

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



EFFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO EL COMÚN DEL DISTRITO DE SUCRE –
CELENDÍN - 2023

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

DEYSI GIL SÁNCHEZ

ASESOR:

ING. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA


CAJAMARCA – PERÚ

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
DEYSI GIL SÁNCHEZ
DNI N°74047752
Escuela profesional/unidad UNC:
DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2. Asesor:
Ing. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA
Facultad/unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado Académico o título profesional:
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título del trabajo de investigación:
EFFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO EL COMÚN DEL DISTRITO DE SUCRE – CELENDÍN - 2023
6. Fecha de evaluación: 09/08/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL)(*)
8. Porcentaje de informe de similitud: 3%
9. Código documento:
10. Resultado de la evaluación de similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 27/01/2026

*Firma y/o sello
Emisor constancia*


Ing. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHAVEZ HORNA
DNI: 40432609

*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica




ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el **aula 102** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 533-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO EL COMÚN DEL DISTRITO DE SUCRE – CELENDÍN - 2023"**, realizada por la Bachiller **DEYSI GIL SÁNCHEZ** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **CATORCE** horas con **TREINTA** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con calificativo de **QUINCE (15)** por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

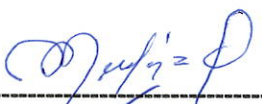
A las **QUINCE** horas y **VEINTE** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE



Dr. Agustín Emerson Medina Chávez
SECRETARIO



Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL



Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR

**COPYRIGHT © 2026 by
DEYSI GIL SÁNCHEZ
Todos los derechos reservados**

DEDICATORIA

A Dios que me brinda vida cada día para poder cumplir mis metas y objetivos que me propongo tanto personales y profesionales, por siempre guiarme para enfrentar las adversidades que se me presentan en el transcurso de mi vida.

A la memoria de mi querida madre Presinda Sánchez Alvarado quien desde el cielo me da la fortaleza de seguir adelante y poder lograr lo que ella siempre deseo para mí, a mi padre Benigno Ricardo Gil Figueroa y a mi hermana Yudin Roxana Gil Sánchez quienes me brindaron su apoyo incondicional tanto económico como emocional para poder cumplir este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza y el valor para afrontar los momentos buenos y malos de mi vida.

Agradezco de manera muy especial a mi querida madre que en paz descansa Presinda Sánchez Alvarado, quien siempre me inculco buenos valores, me apoyo y me cuido incondicionalmente durante el tiempo que Dios lo permitió, además porque es mi mayor inspiración de seguir adelante.

A mi padre Benigno Ricardo Gil Figueroa, mi hermana Yudin Roxana Gil Sánchez, a Misael Chugnas Huaripata, demás familiares y amigos quienes me brindaron su tiempo desinteresado para apoyarme y hacer realidad este trabajo de investigación.

A mi asesora ING. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna, por depositar en mí su confianza, brindarme su apoyo, comprensión, paciencia y tiempo durante todo el proceso de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1 Calidad del agua	6
2.2.2 Parámetros de la calidad del agua	6
2.2.3 Contaminación del agua	8
2.2.4 Aguas residuales	8
2.2.5 Tipos de aguas residuales	8
2.2.6 Autodepuración del agua	9
2.2.7 Capacidad de autodepuración	9
2.2.8 Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua	9
2.2.9 Límites máximo permisibles (LMP)	11
2.2.10 Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)	11

2.3.	Definición de términos básicos	12
2.3.1	<i>Vertimiento de aguas residuales domésticas</i>	12
2.3.2	<i>Calidad del agua</i>	12
CAPITULO III.....		13
MARCO METODOLÓGICO.....		13
3.1.	Ubicación de la investigación	13
3.1.1	<i>Diagnóstico de la ciudad capital de Sucre</i>	13
3.1.2	<i>Diagnóstico de la gestión de las aguas residuales domésticas en la ciudad de Sucre</i>	14
3.2.	Materiales.....	16
3.3.	Puntos de muestreo	17
3.3.1.	<i>Condiciones de los puntos de muestreo</i>	17
3.4.	Frecuencia de monitoreo.....	18
3.5.	Método de recolección de datos.....	18
3.5.1.	<i>Toma de muestras</i>	18
3.5.2.	<i>Caudal</i>	20
3.6.	Análisis de datos	21
3.6.1.	<i>Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)</i>	21
3.6.2.	<i>Autodepuración del agua</i>	24
CAPITULO IV		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
4.1.	Calidad y cantidad del vertimiento de aguas residuales domésticas.....	29

4.1.1. Calidad del vertido de aguas residuales domésticas	29
4.1.2. Cantidad del vertido de aguas residuales domésticas	38
4.2. Calidad y cantidad del agua del río El Común	39
4.2.1. Calidad del agua del río El Común y usos en función a los ECA.....	39
4.2.2. Cantidad del agua del río El Común	55
4.2. Autodepuración del río	57
CAPITULO V	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. Conclusiones	61
5.2. Recomendaciones	62
CAPITULO VI	63
REFERENCIAS.....	63
CAPITULO VII	74
ANEXOS	74
ANEXO I. Resultados del análisis de los parámetros.....	75
ANEXO II. Cálculo del ICARHS	76
ANEXO III. Cálculo del ICARHS.....	77
ANEXO IV. Panel fotográfico de la ejecución de la investigación.....	78
ANEXO III. Informes emitidos por el Laboratorio Regional del Agua	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3</i>	10
Tabla 2 <i>Límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua</i>	11
Tabla 3 <i>Ubicación de los puntos de muestreo</i>	17
Tabla 4 <i>Método de recolección de muestras</i>	18
Tabla 5 <i>Valoración del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)</i>	24
Tabla 6 <i>Oxígeno disuelto del vertido de agua residual doméstica</i>	29
Tabla 7 <i>Demanda bioquímica de oxígeno del vertido de agua residual doméstica</i>	30
Tabla 8 <i>Potencial de hidrógeno del vertido de agua residual doméstica</i>	31
Tabla 9 <i>Temperatura del vertido de agua residual doméstica</i>	32
Tabla 10 <i>Conductividad eléctrica del vertido de agua residual doméstica</i>	34
Tabla 11 <i>Coliformes termotolerantes del vertido de agua residual doméstica</i>	35
Tabla 12 <i>Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del vertido de aguas residuales domésticas</i>	37
Tabla 13 <i>Caudal del vertido de aguas residuales domésticas</i>	39
Tabla 14 <i>Oxígeno disuelto del PM – 001 y PM - 003</i>	40
Tabla 15 <i>Análisis de la varianza para oxígeno disuelto (ANOVA)</i>	41
Tabla 16 <i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del PM – 001 y PM - 003</i>	42
Tabla 17 <i>Potencial de hidrógeno (pH) del PM - 001 y PM - 003</i>	43
Tabla 18 <i>Análisis de la varianza para pH (ANOVA)</i>	44
Tabla 19 <i>Conductividad eléctrica del PM – 001 y PM - 003</i>	45
Tabla 20 <i>Análisis de la varianza para conductividad eléctrica (ANOVA)</i>	46

Tabla 21 <i>Temperatura del PM – 001 y PM - 003</i>	47
Tabla 22 <i>Análisis de la varianza para temperatura (ANOVA)</i>	48
Tabla 23 <i>Coliformes termotolerantes del PM – 001 y PM - 003</i>	49
Tabla 24 <i>Análisis de la varianza para coliformes termotolerantes (ANOVA)</i>	50
Tabla 25 <i>Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del PM - 001</i>	51
Tabla 26 <i>Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del PM - 003</i>	53
Tabla 27 <i>Caudal del río de los puntos de muestreo PM – 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo)</i>	55
Tabla 28 <i>Autodepuración en función al tiempo y la distancia</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de la investigación</i>	15
Figura 2 <i>Diferencia de caudal entre el PM – 001 y PM – 002</i>	56
Figura 3 <i>Curva de oxígeno disuelto en función al tiempo y distancia</i>	59

RESUMEN

Se determinó el efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río El Común de la ciudad de Sucre, distrito de Sucre, provincia de Celendín, mediante el análisis físico, químico y microbiológico del agua, se estableció tres puntos de monitoreo, 50 metros antes del vertimiento (PM - 001), en el vertido de aguas residuales domésticas (PM - 002) y 861 metros después del vertimiento (PM - 003); se evaluó una vez por semana durante 6 semanas utilizando la metodología del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA). La calidad del agua se determinó mediante el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales (Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA). Los resultados obtenidos en el punto PM-001 muestran un valor de 100, correspondiente a una calidad de agua excelente, con un caudal promedio de 181.22 L/s, siendo apta para el riego de cultivos y la bebida de animales. En el punto PM-002 se registró un valor de 42.78, lo que indica una calidad pésima, con un caudal promedio de 21.44 L/s, no apta para riego ni consumo animal. En el punto PM-003 se obtuvo un valor de 53.23, correspondiente a una calidad de agua mala, con un caudal promedio de 176.60 L/s, permitiendo su uso únicamente previo tratamiento. Esta condición se debe a que, si bien todos los parámetros evaluados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), los coliformes termotolerantes superan los valores establecidos, lo que evidencia el efecto negativo del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río El Común. No obstante, el río El Común muestra una efectiva capacidad de dilución de compuestos orgánicos, evidenciada por el aumento del oxígeno disuelto de 5.83 mg/L a 7.409 mg/L en aproximadamente un kilómetro río abajo durante un día.

Palabras claves: Índice de calidad del agua, usos del agua, autodepuración del agua.

ABSTRACT

The effect of domestic wastewater discharge on the water quality of the El Común River in the city of Sucre, Sucre District, Celendín Province, was determined through the physical, chemical, and microbiological analysis of the water. Three monitoring points were established: 50 meters upstream of the discharge (PM-001), at the point of domestic wastewater discharge (PM-002), and 861 meters downstream of the discharge (PM-003). Sampling was conducted once a week for six weeks, using the methodology of the *National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources* (Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA). Water quality was assessed using the *Environmental Quality Index for Surface Water Resources (ICARHS)* applied to continental surface water bodies (Resolución Jefatural No. 084-2020-ANA). Results at point PM-001 showed a value of 100, indicating excellent water quality, with an average flow rate of 181.22 L/s, making it suitable for crop irrigation and livestock consumption. Point PM-002 recorded a value of 42.78, indicating poor water quality, with an average flow of 21.44 L/s, making it unsuitable for irrigation or animal consumption. At point PM-003, the value was 53.23, corresponding to poor water quality, with an average flow of 176.60 L/s, allowing its use only after prior treatment. This condition is mainly due to thermotolerant coliforms exceeding the limits established by the *Environmental Quality Standards (ECA)*, despite all other parameters meeting the standards, demonstrating the negative impact of domestic wastewater discharge on the water quality of the El Común River. However, the river shows an effective capacity for the dilution of organic compounds, as evidenced by the increase in dissolved oxygen from 5.83 mg/L to 7.409 mg/L over approximately one kilometer downstream in one day.

Keywords: Water quality index, water uses, water self-purification.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El agua en el mundo es un recurso cada vez más escaso, más de 2000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua y aproximadamente 4000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año, estos niveles seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático (ONU, 2019). En América Latina y El Caribe menos del 50% de aguas residuales reciben tratamiento adecuado, con el 25% de los ríos experimentando impactos severos, lo que contribuye a altos niveles de contaminación (CEPAL, 2023).

Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), al cierre del año 2022, el 83.38% de las aguas residuales recolectadas en Perú recibieron algún tipo de tratamiento antes de ser vertidas o reutilizadas (SUNASS, 2023). Sin embargo, es importante destacar que este indicador se refiere al tratamiento de las aguas residuales recolectadas, independientemente de si el tratamiento cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente.

El vertimiento de aguas residuales, ya sea sin tratamiento o con un tratamiento deficiente, puede generar tres tipos de consecuencias: impactos perjudiciales en la salud humana debido al deterioro de la calidad del agua; daños ambientales ocasionados por la alteración de los cuerpos de agua y los ecosistemas; y afectaciones potenciales en diversas actividades económicas. (Boss Tech. 2017).

La ciudad de Sucre, ubicada en el distrito de Sucre, provincia de Celendín, cuenta con un sistema de alcantarillado que descarga las aguas residuales domésticas directamente en el río El Común. Este cuerpo de agua cumple funciones vitales en la zona, ya que es utilizado para el riego de pastos y cultivos, como bebedero para el ganado y en actividades recreativas

Desde el año 2008, Sucre ha venido desarrollando el turismo local, destacando como principales atractivos el parque ecológico “El Común” y “El Túnel”. Este último corresponde a un tramo de aproximadamente 581 metros por donde fluye el río El Común, convertido en receptor directo de las aguas residuales domésticas de toda el área urbana. A pesar de ello, los visitantes transitan por este túnel, quedando expuestos al contacto directo con agua contaminada, lo que representa un riesgo sanitario y ambiental.

Con la finalidad de priorizar la necesidad de implementar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la ciudad de Sucre, se llevó a cabo un estudio de la calidad del agua del río El Común, evaluando parámetros físicos, químicos y microbiológicos en tres puntos estratégicos: PM-001 (50 metros aguas arriba del vertimiento), PM-002 (efluente de alcantarillado) y PM-003 (aguas abajo del vertimiento). El objetivo general fue determinar el efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río El Común; y como objetivos específicos: Evaluar la calidad y cantidad del vertimiento de aguas residuales domésticas. Evaluar la calidad y cantidad del agua del río El Común para diferentes usos según los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en función a los ECA. Determinar la distancia y tiempo para alcanzar la autodepuración del río El Común.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Beltrán y Rodríguez (2020) evaluó el impacto del vertimiento de aguas residuales del casco urbano del municipio de Gachetá sobre el río Guavio en Colombia; determinó que el casco urbano del municipio de Gachetá genera 1,92 L/s de aguas residuales que son vertidas sin tratamiento alguno al río Guavio en tres puntos de descarga y estas no cumplen con la norma de vertimientos, llegando a superar en más del 200% el límite máximo permisible (LMP) de demanda química de oxígeno (DQO), aproximadamente 150% el LMP de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), 93% el LMP de sólidos suspendidos totales (SST) y 240% el LMP de grasas y aceites. (p. 1-98)

Aguilar y Solano (2018) evaluó el impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en Caño Grande, localizado en Villavicencio-Meta en Colombia. Determinando que Caño Grande presenta un valor promedio de 0.48 en el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) dentro de la zona evaluada, lo que refleja un deterioro en la calidad del agua de la microcuenca. Este resultado está vinculado al aporte de materia orgánica proveniente de los vertimientos domésticos directos, ya que la carga microbiana se incrementa conforme se acumulan dichos vertimientos. (p. 1-80)

Huayta (2019) evaluó el efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Cabanillas en Juliaca. Determinando que, los parámetros coliformes fecales superan en todos los puntos al valor establecido de 2000 NMP/100 ml; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) superan 5.082 mg/l del estándar de calidad ambiental (ECA) en los puntos aguas abajo de los vertimientos RCaba3 y RCaba4; asimismo el oxígeno disuelto no alcanza lo exigido ≥ 5.0 mg/l y comparado con los valores de Límites Máximos Permisibles, resulta de baja calidad por presentar altas concentraciones de los parámetros DBO_5 118.00 y 179.00 mg/l; DQO 210.67 y 211.00 mg/l y CF 19000.00 y 19300.00 NMP/100 ml respectivamente, que superan los valores de límite máximos permisibles, los cuales afectan principalmente la calidad del agua para la clasificación 1 A2 para consumo humano establecido por la autoridad nacional del agua. (p. 1-143)

Lima (2020) evaluó el efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay en Huancayo. Determinó que antes del vertimiento de aguas residuales, la concentración de coliformes termotolerantes era de 45 NMP/100 mL, lo cual indica una presencia mínima o casi nula de contaminación fecal. No obstante, la situación cambia drásticamente en los puntos PM-002 y PM-003: durante el vertimiento, la concentración se eleva a 9 200 000 NMP/100 mL, mientras que en el punto aguas abajo (PM-003) disminuye a 49 000 NMP/100 mL, reflejando el impacto directo del vertimiento en la calidad microbiológica del agua. (p. 1-147)

Rodríguez (2022) evaluó la influencia del vertimiento de las aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Chuyapi - Distrito Santa Ana en Lima, determinó que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) durante la temporada de lluvias alcanzó los 10.46 mg/L, superando los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría IV

E2. Asimismo, se registraron concentraciones de coliformes totales de 20 000 NMP/100 mL en época de lluvias y de 25 000 NMP/100 mL en época de estiaje, señalando que el vertimiento de las aguas residuales domésticas alteró los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental en la calidad de agua del río Chuyapi. (p. 1-126)

Estela (2017) evaluó los niveles de contaminación de las aguas residuales del centro poblado Huaca Blanca y su efecto en la calidad del agua del río Chancay en Chiclayo, contó con tres puntos de muestreo: el punto 1 se ubicó 100 metros aguas arriba de la desembocadura de las aguas residuales; el punto 2 correspondió al lugar del vertimiento; y el punto 3, 100 metros aguas abajo. Las muestras fueron recolectadas durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Los resultados indicaron que en el punto 1 el agua puede ser utilizada para consumo humano, siempre que se aplique un tratamiento convencional, así como también para el riego de vegetales y bebida de animales. En el punto 2, las aguas residuales superaron los parámetros establecidos en los Límites Máximos Permisibles. En cuanto al punto 3, aunque la mayoría de los parámetros analizados exceden los Estándares de Calidad Ambiental, se concluye que, mediante un tratamiento avanzado, el agua podría destinarse al consumo humano, riego agrícola y bebida de animales. (p. 1-89)

Infante y Tacilla (2019) evaluaron la influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cajamarquino en Llacanora, realizaron la evaluación en tres puntos de muestreo: aguas arriba (agua superficial), en el punto de vertimiento (agua residual) y aguas abajo (agua superficial), recolectando un total de 90 muestras durante seis campañas realizadas en las estaciones seca y lluviosa. Se identificó que el parámetro con mayor concentración fue aceites y grasas, con valores de 79.4 mg/L y 11.4 mg/L por encima de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental en

ambas temporadas. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se registraron concentraciones de coliformes termotolerantes de 530 000 NMP/100 mL y 348 000 NMP/100 mL, así como 530 000 NMP/100 mL y 5 398 000 NMP/100 mL, superando también los límites permitidos en las dos estaciones evaluadas, lo que evidencia un deterioro en la calidad del agua del río Cajamarquino. (p. 1-134)

Zabaleta (2016) evaluó el porcentaje de remoción de materia orgánica en función a las características fisicoquímicas del Río grande en el distrito de Celendín. Realizó la evaluación en 3 puntos de muestro, EM-001 en el sector Santa Rosa, EM-002 en el sector Pallac y EM-003 en el sector Llanguat, obteniendo como resultado que las concentraciones promedio de DBO5 en EM-001, es de 5.33 mg/L, en EM-002 es de 46.47 mg/L y en EM-003 es de 5.82 mg/L y las concentraciones promedio de oxígeno disuelto en EM-001, es de 4.06 mg/L, en EM-002 es de 2.93 mg/L y en EM-003 es de 7.28 mg/L. (p. 1-86)

2.2. Bases teóricas

2.2.1 *Calidad del agua*

La calidad de un ecosistema acuático se define como la lista de concentraciones de sustancias orgánicas e inorgánicas, sus características físicas, así como la composición y condición de los organismos acuáticos que habitan en dicho cuerpo de agua. (Sierra, 2011, p. 47)

2.2.2 *Parámetros de la calidad del agua*

2.2.2.1 Parámetros físico químicos

Conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica (CE) del agua se define como la capacidad que tiene el agua para conducir corriente eléctrica, la cual depende de la cantidad de sales disueltas, ya que estas se disocian en iones que permiten el paso de la electricidad. (Solís et al., 2017, p. 36)

Temperatura. Es una variable fundamental para el estudio de la calidad ecológica de las masas de agua. La temperatura del agua afecta a procesos físicos (densidad, viscosidad), químicos (tasas de reacción, solubilidad de gases) y biológicos (tasas de crecimiento, tasas metabólicas). (Prats et al., 2015, p. 2)

Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto se considera un indicador clave de la calidad del agua, ya que su concentración tiende a disminuir cuando el recurso hídrico está contaminado con microorganismos, bacterias, materia orgánica y presenta malos olores, lo que refleja un deterioro en su calidad. (DIGESA, s.f, p. 14)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). La DBO₅ representa una medida del consumo biológico de oxígeno que generan los vertimientos residuales en un periodo breve, generalmente de cinco a siete días de incubación. Esta capacidad de demanda de oxígeno a corto plazo es una característica crucial de las aguas residuales, ya que permite evaluar el efecto inmediato que su descarga puede tener sobre los niveles de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua receptor. (Cárdenas, 2022, p. 277)

pH. El pH del agua, por lo general, se encuentra en un rango de 6.5 a 8.5, influenciado por factores como la turbulencia y la aireación. Este parámetro es esencial, ya que regula la evolución química, la solubilidad y la biodisponibilidad de diversos metales en el agua, lo que lo convierte en un indicador de gran importancia para evaluar su calidad. (ANA, 2018, p. 17)

2.2.2.2 Parámetros microbiológicos

Coliformes termotolerantes. La presencia de este parámetro en las aguas superficiales está asociada a la contaminación de origen fecal, causada principalmente por descargas domésticas sin tratamiento vertidas directamente en ríos o quebradas. (ANA, 2018, p. 15)

Los coliformes termotolerantes (CTE), son conocidos por su capacidad de desarrollarse a temperaturas de hasta 45 °C, representan un grupo reducido de microorganismos, siendo *Escherichia coli* la especie más representativa por su origen fecal. Su presencia en alimentos y agua es un indicador confiable de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que se encuentran habitualmente en la microbiota intestinal. Una alta concentración de coliformes termotolerantes en un cuerpo de agua indica un alto riesgo sanitario debido a la posible existencia de patógenos entéricos en el agua, por lo que se consideran indicadores microbiológicos clave de calidad (Murrell et al., 2013, p. 26)

2.2.3 Contaminación del agua

La contaminación del agua trata de la modificación al introducir alguna materia de procedencia dañina y contaminante desmejorando su calidad y composición química física o biológica teniendo un efecto negativo en la salud del ser vivo que la consuma. (Cely et al., 2023, p. 11)

2.2.4 Aguas residuales

Son aquellas aguas que han sufrido alteraciones en sus propiedades naturales debido a la intervención humana y que, por su nivel de contaminación, necesitan ser tratadas antes de ser reutilizadas, descargadas en cuerpos de agua naturales o vertidas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014, p. 6)

