gráfico N°4. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH San Alberto durante el período julio - septiembre 2025

1.2. Zonas de Interés Hídrico La Colina

Tabla N°2: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH La Colina, durante el período julio - septiembre de 2025

ZIH		Nivel [cm]	Caudal	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
La Colina	media	2,50	8,93	7,9	125,2	18,6	81,9	0,05	5,6
	min	2	3,75	7,4	96,2	17,8	73,0	0,02	1,9
	max	3	18	8,2	157,0	19,6	94,5	0,07	11,4
	n	3	4	5	5	5	5	5	5

Tanto el pH como la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

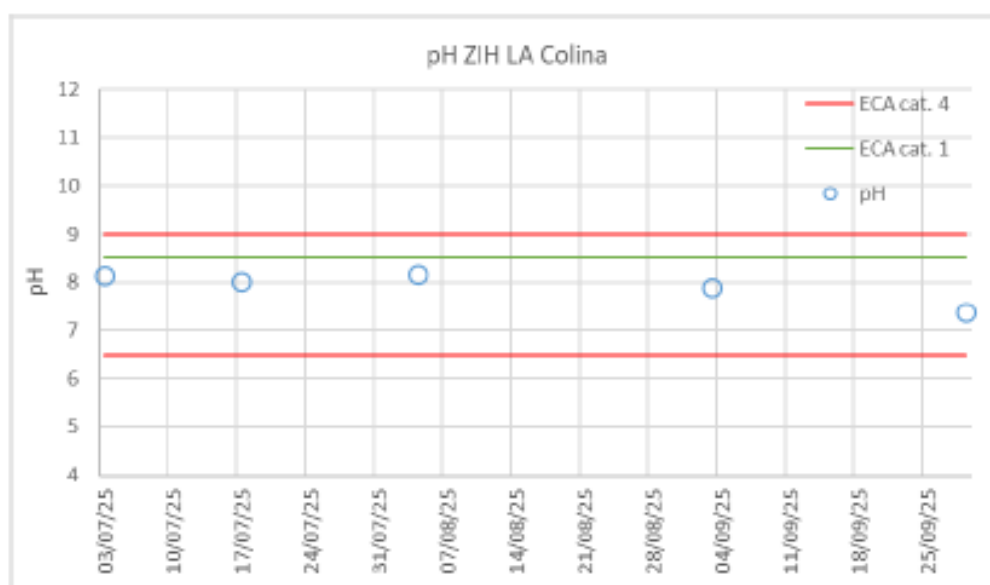


Gráfico N°5. Variación del pH en la ZIH La Colina durante el período julio - septiembre 2025

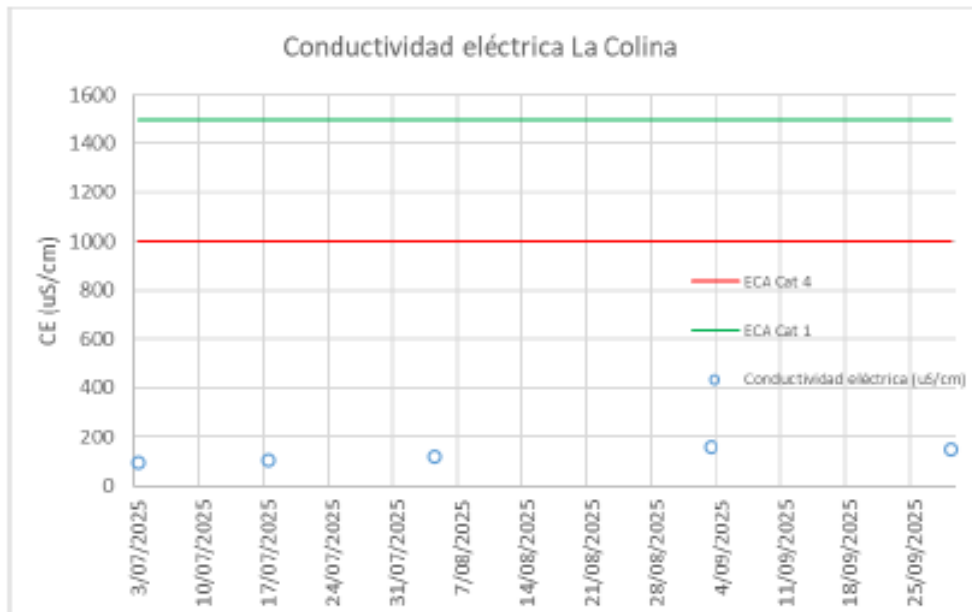


Gráfico N°6. Variación de la CE en la ZIH La Colina durante el período julio – septiembre de 2025