2.2.5 Tipos de aguas residuales

Aguas residuales domésticas. Estas aguas provienen de las actividades cotidianas del ser humano y suelen ser descargadas mediante sistemas de alcantarillado o vertidas directamente al entorno. Su composición es diversa y presenta alteraciones significativas en sus características

fisicoquímicas y biológicas, lo que las hace inapropiadas para el consumo humano en su estado original. (Osorio et al., 2021, p. 2)

Aguas residuales industriales. Son aguas generadas por procesos en fábricas e industrias, que contienen sustancias como aceites, detergentes, ácidos, grasas y otros compuestos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición varía según el tipo de actividad industrial. (Espigarez y Pérez, s.f. p. 2)

Aguas residuales Urbanas. Son aguas resultantes de actividades domésticas o de la combinación de estas con aguas residuales industriales y/o con aguas provenientes de la escorrentía pluvial. Todas ellas habitualmente se recogen en un sistema colector y son enviadas mediante un emisario terrestre a una planta EDAR - Estación Depuradora de Aguas Residuales. (Barreto, 2020, p. 29)

2.2.6 Autodepuración del agua

La autodepuración del agua es un proceso natural que involucra mecanismos físicos, químicos y biológicos, mediante los cuales se eliminan o degradan las sustancias extrañas presentes en el flujo de un cuerpo de agua. (Structuralia, 2017)

2.2.7 Capacidad de autodepuración

La capacidad de un río para autodepurarse depende de tres factores principales: el caudal, que contribuye a diluir los vertimientos y facilitar su descomposición; la turbulencia del agua, que incrementa el aporte de oxígeno disuelto, estimulando la acción de los microorganismos; y las características, tanto en composición como en volumen, del vertimiento presente en su trayecto. (Chaparro, 2020, p. 21)

2.2.8 Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua

En Perú, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua son parámetros legales

que fijan los niveles máximos de concentración de elementos y sustancias en cuerpos de agua, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Para la categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales, se establecen dos subcategorías: D1, para aguas usadas en el riego de cultivos, y D2, para el consumo de animales mayores (como ganado vacuno, equino y camélido) y menores (como porcinos, ovinos, caprinos, aves, cuyes y conejos). (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. p. 8)

Tabla 1

Estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Conductividad eléctrica	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500		5000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

2.2.9 Límites máximo permisibles (LMP)

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) representan la concentración o nivel de ciertos elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en un efluente o emisión, cuya superación puede generar efectos negativos en la salud, el bienestar humano o el medio ambiente. Estos límites son de cumplimiento obligatorio y están regulados por el Ministerio del Ambiente y las entidades del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los LMP están alineados con los niveles de protección ambiental definidos para cada fuente y con los estándares establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). (Flores, s.f, p. 3)

Tabla 2

Límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua

Parámetro	Unidad de medida	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Temperatura	°C	< 35
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10 000

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

2.2.10 Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)

Se trata de una herramienta matemática que combina múltiples parámetros para generar un valor único que refleja el estado de la calidad del agua en un punto de muestreo determinado. Este índice es una adaptación de la fórmula empleada en la metodología canadiense

(CCME_WQI), ajustada a las condiciones particulares, necesidades y normativas relacionadas con los recursos hídricos superficiales. (ANA, 2020, p. 6)

Fórmula:

$$\text{ICARHS} = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1,732}}$$

Donde:

ICARHS : Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales

F₁ : Alcance

F₂ : Frecuencia

F₃ : Amplitud

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Vertimiento de aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas, también denominadas aguas servidas, provienen de las actividades cotidianas del ser humano y son evacuadas mediante sistemas de alcantarillado o a través de descargas directas al medio ambiente. (Carrillo et al., 2021, p. 2)

2.3.2 Calidad del agua

Corresponde al estado del agua en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, ya sea en su condición natural o tras haber sido modificada por actividades humanas. (Baeza, 2016, p. 1)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

Se realizó en la ciudad capital del distrito de Sucre ubicado al sur este de la provincia de Celendín del departamento de Cajamarca; específicamente en el trayecto del río “El Común”.

Coordenadas geográficas:

Altitud: 2 618 m.s.n.m

Este : 816602.59

Norte : 9231765.10

3.1.1 Diagnóstico de la ciudad capital de Sucre

La ciudad de Sucre tiene una población de 1145 habitantes en el año 2023 (Torres, 2011), y se desarrollan actividades de agricultura, (maíz, arveja, frejol, papa, etc.), ganadería, apicultura, y también existen algunas plantas de procesamiento de leche (plantas queseras).

Tiene una temperatura media anual de 18 grados centígrados. La topografía es del tipo ondulada y geológicamente el terreno corresponde a depósitos con presencia de tierra orgánica, arena y arcilla, la pendiente en la ciudad es variable, encontrándose desde los 0.6% hasta los 5% (Salazar, 2010).

El clima está dominado por los efectos moderados de los Andes. En la ciudad, es templado; los meses con temperaturas más bajas son noviembre, diciembre, enero, marzo y abril,

cayendo en estos tres últimos intensas lluvias. En cambio, durante mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre predominan los días soleados, destacando en agosto la presencia de fuertes vientos. (Zelada, 2022, p. 10).

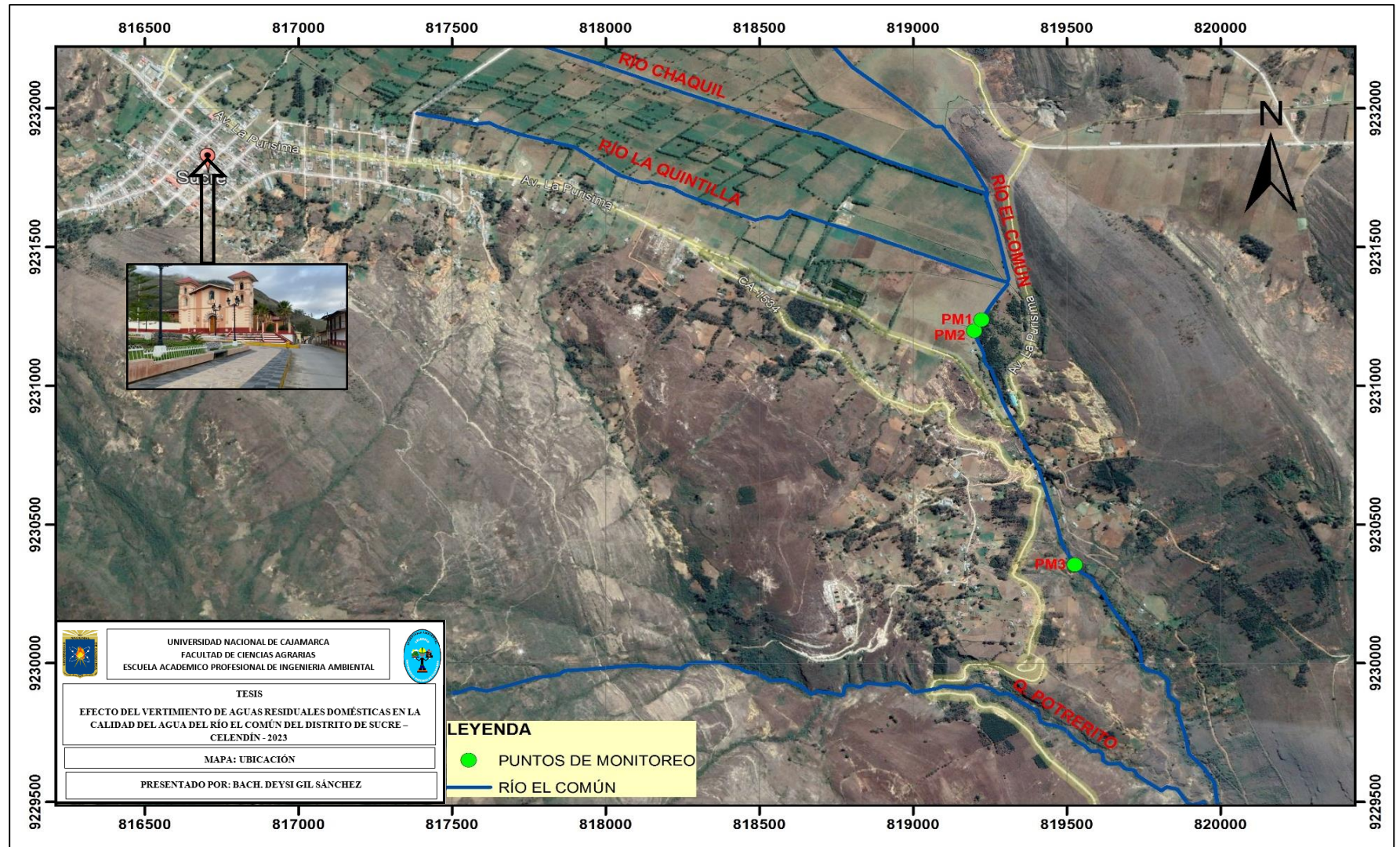
3.1.2 Diagnóstico de la gestión de las aguas residuales domésticas en la ciudad de Sucre

Según información proporcionada por el responsable de la Unidad de Gestión Municipal, la ciudad de Sucre cuenta con sistema de alcantarillado, el cual fue construido en el año 1980 por el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES), con tuberías de concreto, y debido a su antigüedad, actualmente presenta deterioro estructural, lo que dificulta el funcionamiento hidráulico generando que en tiempo de lluvia se sobrecargue la red y rebalse por los buzones. Por consecuencia conlleva a que se proliferen enfermedades, y molestias en la población de Sucre. En la actualidad, la administración de este sistema está a cargo de la Municipalidad Distrital de Sucre.

No obstante, debido a la falta de gestión por parte de las autoridades competentes, la ciudad de Sucre aún no cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Como consecuencia, las aguas residuales domésticas son vertidas directamente en el río El Común, impactando negativamente en la flora y fauna del ecosistema acuático. Esta situación ha convertido al río en un foco infeccioso, generando riesgos para la salud de la población que habita en sus alrededores y para quienes entran en contacto con sus aguas contaminadas. Cabe mencionar que, durante la temporada de sequía, los pobladores locales utilizan el agua del río El Común para el riego de pastos y cultivos, así como para bebedero de ganado vacuno.

Figura 1

Ubicación geográfica de la investigación



3.2.Materiales

Materiales y equipos

- Material de muestreo
- Cámara fotográfica Canon PowerShot SX530 HS
- Libreta de campo
- Cronómetro
- GPS Garmin Gpsmap 64sx
- Multiparámetro (Extech Dissolved Oxygen kit)
- Caja térmica
- Wincha
- Flotador
- Estacas
- Cordel
- Balde pequeño
- Guardapolvo
- Botas
- Guantes
- Mascarilla

3.3.Puntos de muestreo

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Localización	Coordenadas UTM	Altitud m.s.n.m
PM-001	50 metros aguas arriba	N: 9231208 E: 819200	2600.68
PM-002	Efluente de aguas residuales domésticas	N: 9231164 E: 819154	2600.36
PM-003	861 metros aprox. aguas abajo	N: 9230340 E: 819416	2597.07

3.3.1. Condiciones de los puntos de muestreo

PM-001: El agua discurre en cauce natural con superficie de tierra, no hay presencia de piedras y en sus lados paralelos existen parcelas de pastos como la grama, que es utilizada para pastoreo de ganado vacuno, el agua tiene un color claro transparente y no hay presencia de plantas acuáticas.

PM-002: El agua residual doméstica discurre a través de un tubo de concreto, alrededor de la descarga del vertido se encuentra cobertura de mala hierba (margarita rastrera), parcelas de grama y el agua es de color gris.

PM-003: El agua se encuentra en canal de cemento y tiene un color claro con pequeños sedimentos suspendidos, alrededor existen arboles naturales y sembríos de papa, alverja y maíz, no existe presencia de plantas acuáticas.

3.4. Frecuencia de monitoreo

La presente investigación fue ejecutada durante la temporada de sequía. El monitoreo de los parámetros se realizó una vez por semana en los tres puntos de muestreo previamente definidos, durante un período de seis semanas comprendido entre el 22 de junio y el 26 de julio del año 2023.

3.5. Método de recolección de datos

3.5.1. Toma de muestras

Se realizó conforme a los procedimientos indicados en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido mediante la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA.

Tabla 4*Método de recolección de muestras*

Parámetro	Tipo de recipiente	Volumen de muestra	Método de recolección	Método de ensayo
Parámetros de laboratorio				
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)	Plástico	1000 ml	Se seleccionó una corriente homogénea, se enjuagó el recipiente tres veces, se llenó completamente evitando la presencia de burbujas y se almacenaron las muestras en una caja de tecnopor con hielo gel para su preservación, siendo luego trasladadas al Laboratorio Regional del Agua.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed.2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes termotolerantes	Vidrio borosilicato	200 ml	El recipiente de vidrio estéril se enjuagó al menos dos veces, se llenó dejando un espacio de 1/3 para aireación y mezcla, y las muestras fueron colocadas en una caja de tecnopor con hielo gel para su preservación. Finalmente, se trasladaron al Laboratorio Regional del Agua.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Procedure
Parámetros de campo				
Temperatura				
pH				
Oxígeno disuelto				
Conductividad eléctrica				

3.5.2. Caudal

En los puntos de muestreo **PM - 001** y **PM - 003** se determinó por el método del flotador, (ANA, 2016), considerando lo siguiente:

- a) Selección de un tramo homogéneo.
- b) Medición de una longitud apropiada que representó el recorrido del flotador (PM-001, 10 m y PM-003, 5.5 m).
- c) Lanzar el flotador visible (bola de tecnopor) al inicio del tramo seleccionado.
- d) Con un cronómetro determinar el tiempo utilizado por el flotador en llegar hasta el final del tramo.
- e) Este procedimiento se realizó por 5 veces seguidas para obtener un valor constante.
- f) Determinación del tirante del agua midiendo la distancia vertical desde el punto más bajo del río hasta la superficie del agua.
- g) Finalmente se aplicó la siguiente formula:

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q: caudal (L/s)

V: Velocidad

A: Área de la sección transversal

En el punto de muestreo **PM - 002**, el caudal se determinó siguiendo la fórmula de Manning, (French, 2017). Debido a que el agua residual doméstica fluye a través de un tubo de concreto, se aplicó el siguiente procedimiento:

- a) Medición de la altura de la circunferencia del tubo de alcantarillado.

- b) Medición de la altura del nivel del agua residual doméstica que se descarga por el tubo de alcantarillado.
- c) Medición de la distancia de un tramo del tubo (98 m) y toma de cotas de los puntos de cada extremo para calcular la pendiente.
- d) Por último, se aplicó la fórmula de Maning.

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * \sqrt{S}$$

Donde:

Q: Caudal en (m³/s)

A: área en (m²)

n: coeficiente de Maning según tipo de tubería

Rh: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente en m/m

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)

A partir de los resultados emitidos por el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, acreditado por INACAL-DA con el registro N.º LE-084, así como también los que se obtuvieron en campo, se determinó la calidad del agua según el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) (ANA, 2020), que permite representar y caracterizar el estado de la calidad del agua en los distintos puntos de muestreo del río El Común.

Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

F1 - Alcance: Representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente (Según D.S. N° 004-2017-MINAM), respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que NO cumplen los ECA agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

F2 - Frecuencia: Representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar.

$$F_2 = \frac{\text{Número de datos que NO cumplen el ECA Agua de los parametros Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

F3 - Amplitud: Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Suma Normalizada de Excedentes (SNE):

$$\text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}} \right)$$

EXCEDENTE, Se calcula para cada parámetro y expresa la diferencia entre el valor obtenido y el valor establecido en el ECA-Agua.

Caso 1. Cuando la concentración de un parámetro sobrepasa el valor fijado en el ECA-Agua, el excedente se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumplen el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA Agua}} \right) - 1$$

Caso 2. Cuando la concentración del parámetro es inferior al valor estipulado en el ECA-Agua, y no cumple con la condición establecida, el excedente se determina de la siguiente manera:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumplen el ECA Agua}} \right) - 1$$

Una vez determinados los valores de los factores F1, F2 y F3, se realiza el cálculo del índice de calidad del agua, utilizando la siguiente fórmula:

$$ICARHS = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}}$$

Donde:

ICARHS: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales

F₁: Alcance

F₂: Frecuencia

F₃: Amplitud

Escalas de valoración: El valor obtenido del ICARHS se expresa como un número sin unidades, que varía entre 0 y 100, y permite clasificar la calidad del agua en cinco categorías: Pésima, Mala, Regular, Buena y Excelente, según el rango en el que se ubique. (ANA, 2020, p. 11).

Tabla 5

Valoración del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)

ICARHS	Calificación	Interpretación
95 – 100	Excelente	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80 – 94	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 – 79	Regular	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45 – 64	Malo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 – 44	Pésimo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento.

Fuente: ANA (2020)

3.6.2. Autodepuración del agua

Este proceso se determinó mediante ecuaciones del Modelo de Streeter y Phelps (1925), el cual permite determinar la evolución del oxígeno disuelto en función de la distancia o el tiempo a partir de un vertido de aguas residuales. A continuación, se detallan las fórmulas utilizadas:

a) Mezcla del vertido con el río

✓ Caudal Total

$$Q_t = Q_r + Q_v$$

Donde:

Q_t : Caudal total del río (m^3/s)

Q_r : Caudal del río (m^3/s)

Q_v : Caudal del vertido (m^3/s)

✓ DBO₅ inicial de la mezcla

$$DBO_5 = \frac{Q_r * DBO_r + Q_v * DBO_v}{Q_t}$$

Donde:

DBO₅: DBO₅ inicial de la mezcla (mg/l)

Q_r : Caudal del río (m^3/s)

DBO_r: DBO₅ del río (mg/l)

Q_v : Caudal del vertido (m^3/s)

DBO_v: DBO₅ del vertido (mg/l)

Q_t : Caudal total del río (m^3/s)

✓ Oxígeno disuelto inicial (OD₀)

$$OD_0 = \frac{Q_r * OD_r + Q_v * OD_v}{Q_t}$$

Donde:

OD₀: Oxígeno disuelto inicial (mg/l)

Q_r : Caudal del río (m^3/s)

OD_r: Oxígeno disuelto del río (mg/l)

Q_v : Caudal del vertido (m^3/s)

OD_v: Oxígeno disuelto del vertido (mg/l)

Q_t : Caudal total del río (m^3/s)

✓ Temperatura de la mezcla

$$T_{mezcla} = \frac{Q_r * T_r + Q_v * T_v}{Q_t}$$

Donde:

T_{mezcla} : Temperatura de la mezcla ($^{\circ}C$)

Q_r : Caudal del río (m^3/s)

T_r : Temperatura del río (mg/l)

Q_v : Caudal del vertido (m^3/s)

T_v : Temperatura del vertido ($^{\circ}C$)

Q_t : Caudal total del río (m^3/s)

b) Cálculo de la DBO última (Lo)

$$DBO_{ultima} = \frac{DBO_5}{1 - e^{-5 * K_1}}$$

Donde:

DBO_5 : es la DBO_5 de la mezcla (mg/l)

K_1 : constante de desoxigenación (dia^{-1})

c) Cálculo de concentración de saturación de oxígeno (C_s)

✓ Fórmula general a nivel del mar (basada en APHA, 1998)

$$C_{s(T)} = 14.652 - 0.41022 * T + 0.007991 * T^2 - 0.000077774 * T^3$$

Donde:

$C_{s(T)}$: Concentración de saturación por temperatura (mg/l)

T : Temperatura de la mezcla

- ✓ Fórmula empírica para estimar la presión atmosférica (Según Metcalf & Eddy, 2003)

$$P_{atm(h)} = 760 * e^{-0.00012 * h}$$

Donde:

$P_{atm(h)}$: Presión atmosférica

h: altura del punto de muestreo (m)

- ✓ Oxígeno disuelto en saturación corregida

$$C_{S(T,h)} = C_{S(t)} * \frac{P_{atm(h)}}{760}$$

Donde:

$C_{S(T,h)}$: Concentración de saturación de oxígeno (mg/l)

h: altura del punto de muestreo (m)

d) Constante de descomposición (K_1)

$$K_1 = 0.23 \text{ d}^{-1}$$

Ajuste por temperatura

$$K_{1T} = K_{d20} * \theta^{(T-20)}$$

Donde:

k_{d20} : Valor base (0.23 a 20°C)

θ : Factor de corrección térmica (típico $\theta = 1.047$)

T: temperatura de la mezcla (°C)

e) Constante de reaeración (k_2)

$$K_2 = \frac{3.93 * v^{0.5}}{h^{1.5}}$$

Donde:

K_2 : Constante de reaeración (dia^{-1})

v: Velocidad del río (m/s)

h: altura o profundidad del río (m)

Ajuste por temperatura

$$K_{2T} = K_{20} * \theta^{(T-20)}$$

Donde:

K_{2T} : constante de reaereación (dia^{-1})

K_{20} : Contante de reaereación a 20 °C

θ : Factor de corrección ($\theta = 1.024$)

f) Déficit de oxígeno en el tiempo (D_t)

$$D_t = \frac{K_1 * L_0}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 * t} - e^{-K_2 * t}) + D_0 * e^{-K_2 * t}$$

Donde:

L_0 : DBO ultima (mg/l)

K_1 : Contante de descomposición (dia^{-1})

K_2 : Contante de reaereación (dia^{-1})

t : Tiempo de transporte (días)

D_0 : Déficit inicial de oxígeno disuelto (mg/l)

g) Oxígeno disuelto en el tiempo OD(t)

$$OD_{(t)} = C_s - D_t$$

Donde:

C_s : Concentración de saturación de oxígeno (mg/l)

D_t : Déficit de oxígeno en el tiempo (mg/l)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad y cantidad del vertimiento de aguas residuales domésticas

4.1.1. *Calidad del vertido de aguas residuales domésticas*

Según los informes del Laboratorio Regional del Agua (ver ANEXO III) y los registrados en campo (ver ANEXO I) se obtuvo los resultados de los parámetros analizados en el punto de muestreo PM-002 (vertido de aguas residuales domésticas).

4.1.1.1 Oxígeno disuelto. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el parámetro de oxígeno disuelto (OD) de las muestras de agua residual doméstica.