La quebrada La Colina atraviesa pastales, dejando al cauce descubierto en varios tramos de su recorrido. Las precipitaciones y los rayos solares inciden directamente sobre el suelo y la quebrada sin mayor amortiguamiento y retención por parte de la cobertura del suelo. Los valores de turbidez se encuentran en algunos de los casos, por encima del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

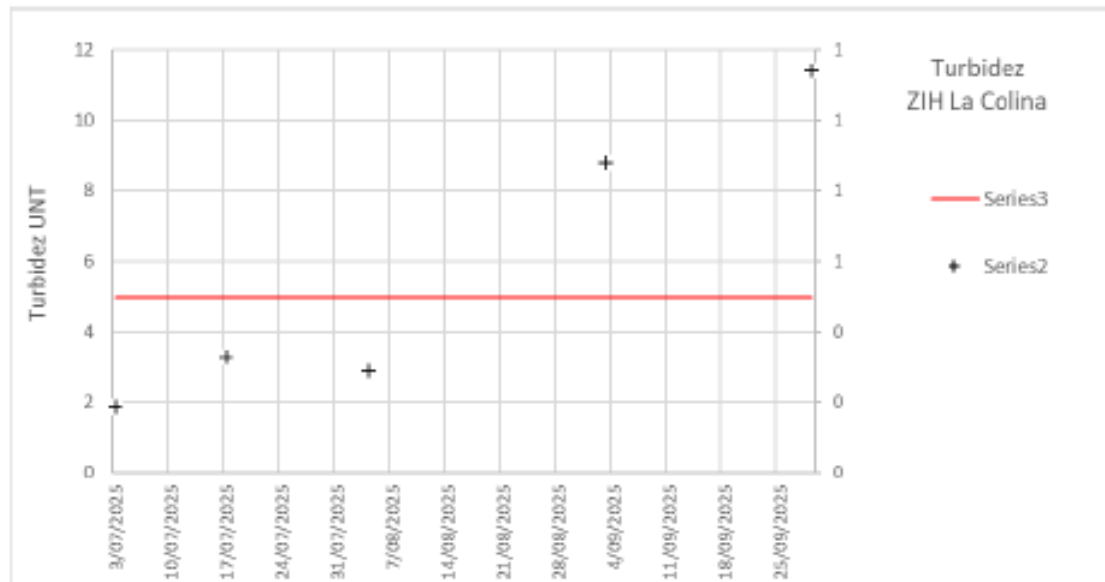


Gráfico N°7. Variación de la turbidez en la ZIH La Colina durante el período julio - septiembre de 2025

2. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Chontabamba

2.1 Zona de Interés Hídrico Polvorín

Tabla N°3: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Polvorín, durante el período julio - septiembre de 2025-

ZIH		Nivel (cm)	Caudal (l/s)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad (ppt)	Promedio turbiedad (UNT)
Polvorín	media	5,1	14,73	7,68	128,08	18,44	78,62	0,05	2,67
	min	2	0,12	7,41	102,20	17,29	74,20	0,03	0,00
	max	8	28,8	8,12	153,00	19,80	86,80	0,07	6,29
	n	5	4	5	5	5	5	5	5

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4, sin mayores fluctuaciones.

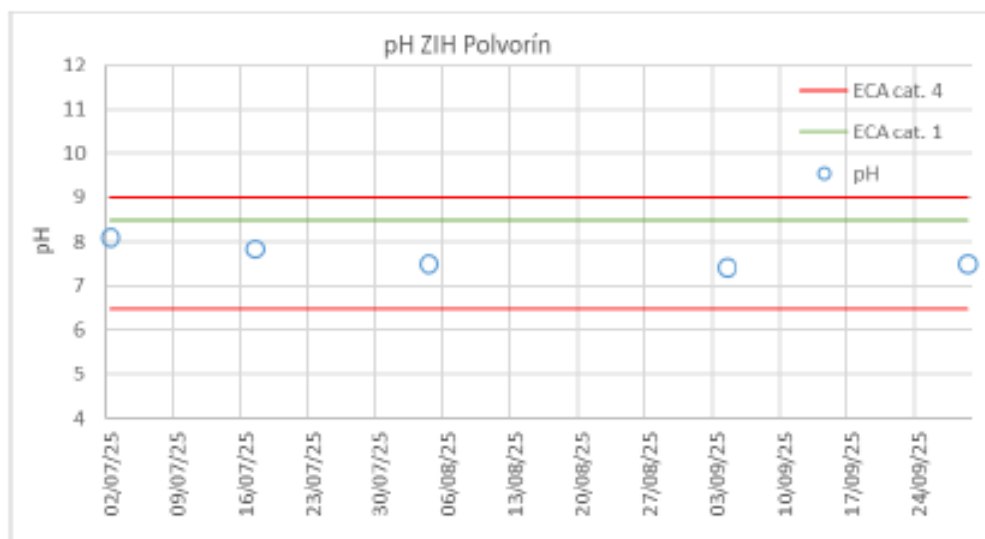


Gráfico N°8. Variación del pH en la ZIH Polvorín durante el período julio - septiembre de 2025

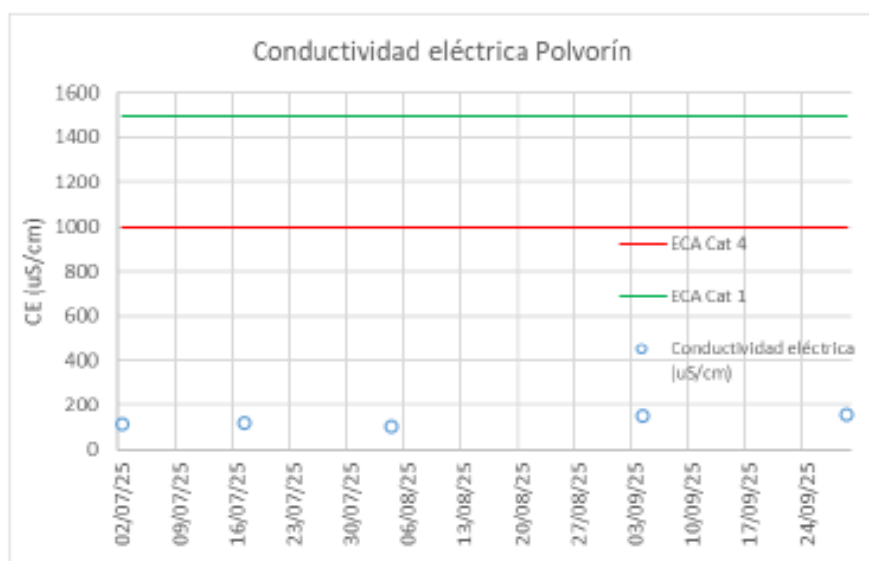


Gráfico N°9. Variación de la CE en la ZIH Polvorín durante el período julio - septiembre 2025

Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT). Las marcadas variaciones de nivel en la quebrada corresponden a la temporada seca, donde los eventos de precipitación son mínimos o nulos.

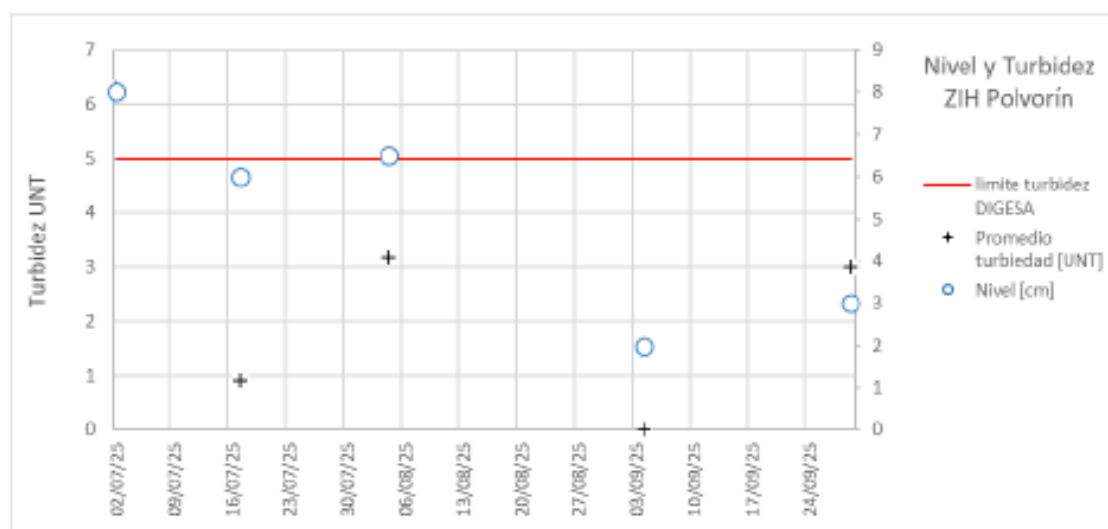


Gráfico N°10. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Polvorín durante el período julio - septiembre 2025

2.2 Zona de Interés Hídrico Dos de Mayo

Tabla N°4: Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Dos de Mayo, durante el período julio - septiembre 2025

ZIH		pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Dos de Mayo	media	8,17	145,78	18,66	108,14	0,12	4,43
	min	8,07	111,50	17,90	86,70	0,04	1,86
	max	8,25	172,80	20,40	123,40	0,40	8,76
	n	5	5	5	5	5	5

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4.