Tabla 6

Oxígeno disuelto del vertido de agua residual doméstica

N° de muestreo	OD (mg/l)
01	0.93
02	1.2
03	1.2
04	1.8
05	1.6
06	1
Promedio	1.29

La tabla 6 muestra que los niveles del oxígeno disuelto en el vertido de aguas residuales domésticas, oscilan entre 0.93 y 1.80 mg/L, con un promedio de 1.29 mg/L. Estos niveles son considerablemente bajos, lo que indica una alta carga orgánica en el agua residual y condiciones claramente anaeróbicas, características de efluentes domésticos sin tratamiento, esto se debe a que la materia orgánica presente en el agua residual es degradada por microorganismos que consumen oxígeno durante su proceso de descomposición, lo que provoca que el oxígeno disuelto se agote rápidamente en el agua. En consecuencia, los valores registrados incumplen el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), cuyo valor mínimo permitido es ≥ 5 mg/L. Estudios similares reportan resultados concordantes. García Ortiz (2019) halló un OD de 0.00 mg/L en el afluente de una planta de tratamiento en Cajamarca, y Vásquez (2017) encontró promedios entre 1.1 y 1.5 mg/L en efluentes sin aireación. Ambos estudios coinciden en que niveles por debajo de 2 mg/L son característicos de aguas residuales no tratadas o con tratamientos insuficientes, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el punto PM-002.

4.1.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Los resultados obtenidos correspondiente al punto de muestreo PM-002 son los siguientes:

Tabla 7

Demanda bioquímica de oxígeno del vertido de agua residual doméstica

N° de muestreo	DBO ₅ (mg/l)
01	58.6
02	29.8
03	43.8
04	44.2
05	37.6
06	39.4
Promedio	42.23

La tabla 7 muestra que los valores de Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO_5) en el vertido analizado oscilan entre 29.8 y 58.6 mg/L, con un promedio de 42.23 mg/L, Estos valores elevados de DBO_5 se deben a que el vertido contiene mucha materia orgánica biodegradable, como restos de alimentos, desechos domésticos y otros residuos. Esta materia es descompuesta por los microorganismos presentes en el agua, proceso que consume oxígeno y refleja la alta carga de contaminación del efluente, excediendo el ECA establecido que es de 15 mg/L. Los datos coinciden con estudios nacionales: García Ortiz (2019) reportó una DBO_5 de 40.7 mg/L en el efluente de una planta en Cajamarca, similar a los 42.23 mg/L obtenidos en el PM-002. De igual forma, Vásquez (2017) encontró valores entre 38 y 55 mg/L en sistemas sin tratamiento aeróbico, respaldando la condición del vertido encontrado.

4.1.1.3 Potencial de hidrógeno (pH). El análisis realizado de pH en el vertido de aguas residuales domésticas, arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 8

Potencial de hidrógeno del vertido de agua residual doméstica

N° de muestreo	pH
01	7.36
02	7.41
03	7.41
04	7.54
05	7.56
06	7.72
Promedio	7.50

La tabla 8 muestra que el pH del vertimiento de aguas residuales domésticas en el punto PM-002 varía entre 7.36 y 7.72, con un promedio de 7.50, indicando una ligera alcalinidad. Estos valores se encuentran dentro del rango considerado neutro a ligeramente alcalino. Esto se debe a que las aguas residuales domésticas contienen una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, como detergentes, sales, restos de alimentos y productos de limpieza, que tienden a aumentar ligeramente la alcalinidad. Además, la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos puede liberar compuestos básicos, como el amonio, que ayudan a mantener el pH dentro de este rango. Estudios similares reportan rangos de pH entre 6.5 y 8.0 para efluentes domésticos sin tratamiento (Castillo & Villavicencio, 2021), lo que concuerda con lo observado en este análisis. Desde el punto de vista de la calidad del agua, un pH dentro de este rango no representa un riesgo inmediato de toxicidad, pero sí puede afectar la solubilidad de metales, la eficiencia de procesos biológicos y la disponibilidad de nutrientes en el cuerpo receptor (Organización de las Naciones Unidas, s. f.).

4.1.1.4 Temperatura. Los resultados de temperatura del vertido de aguas residuales domésticas fueron los siguientes:

Tabla 9

Temperatura del vertido de agua residual doméstica

N° muestreo	Temperatura (°C)
01	18.6
02	17.0
03	16.9
04	16.2
05	17.0
06	16.7
Promedio	17.1

La tabla 9 muestra que la temperatura en el punto PM-002 (vertido de aguas residuales domésticas) varió entre 16.2 °C y 18.6 °C, con un promedio de 17.1 °C, lo cual se encuentra dentro del rango esperado para aguas residuales domésticas sin tratamiento, que suele oscilar entre 15 °C y 25 °C dependiendo de la zona climática y hora de recolección (Equimar, 2024). Estos valores se deben principalmente a la influencia del clima local y a que el vertido proviene de viviendas y actividades domésticas, donde la temperatura del agua refleja la temperatura ambiente y de las aguas utilizadas en los hogares, sin alteraciones significativas por procesos industriales o efluentes calientes. Este rango térmico no implica un peligro térmico inmediato; sin embargo, es importante debido a su influencia sobre los procesos biológicos en el cuerpo receptor. Diversos estudios han demostrado que el aumento de temperatura favorece el crecimiento bacteriano y acelera la descomposición de la materia orgánica, lo cual incrementa el consumo de oxígeno disuelto y puede reducir la capacidad de autodepuración del ecosistema acuático (OPS, 2001; Lew et al., 2015). En consecuencia, aunque la temperatura registrada en el punto PM-002 no excede el límite máximo permisible establecido, que indica un valor inferior a 35 °C, debe mantenerse bajo vigilancia, especialmente en temporadas cálidas, donde podría potenciar procesos anaeróbicos y agravar la contaminación orgánica.

4.1.1.5 Conductividad eléctrica. A continuación, se presentan los valores de conductividad eléctrica registrados en el punto de vertido de aguas residuales domésticas (PM-002).

Tabla 10*Conductividad eléctrica del vertido de agua residual doméstica*

N° de muestreo	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)
01	669
02	604
03	626
04	596
05	628
06	716
Promedio	639.83

La tabla 10 indica que los valores de conductividad eléctrica en el punto de muestreo PM-002, correspondiente al vertimiento de aguas residuales domésticas, oscilan entre 596 $\mu\text{S/cm}$ y 716 $\mu\text{S/cm}$, con un promedio de 639.83 $\mu\text{S/cm}$. Este rango refleja una carga salina moderada, característica de efluentes domésticos sin tratamiento, estos valores se deben principalmente a la presencia de sales y compuestos solubles provenientes de detergentes, productos de limpieza, restos de alimentos, orina y otras sustancias domésticas disueltas en el agua. La acumulación de estos iones disueltos incrementa la conductividad eléctrica, indicando la carga iónica presente en el vertido (Tchobanoglous, et al. 2003). Estos resultados son consistentes con lo encontrado por Calderón y Pulgar (2023) quienes reportaron valores de conductividad eléctrica entre 650 $\mu\text{S/cm}$ y 1 020 $\mu\text{S/cm}$ en aguas residuales domésticas en Colombia, señalando además que dichos niveles favorecen procesos biológicos como la nitrificación y desnitrificación. Desde el punto de vista técnico, la conductividad eléctrica medida en PM-002 no representa una amenaza directa para los procesos naturales de autodepuración, pero sí evidencia una concentración iónica suficiente como para requerir seguimiento ya que en descargas continuas, podrían alterar las condiciones físico-químicas del cuerpo receptor, especialmente en épocas de estiaje.

4.1.1.1 Coliformes termotolerantes. Los valores obtenidos de coliformes termotolerantes en el PM - 002 correspondiente al vertido de aguas residuales domésticas se detallan a continuación.

Tabla 11

Coliformes termotolerantes del vertido de agua residual doméstica

N° de muestreo	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)
01	810000
02	920000
03	980000
04	190000
05	230000
06	190000
Promedio	553333.33

La tabla 11 presenta los resultados de coliformes termotolerantes registrados en el punto de muestreo PM-002, correspondiente al vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento. Los valores obtenidos están entre 190 000 y 980 000 NMP/100 mL, con un promedio de 553 333.33 NMP/100 mL, sobrepasando el límite máximo permisible para efluentes que es de 10 000 NMP/100 mL. Estos elevados niveles se deben a la presencia de materia fecal y restos orgánicos provenientes de los desechos domésticos, que constituyen un hábitat ideal para el crecimiento de bacterias coliformes. La ausencia de procesos de tratamiento, como la desinfección o la aireación, permite que estos microorganismos se mantengan y se multipliquen en el vertido, reflejando la contaminación microbiológica.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Lima (2020), quien encontró concentraciones de hasta 9 200 000 NMP/100 mL en el vertimiento de aguas residuales sin tratar

que se descarga al río Sicra Lircay en Huancayo. Cabe señalar que, según el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el límite máximo permisible (LMP) para coliformes termotolerantes en efluentes domésticos es de 10 000 NMP/100 mL. Por tanto, las concentraciones registradas en el PM-002 superan este valor en más de 50 veces, evidenciando un incumplimiento normativo significativo y una situación crítica desde el punto de vista sanitario y ambiental. Por lo que, no solo evidencian un riesgo sanitario potencial, sino que también contribuyen al incremento de la contaminación del cuerpo receptor, al introducir una carga elevada de microorganismos patógenos y materia orgánica que alteran la calidad microbiológica del agua y reducen su capacidad natural de autodepuración.

4.1.1.2 Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del vertido de aguas residuales domésticas. A continuación, se presenta el resultado del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) aplicado al punto de muestreo PM-002, correspondiente al vertimiento de aguas residuales domésticas.

Este índice permitió evaluar de manera integral la calidad del agua, considerando parámetros físico-químicos, microbiológicos y su relación con los estándares de calidad ambiental establecidos.

Tabla 12

Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del vertido de aguas residuales domésticas

Parámetros Evaluados			ECA		PM-002					
			Cat.3		Vertimiento de aguas residuales domésticas					
			D1	D2	1° M	2° M	3° M	4° M	5° M	6° M
Físico químicos	Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4	≥5	0.93	1.2	1.2	1.8	1.6	1
	Demanda Bioq. Oxig (DBO ₅)	mg/l	15	15	58.6	29.8	43.8	44.2	37.6	39.4
	pH	-	6,5 8,5	6,5 8,4	7.36	7.41	7.41	7.54	7.56	7.72
	Conductivi dad eléctrica	μS/ cm	2 500	5 000	669	604	626	596	628	716
	Coliformes termotoler antes	NMP/ 100 ml	1000 - 2000	1000	810000	920000	980000	190000	230000	190000
	Número de parámetros que no cumplen el ECA		3							
ICARHS			42.78							
Valoración			PÉSIMO							

Nota: D1 significa riego de vegetales y D2 bebida de animales

Según la tabla 12, se evidencia que el valor calculado del Índice de Calidad Ambiental para Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) fue de 42.78, lo que, de acuerdo con la clasificación propuesta por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020), corresponde a una calidad de agua “pésima”, ya que se encuentra en el rango de 0 - 44. Esta categoría implica que

la calidad del vertido no cumple con los objetivos establecidos, se encuentra frecuentemente amenazada o deteriorada, y que para cualquier tipo de uso es necesario aplicar algún tipo de tratamiento previo. Los parámetros que más contribuyeron al bajo valor del índice fueron el oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO₅) y los coliformes termotolerantes, los cuales superan ampliamente los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) según el MINAM (2017) y los límites máximos permisibles según el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. Este diagnóstico concuerda con los resultados del Informe técnico de 2021-II para la cuenca del río Mantaro, (ANA, 2020) donde el ICARHS también se ubicó en rangos considerados “muy malos” o “pésimos” en varias estaciones muestreadas. Esta situación no solo evidencia una elevada carga orgánica y microbiológica en el vertimiento, sino que también implica una alteración significativa de las condiciones naturales del ecosistema acuático, representando además un riesgo considerable para la salud de la población.