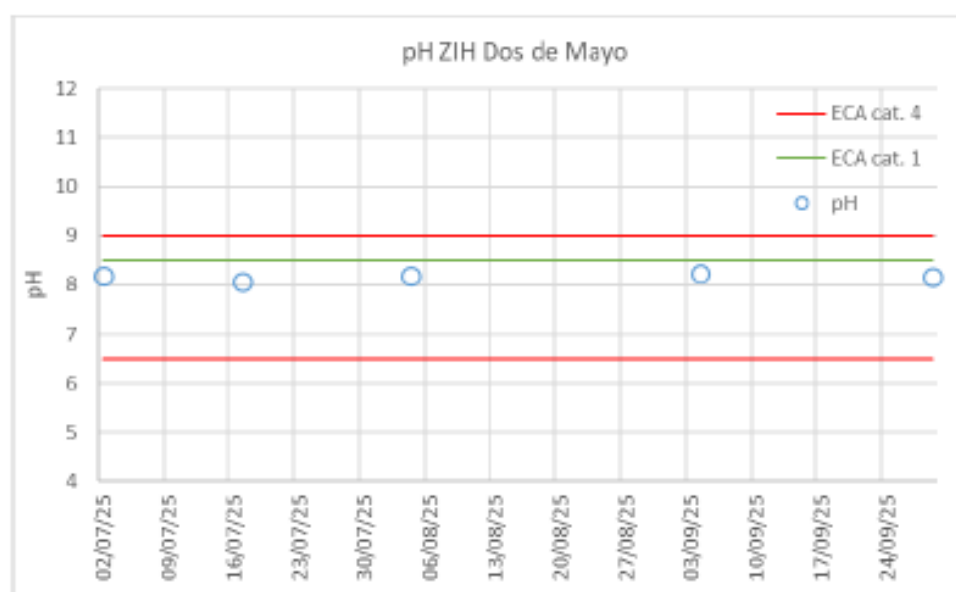


Gráfico N°11. Variación del pH en la ZIH Dos de Mayo durante el período julio - septiembre 2025

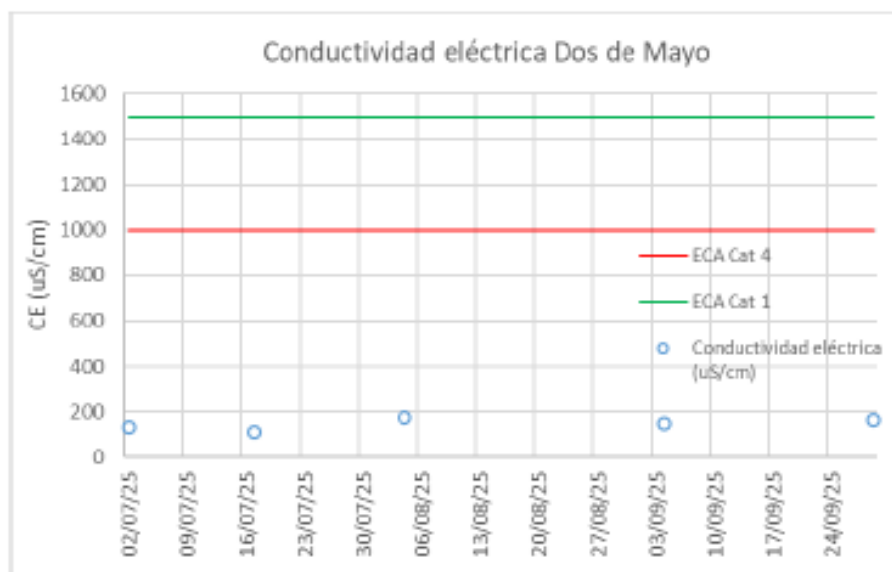


Gráfico N°12. Variación de la CE en la ZIH Dos de Mayo durante el período julio - septiembre 2025

El nivel durante este trimestre no pudo registrarse correctamente debido a la colmatación constante de la estación por el movimiento de material en su entorno y partes altas, por la carretera que atraviesa varios tramos de la quebrada; actividades que remueve fácilmente el suelo arenos que conforma gran parte de la cuenca. Los valores de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos, por debajo del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT), aquellos registros que superan el límite.

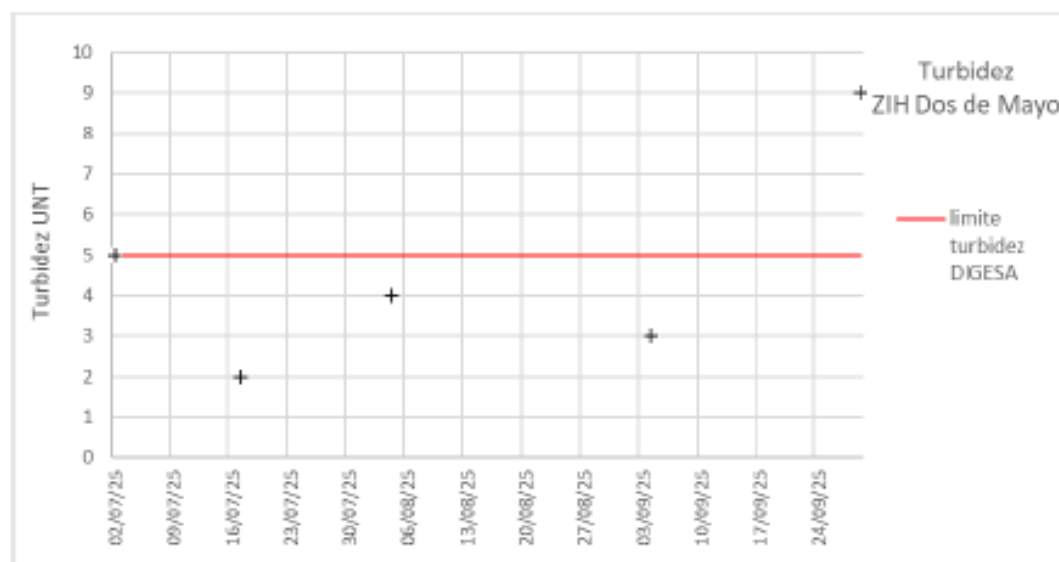


Gráfico N°13. Variación de la turbidez en la ZIH Dos de Mayo durante el período julio - septiembre 2025

3. Zonas de Interés Hídrico del distrito de Huancabamba

Tabla N°5. Resumen de datos colectados en campo en la ZIH Yanachaga, durante el período julio - septiembre 2025

ZIH		Nivel [cm]	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	T agua (°C)	Sólidos totales disueltos (ppm)	Salinidad [ppt]	Promedio turbiedad [UNT]
Yanachaga	media	10,5	8,1	126,6	19,6	94,4	0,06	3,0
	min	6,0	7,9	98,6	18,4	74,3	0,04	1,8
	max	12,5	8,2	151,1	20,2	108,0	0,08	4,8
	n	4	4	4	4	4	4	4

El pH y la conductividad eléctrica (CE) se mantienen por debajo o entre los límites establecidos por los ECA Categoría 1 y 4. No se observan grandes fluctuaciones de CE.

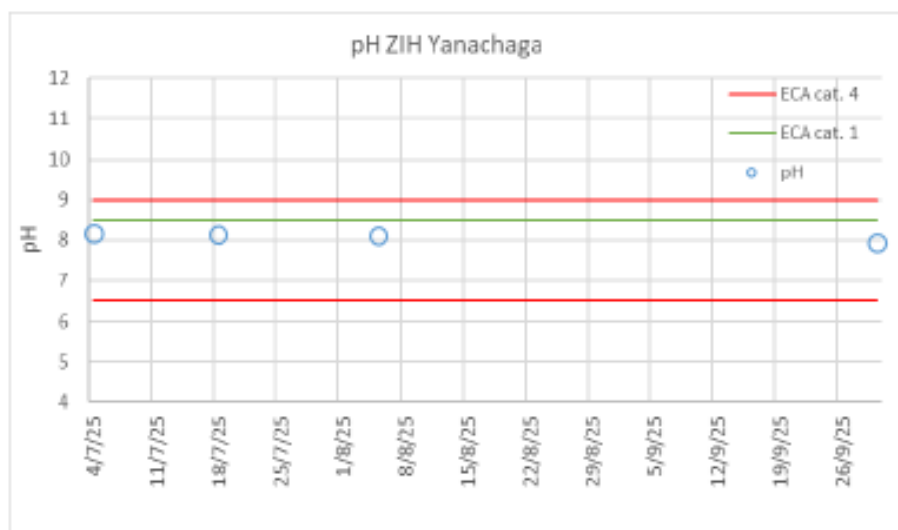


Gráfico N°15. Variación del pH en la ZIH Yanachaga durante el período julio - septiembre 2025