4.1.2. Cantidad del vertido de aguas residuales domésticas

El caudal es un parámetro clave en la evaluación de la calidad del agua, ya que permite estimar la cantidad total de carga contaminante que se incorpora al río a través del vertido de aguas residuales domésticas. Este volumen de descarga influye directamente en la calidad físico-química y microbiológica del agua, pudiendo alterar su equilibrio natural y afectar negativamente al cuerpo receptor. A continuación, se presenta el caudal registrado en el punto de muestreo PM – 002, correspondiente al vertido de aguas residuales domésticas.

Tabla 13*Caudal del vertido de aguas residuales domésticas*

SEMANA	FECHA	CAUDAL (L/s)
SEM 01	22/06/2023	23.98
SEM 02	28/06/2023	20.93
SEM 03	06/07/2023	20.93
SEM 04	13/07/2023	20.93
SEM 05	20/07/2023	20.93
SEM 06	26/07/2023	20.93
Promedio		21.44

En la tabla 13 se indica el caudal durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 22 de junio y el 26 de julio de 2023, del vertido de aguas residuales domésticas hacia el río El Común. En la semana 1 se observó el valor más alto con 23.98 L/s, mientras que en las siguientes semanas (SEM 02 a SEM 06) el caudal se mantuvo constante en aproximadamente 20.93 L/s. El promedio general del periodo fue de 21.44 L/s. Este volumen registrado, aunque bajo en comparación con caudales industriales o municipales de gran escala, puede ejercer un impacto relevante en el agua del río, como lo señala el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), incluso pequeñas descargas de aguas residuales pueden alterar la calidad del agua en cuerpos receptores de bajo caudal o escasa capacidad de autodepuración, afectando procesos ecológicos y usos aguas abajo (MVCS, 2022).

4.2. Calidad y cantidad del agua del río El Común

4.2.1. Calidad del agua del río El Común y usos en función a los ECA

De acuerdo a los informes del Laboratorio Regional del Agua (ver ANEXO III) y los registrados en campo (ver ANEXO I), se obtuvo los resultados de los parámetros analizados en

los puntos de muestro muestreo PM - 001 (50 metros antes del vertido de aguas residuales domésticas) y el PM - 003 (861 metros después del vertido de aguas residuales domesticas).

4.2.1.1 Oxígeno disuelto. El análisis del oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo PM-001 (aguas arriba) y PM-003 (aguas abajo), se realizó con el fin de evaluar el impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas sobre este parámetro. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Tabla 14

Oxígeno disuelto del PM – 001 y PM - 003

Nº muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	OD (mg/l)	OD (mg/l)
01	5.38	6.24
02	6.7	6.2
03	6.1	5.4
04	6.5	6.2
05	6.9	7.1
06	7.2	5.2
Promedio	6.46	6.06

La tabla 14 muestra los resultados de oxígeno disuelto (OD) obtenidos en los puntos de monitoreo PM-001 (50 m aguas arriba del vertimiento) y PM-003 (861 m aguas abajo). El promedio de OD en PM-001 fue de 6.46 mg/L, mientras que en PM-003 se registró un promedio ligeramente menor de 6.06 mg/L. Si bien ambos valores se encuentran por encima del valor mínimo de 5 mg/L establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de categoría 3, se evidencia una disminución del oxígeno disuelto aguas abajo, lo cual indica que el vertimiento genera una leve carga orgánica que demanda oxígeno durante su descomposición biológica. Esta tendencia se refleja especialmente en los muestreos 03 y 06, donde se registraron

reducciones más marcadas del OD en PM-003. Aunque la diferencia promedio no es drástica, la variabilidad observada sugiere que el vertimiento sí tiene un efecto puntual sobre la capacidad de oxigenación del cuerpo receptor.

Tabla 15

Análisis de la varianza para oxígeno disuelto (ANOVA)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.49613333	1	0.496133333	1.12128974	0.31454817	4.96460274
Dentro de los grupos	4.42466667	10	0.442466667			
Total	4.9208	11				

Coefficiente de variabilidad (CV)

CV= 11%

La tabla 15 muestra el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al oxígeno disuelto, el cual permitió evaluar si existían diferencias significativas en este parámetro entre los dos puntos de monitoreo considerados: Antes (PM - 001) y después (PM - 003) del vertimiento de aguas residuales domésticas hacia el río. El valor de F calculado fue 1.12, mientras que el valor crítico de F para un nivel de confianza del 95 % fue de 4.96. Asimismo, el p-valor obtenido fue 0.3145, mayor al umbral de significancia de 0.05. Estos resultados indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los puntos analizados en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto.

Desde el punto de vista ambiental, este resultado sugiere que el vertimiento no generó una alteración sustancial en la disponibilidad de oxígeno en el cuerpo receptor, al menos en la zona y momento evaluados. Esto podría atribuirse a la capacidad natural de autorregulación del

ecosistema, a través de procesos como la reoxigenación superficial, o la dilución del contaminante. El coeficiente de variación fue de 11 %, lo que indica una variabilidad moderada, aceptable en estudios de campo. En conjunto, los datos muestran que el oxígeno disuelto se mantuvo relativamente estable a pesar del ingreso del efluente.

4.2.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Los resultados obtenidos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los puntos de muestreo PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo) son los siguientes:

Tabla 16

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del PM – 001 y PM - 003

Nº muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)
01	<LCM	<LCM
02	<LCM	<LCM
03	<LCM	<LCM
04	<LCM	<LCM
05	<LCM	<LCM
06	<LCM	<LCM

En la tabla 16 se muestra que los resultados obtenidos de DBO₅ antes (PM - 001) y después (PM - 003) del vertimiento de aguas residuales domésticas se ubicaron por debajo del límite de cuantificación (LCM) establecido por el laboratorio. Esto se debe a que la materia orgánica biodegradable en el agua era muy baja, probablemente por dilución natural y por la actividad de microorganismos que ya habían degradado gran parte de los compuestos orgánicos

presentes, por lo que no pudieron ser cuantificadas con precisión por el método analítico utilizado.

Desde la perspectiva ambiental, estos resultados pueden interpretarse de manera positiva, ya que indican que la carga orgánica biodegradable en el tramo evaluado del río fue mínima o ha sido diluida eficientemente por el caudal del río.

4.2.1.3 Potencial de hidrógeno (pH). En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del pH en los puntos de muestreo PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo).

Tabla 17

Potencial de hidrógeno (pH) del PM - 001 y PM - 003

Nº muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	pH	pH
01	8.09	7.89
02	8.05	7.98
03	8.07	8.05
04	8.13	8.14
05	8.19	8.15
06	8.2	8.04
Promedio	8.12	8.04

En la tabla 17 se presentan los resultados obtenidos del potencial de hidrógeno (pH). Los promedios registrados fueron de 8.12 en el punto PM - 001 (aguas arriba) y de 8.04 en el punto PM - 003 (aguas abajo), ambos dentro del rango ligeramente alcalino y del límite permitido por el ECA (6.5–8.5). Esto se debe a que el vertimiento no aporta suficientes sustancias ácidas o

básicas para alterar el pH del agua del río, y el agua posee capacidad de amortiguamiento natural que mantiene la acidez estable.

Tabla 18

Análisis de la varianza para pH (ANOVA)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.0192	1	0.0192	2.82491417	0.12372988	4.96460274
Dentro de los grupos	0.06796667	10	0.006796667			
Total	0.08716667	11				

Coeficiente de variabilidad (CV)

CV= 1%

La tabla 18, muestra el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al pH, lo que permitió evaluar si existían diferencias significativas en este parámetro entre los dos puntos de monitoreo: antes del vertimiento (PM - 001) y después (PM - 003) en el río. El valor de F calculado fue 2.82, mientras que el valor crítico de F, considerando un nivel de confianza del 95 %, fue 4.96. De igual forma, el p-valor obtenido fue 0.1237, superior al umbral de significancia de 0.05. Esto indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de pH antes y después del ingreso del vertido de aguas residuales domésticas.

Desde el punto de vista ambiental, este resultado sugiere que el vertimiento no provocó una alteración importante en la acidez o alcalinidad del río. El sistema acuático mostró estabilidad en sus condiciones ácido-base, posiblemente debido a la capacidad de amortiguación natural del agua o a que el efluente presenta un pH compatible con el del río. Este comportamiento también se ve respaldado por un coeficiente de variación de apenas 1 %, lo que

refleja una variabilidad muy baja, típica de sistemas bien equilibrados. En conjunto, los datos indican que el pH del río se mantuvo prácticamente constante tras el vertimiento.

4.2.1.4 Conductividad eléctrica. Los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en los puntos PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo) se detallan a continuación:

Tabla 19

Conductividad eléctrica del PM – 001 y PM - 003

Nº muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
01	399	459
02	394	409
03	405	417
04	411	430
05	416	434
06	421	451
Promedio	407.7	433.3

La Tabla 19 muestra que la conductividad eléctrica promedio fue de 407.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto PM-001 (aguas arriba) y de 433.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto PM-003 (aguas abajo). El incremento observado a lo largo del tramo evaluado se atribuye principalmente a la incorporación de aguas residuales domésticas, las cuales aportan una mayor concentración de sales disueltas, nutrientes e iones provenientes de detergentes, materia orgánica y residuos de uso doméstico, incrementando así la conductividad del cuerpo de agua aguas abajo.

Tabla 20*Análisis de la varianza para conductividad eléctrica (ANOVA)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1976.333333	1	1976.333333	8.343653251	0.01614756	4.964602744
Dentro de los grupos	2368.666667	10	236.8666667			
Total	4345	11				

Coeficiente de variabilidad (CV)

CV= 4 %

La tabla 20, indica el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la conductividad eléctrica del agua, permitió evaluar la existencia de diferencias significativas entre los puntos de monitoreo antes (PM - 001) y después (PM - 003) del vertimiento del efluente al río. El valor de F calculado fue 8.34, el cual resulta mayor que el valor crítico de $F = 4.96$ para un nivel de confianza del 95 %. Asimismo, el p-valor obtenido fue 0.016, valor inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Estos resultados evidencian la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la conductividad eléctrica del agua entre ambos puntos de muestreo

Desde el punto de vista ambiental, este resultado indica que el vertimiento del efluente generó una modificación significativa en la concentración de iones disueltos presentes en el río, lo cual se refleja en la variación de la conductividad eléctrica. Este comportamiento puede asociarse a la incorporación de sales, nutrientes u otros compuestos disueltos provenientes del efluente tratado que ingresan al cuerpo de agua. Además, el coeficiente de variación (CV) de 4 %

evidencia una baja variabilidad interna de los datos, lo que indica consistencia y homogeneidad en las mediciones realizadas entre las réplicas.