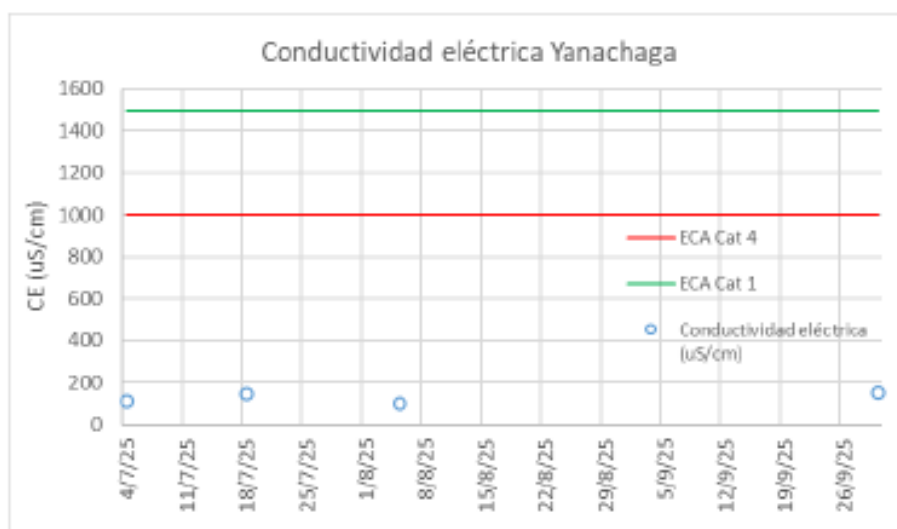


Gráfico N°16. Variación de la CE en la ZIH Yanachaga durante el período julio - septiembre 2025

El nivel fluctúa a lo largo del período en a la ocurrencia de precipitaciones. Los registros de turbidez se encuentran en la mayoría de los casos por encima del límite establecido por los ECA, Categoría A1 (5 UNT).

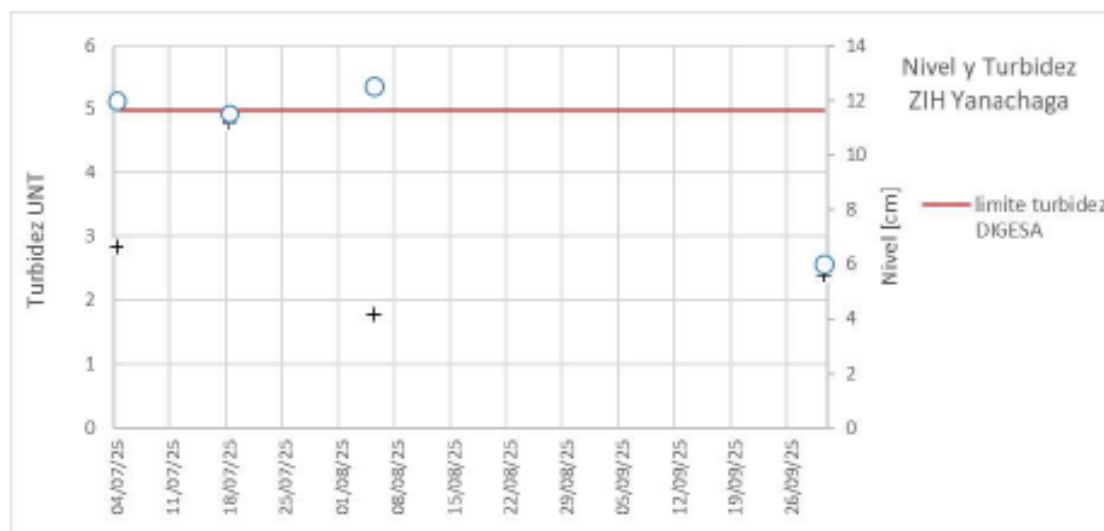


Gráfico N°17. Variación de la turbidez vs el incremento de nivel en la ZIH Yanachaga durante el período julio- septiembre 2025