4.2.1.5 Temperatura. Los valores de temperatura de los puntos PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo) se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 21

Temperatura del PM – 001 y PM - 003

N° muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
01	13.4	19.0
02	12.4	16.6
03	15.6	17.4
04	13.5	14.4
05	14.6	15.8
06	13.7	15.7
Promedio	13.9	16.5

En la tabla 21 se muestran los valores de temperatura. Los promedios obtenidos fueron de 13.9 °C en el punto PM - 001 (aguas arriba) y 16.5 °C en el punto PM - 003 (aguas abajo), evidenciando un incremento de 2.6 °C a lo largo del tramo evaluado. Este aumento de temperatura es significativo, considerando que las variaciones térmicas en cuerpos de agua naturales suelen ser graduales y están fuertemente influenciadas por factores externos, como la radiación solar o la cobertura vegetal. En este caso, el incremento observado se atribuye principalmente a la influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas.

Tabla 22*Análisis de la varianza para temperatura (ANOVA)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	20.11998356	1	20.11998356	10.7677401	0.00826902	4.96460274
Dentro de los grupos	18.68542824	10	1.868542824			
Total	38.80541181	11				

Coeficiente de variabilidad (CV)

CV= 9%

La tabla 22, indica el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al parámetro de temperatura, lo cual permitió determinar si existían diferencias significativas entre los dos puntos de monitoreo: antes del vertimiento (PM - 001) y después del vertimiento del efluente al río (PM - 003). El valor de F calculado fue 10.77, superior al valor crítico de F que fue 4.96, considerando un nivel de confianza del 95 %. Asimismo, el p-valor fue de 0.0083, menor al nivel de significancia de 0.05. Estos resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas en la temperatura del agua entre ambos puntos de monitoreo.

Desde una perspectiva ambiental, este hallazgo sugiere que el vertimiento tuvo un efecto térmico sobre el río, alterando su régimen de temperatura. Este cambio puede deberse a diferencias térmicas entre el efluente y el cuerpo receptor, lo cual es relevante ya que la temperatura influye directamente en procesos fisicoquímicos y biológicos del ecosistema acuático, como la solubilidad del oxígeno y la actividad metabólica de los organismos. A pesar de ello, el coeficiente de variación del 9 % indica una dispersión moderada de los datos, lo cual sugiere que, aunque hubo una variación estadísticamente significativa, los valores de temperatura no presentaron fluctuaciones extremas dentro de las réplicas realizadas.

4.2.1.6 Coliformes termotolerantes. A continuación, se detallan los valores obtenidos correspondiente a coliformes termotolerantes de los puntos de muestreo PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo).

Tabla 23

Coliformes termotolerantes del PM – 001 y PM - 003

N° muestreo	PM - 001	PM - 003
	(50 m antes del VARD)	(861 m después del VARD)
	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)
01	410	21000
02	540	25000
03	540	26000
04	390	19000
05	450	21000
06	540	22000
Promedio	478.3	22333.3

En la tabla 23 se indican los resultados obtenidos del análisis de coliformes termotolerantes, durante las seis veces de muestreo. Los valores promedio obtenidos fueron de 478.3 NMP/100 mL en el punto PM - 001 (aguas arriba) y de 22,333.3 NMP/100 mL en el punto PM - 003 (aguas abajo). Está marcada diferencia representa un incremento significativo en la concentración de microorganismos indicadores de contaminación fecal a lo largo del tramo evaluado. Estos niveles elevados son por el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento que recibe el río El Común. Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), el límite máximo de coliformes termotolerantes es de 1,000 NMP/100 mL para uso de riego de vegetales y bebida de animales. El valor registrado en el PM–003 (22,333.3 NMP/100 mL) supera este límite en más de 22 veces,

evidenciando un incumplimiento normativo y un alto riesgo sanitario y ambiental. Como solución, se propone la implementación urgente de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), además de establecer monitoreos periódicos y campañas de concientización. Mientras no se controle la contaminación, se recomienda restringir el uso del agua para riego de cultivos, consumo animal y actividades recreativas.

Tabla 24

Análisis de la varianza para coliformes termotolerantes (ANOVA)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1432923075	1	1432923075	405.261157	2.01×10^{-9}	4.96460274
Dentro de los grupos	35358016.67	10	3535801.667			
Total	1468281092	11				

Coeficiente de variabilidad (CV)

CV= 16%

La tabla 24 presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para los coliformes termotolerantes, el cual permitió evaluar la posible variación en las concentraciones bacterianas del río antes (PM - 001) y después (PM - 003) del vertimiento. El resultado arrojó un valor de F de 405.26, que supera ampliamente el valor crítico de F que fue 4.96 con un nivel de confianza del 95 %. Asimismo, el p-valor fue de 2.01×10^{-9} , es decir, prácticamente nulo, lo cual confirma con alta certeza que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos puntos de monitoreo.

Desde una perspectiva ambiental y sanitaria, este hallazgo es particularmente relevante. El incremento significativo de coliformes termotolerantes después del vertimiento evidencia que el efluente contribuye a la contaminación microbiológica del río. Esto puede representar un

En la tabla 25 se muestra el cálculo del Índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales (ICARHS) del PM - 001 (aguas arriba) que fue de 100, lo que, según la clasificación propuesta por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020), corresponde a una calidad de agua "excelente" ya que se encuentra en el rango de 95 - 100 y de acuerdo con su interpretación, indica que el agua se encuentra protegida, sin riesgos ni impactos significativos, y que su estado es muy similar al que se consideraría natural o ideal. Lo que concuerda con el resultado que obtuvo Estela (2017), en el PM - 001 el agua es apta para consumo humano siempre que se le aplique un tratamiento convencional; no obstante, puede utilizarse directamente para el riego de cultivos y como fuente de agua para el ganado. Todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, lo que evidencia una buena calidad de agua y baja intervención antrópica en este tramo del río.

Según estos resultados, el agua de este punto puede ser utilizado para consumo humano, previa aplicación de un tratamiento convencional (como filtración y desinfección), lo que es viable en zonas rurales con infraestructura básica; riego agrícola, incluyendo cultivos de vegetales de consumo crudo, debido a la ausencia de coliformes termotolerantes en concentraciones peligrosas; abrevadero para animales, especialmente ganado vacuno y ovino y recreación con contacto primario, como baño, o actividades turísticas, dado que no se evidencian amenazas microbiológicas ni químicas.

Tabla 26

Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) del PM - 003

Parámetros Evaluados			ECA		PM-003					
			Cat.3		Después del vertimiento de aguas residuales domésticas					
			D1	D2	1° M	2° M	3° M	4° M	5° M	6° M
Físico químicos	Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4	≥5	6.24	6.2	5.4	6.2	7.1	5.2
	Demanda Bioq. Oxig (DBO ₅)	mg/l	15	15	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	pH	-	6,5 8,5	6,5 8,4	7.89	7.98	8.05	8.14	8.15	8.04
	Conductivi dad eléctrica	μS/ cm	2 500	5 000	459	409	417	430	434	451
	Coliformes termotoler antes	NMP/ 100 ml	1000 - 2000	1000	21000	25000	26000	19000	21000	22000
Microbiológicos										
Número de parámetros que no cumplen el ECA							1			
ICARHS							53.23			
Valoración							Malo			

Nota: D1 significa riego de vegetales y D2 bebida de animales

En la tabla 26 se muestran el resultado del Índice de Calidad Ambiental para Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) del punto de muestreo PM - 003 ubicado aguas abajo, específicamente en la salida del túnel a 861 metros aproximadamente después del vertimiento de aguas residuales domésticas, que fue de 53.23, lo que, según la clasificación propuesta por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020), corresponde a una calidad de agua "mala" ya que se

encuentra en el rango de 45 - 64 y según su interpretación significa que la calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas y muchos de los usos necesitan tratamiento. A pesar de que los parámetros fisicoquímicos evaluados como el pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y conductividad eléctrica se encuentran dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. La calificación negativa se explica principalmente por la alta concentración de coliformes termotolerantes, que excede los límites permitidos para los usos de riego y bebida de animales establecidos en la normativa nacional (MINAM, 2017). Este tipo de contaminación microbiológica está generalmente asociado al vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento, lo cual coincide con lo observado en el tramo estudiado, donde existe una descarga directa de aguas servidas. Estudios similares en cuerpos de agua rurales han evidenciado patrones comparables. Por ejemplo, Custodio et al. (2017), en su evaluación de la calidad del agua del río Cunas, identificaron que, a pesar de mantener buenos niveles de OD y pH, el índice global de calidad disminuía significativamente debido a la contaminación fecal, especialmente en zonas donde se vertían aguas residuales de origen doméstico; Infante y Tacilla (2019) señala que los valores microbiológicos de coliformes termotolerantes registraron concentraciones de 530 000 NMP/100 mL y 348 000 NMP/100 mL, así como 530 000 NMP/100 mL y 5 398 000 NMP/100 mL, superando los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental durante las temporadas seca y lluviosa, lo que evidencia un deterioro en la calidad del agua del río Cajamarquino. Así mismo Lima (2020) determinó que la concentración de coliformes termotolerantes en el PM³ (después del vertido de aguas residuales) es de 49000 NPM/100ML. Este tipo de resultados pone en evidencia que la presencia de un solo parámetro fuera de norma en este caso, coliformes termotolerantes puede

afectar de forma significativa el valor del ICARHS, dado que dicho índice incorpora componentes microbiológicos en su cálculo para reflejar la seguridad sanitaria del agua. La persistencia de este tipo de contaminación representa un riesgo no solo ambiental, sino también para la salud pública y el uso del agua en actividades productivas como el riego de pastos o cultivos destinados al consumo animal.

4.2.2. Cantidad del agua del río El Común

El caudal determinado en los puntos de muestreo PM - 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo), se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 27

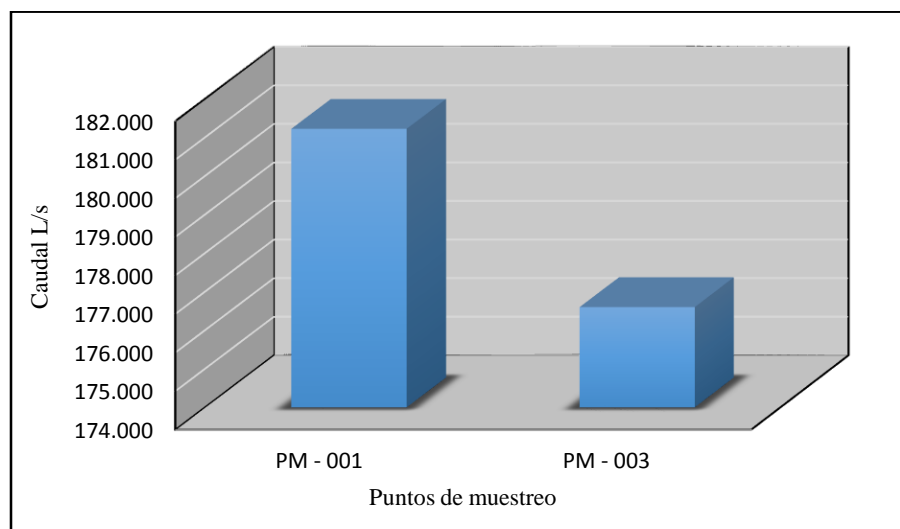
Caudal del río de los puntos de muestreo PM – 001 (aguas arriba) y PM - 003 (aguas abajo).

SEMANA	FECHA	CAUDAL (L/s)	
		PM - 001	PM - 003
SEM 01	22/06/2023	277.98	263.60
SEM 02	28/06/2023	262.36	245.31
SEM 03	06/07/2023	219.37	152.51
SEM 04	13/07/2023	121.65	162.04
SEM 05	20/07/2023	93.96	126.11
SEM 06	26/07/2023	112.00	110.03
PROMEDIO		181.22	176.60

En la tabla 27 se presenta la cantidad de agua que discurre por el río El Común, en el PM-001, ubicado 50 metros antes del vertimiento de aguas residuales domésticas, se obtuvo un caudal promedio de 181.22 l/s. Por su parte, en el PM-003, situado 861 metros aguas abajo del vertimiento y correspondiente al punto de salida del túnel, el caudal promedio fue de 176.60 l/s.

Figura 2

Diferencia de caudal entre el PM – 001 y PM – 002



En la figura 2 se muestra la comparación del caudal en los dos puntos del río, PM – 001 (antes del vertido de aguas residuales domésticas) y PM- 003 (después del vertido de aguas residuales domésticas), que el caudal disminuya pese al ingreso de efluente (vertido de aguas residuales domésticas) se explica por el hecho que las mediciones se realizaron en época de estiaje (del 22 de junio al 26 de julio) periodo en el cual los habitantes de la zona utilizan el agua de este tramo para el riego de pastos, cultivos y bebedero de ganado vacuno, sin ningún tipo de control incluso utilizando motobomba justo en el punto de mezcla del vertido y el aguas del río tal como se evidencia en el anexo IV . Esta práctica, aunque común en áreas rurales, plantea riesgos tanto ambientales como sanitarios, ya que implica el uso directo de aguas sin tratamiento para fines agrícolas, lo cual puede afectar la salud del ganado, la calidad del suelo y los cuerpos hídricos receptores. Según el Ministerio de Salud (MINSA, 2008), el uso de aguas residuales sin tratamiento en el riego puede favorecer la transmisión de enfermedades parasitarias y bacterianas, así como la contaminación de cultivos. Además, el reuso no controlado de aguas

residuales puede alterar la composición físico-química del suelo y reducir la calidad del recurso hídrico aguas abajo. En este contexto, es fundamental promover estrategias de gestión integral, que incluyan la formalización del uso de aguas residuales tratadas, la implementación de tecnologías apropiadas para riego y el control de descargas.

4.2. Autodepuración del río

Utilizando el modelo de Streeter y Phelps, se evaluó la variación del oxígeno disuelto (OD) como resultado del equilibrio entre el consumo de oxígeno (por la demanda biológica, DBO) y su incorporación desde la atmósfera (reaereación) en función del tiempo y la distancia desde el punto del vertido de aguas residuales domésticas, permitiendo identificar la capacidad de recuperación del cuerpo receptor a lo largo del tramo evaluado.

Tabla 28

Autodepuración en función al tiempo y la distancia

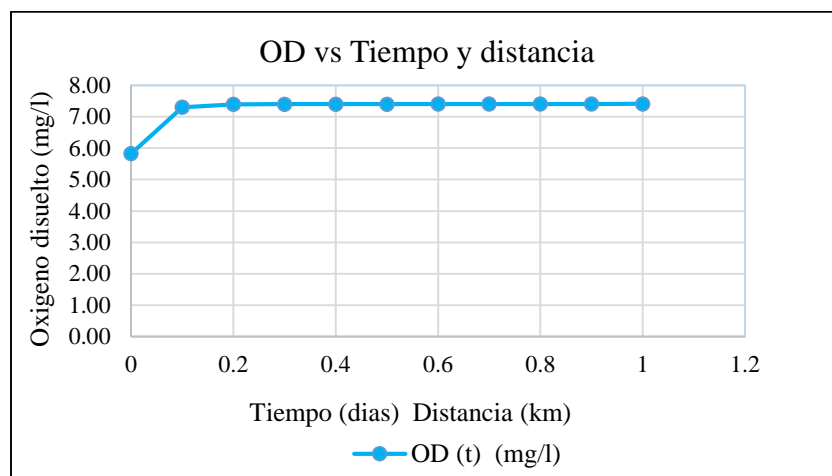
Tiempo (días)	Distancia (km)	Déficit de OD (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)
0	0	1.64	5.827
0.1	0.1	0.1647	7.306
0.2	0.2	0.0764	7.394
0.3	0.3	0.0700	7.401
0.4	0.4	0.0685	7.402
0.5	0.5	0.0673	7.403
0.6	0.6	0.0661	7.404
0.7	0.7	0.0649	7.406
0.8	0.8	0.0638	7.407
0.9	0.9	0.0627	7.408
1	1	0.0616	7.409

La tabla 28 muestra los resultados obtenidos e indica que el oxígeno disuelto (OD) en el cuerpo de agua se incrementa progresivamente conforme aumenta el tiempo y la distancia desde el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas. A partir de un valor inicial de 5.83 mg/L, el OD alcanza 7.409 mg/L en aproximadamente 1 kilómetro y en un día, mientras que el déficit de oxígeno disuelto (DOD) se reduce de 1.64 mg/L a 0.0616 mg/L. Este comportamiento evidencia un proceso activo de autodepuración, en el que el ecosistema fluvial recupera su equilibrio oxigenado gracias a la reaereación atmosférica y la dilución natural.

Este patrón concuerda con el modelo propuesto por Streeter y Phelps, que describe cómo el OD disminuye inicialmente tras el vertido de materia orgánica biodegradable, debido a la actividad bacteriana que consume oxígeno, y luego aumenta conforme predomina la reaereación sobre la desoxigenación (Quiñones et al., 2020). La mejora en los niveles de OD sugiere que, en este tramo del río, la capacidad de autodepuración es efectiva, y permite que el agua recupere condiciones más favorables. Asimismo, Montes y García (2013) indican que ríos con una pendiente moderada y adecuada turbulencia superficial pueden mejorar su tasa de reaereación, acelerando la recuperación del OD. En este sentido, la reducción continua del déficit de OD a lo largo de un kilómetro sugiere que el río mantiene características físicas que facilitan dicho proceso.

Figura 3

Curva de oxígeno disuelto en función al tiempo y distancia



La figura 3, muestra una curva ascendente progresiva del oxígeno disuelto (OD) en función al tiempo y la distancia, comenzando con un valor inicial de 5.83 mg/L en el punto de vertido (0 km y 0 días) y aumentando hasta alcanzar 7.409 mg/L a 1 km y en un día aguas abajo. Esta tendencia ilustra claramente el proceso de autodepuración natural del río, tal como lo describe el modelo de Streeter y Phelps (1925), en el cual el oxígeno disuelto se reduce inicialmente debido al consumo por descomposición de materia orgánica, pero luego se incrementa gracias al proceso de reaeración atmosférica. Este comportamiento se ve favorecido, además, por la baja concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), cuyos valores se encuentran por debajo del límite de concentración mínima ($< LCM$), lo que indica una carga orgánica reducida que no sobrepasa la capacidad de dilución del cuerpo receptor ni genera un impacto significativo en los niveles de OD. Esta dinámica concuerda con lo señalado por Moreno y García (2020), quienes, al estudiar el río Tunjuelo (Colombia), observaron que el OD se recupera a lo largo de tramos cortos, dependiendo de la pendiente, caudal y carga orgánica. En su estudio, mencionan que una curva ascendente como la del presente gráfico evidencia

condiciones favorables para la autorrecuperación del ecosistema acuático, siempre y cuando no haya más descargas contaminantes a lo largo del tramo. Asimismo, Quiroz et al. (2016) analizaron el río Portoviejo en Ecuador, señalando que la recuperación de OD a lo largo del cauce es un buen indicador del potencial de resiliencia del cuerpo de agua, especialmente en ambientes rurales, donde la presión antropogénica es más localizada. Según su estudio, cuando el OD supera los 7 mg/L, el ecosistema comienza a restablecer condiciones adecuadas para la vida acuática, como lo indica el valor final de 7.409 mg/L. De manera concordante, Zabaleta (2016), al evaluar el porcentaje de remoción de materia orgánica en función de las características fisicoquímicas del río Grande, en el distrito de Celendín, determinó mediante la aplicación del modelo de Streeter y Phelps una eficiencia de autodepuración del 77 %. En resumen, la forma de la curva del gráfico confirma un proceso de autodepuración efectivo, donde el ecosistema logra restablecer el equilibrio del oxígeno disuelto, alcanzando niveles cercanos a la saturación, sin necesidad de intervención mecánica o química. Esto refuerza la importancia de conservar el régimen hidrológico natural del río y minimizar nuevas cargas contaminantes para mantener esta capacidad de resiliencia.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El vertimiento de aguas residuales domésticas tiene un efecto negativo en la calidad del agua del río El Común, como lo evidencia el valor de 53.23 obtenido en el punto PM-003 aguas abajo, según el ICARHS, lo que corresponde a una calidad de agua mala. Esta condición se debe principalmente a la alta concentración de coliformes termotolerantes, que excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales. En consecuencia, aunque en este tramo se registra un caudal de 176.60 L/s, el agua no es apta para riego de cultivos ni para consumo animal sin un tratamiento previo adecuado.

- El vertimiento de aguas residuales domésticas presenta una calidad pésima según el ICARHS (42.78), evidenciando una alta carga contaminante, especialmente microbiológica. Aunque el caudal es bajo (21.44 L/s), su descarga continua representa un riesgo ambiental significativo, afectando la calidad del agua del cuerpo receptor. En estas condiciones, el agua no es apta para su uso, como el riego de cultivos, ni fuente de bebida para el ganado vacuno.

- El agua del río El Común aguas arriba (PM - 001) presenta una calidad excelente, con un valor de 100 según el Índice de Calidad Ambiental para Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS). Este resultado indica que el agua cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3, establecidos por la normativa nacional, permitiendo su uso para riego de

cultivos y bebida de animales. Además, el caudal registrado de 181.22 L/s representa un flujo suficiente para mantener la integridad ecológica del río.

- El río El Común muestra una efectiva capacidad de autodepuración, evidenciada por el aumento del oxígeno disuelto de 5.83 mg/L a 7.409 mg/L en aproximadamente un kilómetro río abajo durante un día, este proceso natural también se ve favorecido por la baja concentración de DBO₅, la cual se encuentra por debajo del límite de concentración mínima (< LCM) aguas abajo, indicando una carga orgánica reducida. Esta autorregulación es esencial para preservar la calidad del agua y mantener el equilibrio del ecosistema acuático frente al impacto de los vertimientos.

5.2. Recomendaciones

- Realizar muestreos a mayor distancia del río para evaluar cómo cambian las variables estudiadas, lo que permitirá obtener resultados más representativos.

CAPITULO VI

REFERENCIAS

- Aguilar Martinez, S. y Solano Pardo, G. (2018). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en Caño Grande, localizado en Villavicencio-Meta* [Tesis de título, Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14218/2018aguilarsantiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANA. (2016). *Protocolo para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. [Archivo PDF].
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1475.pdf>
- ANA. (2020). *Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)*. [Archivo PDF].
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/Metodolog%C3%ADa%20ICARHS.pdf>
- ANA. (2022). *Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Cuenca del río Mantaro 2021-II*.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales-unidad>

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th ed.). Washington, DC: APHA

Barreto Caldas, E. (2020). *Vertimiento de aguas residuales y su influencia en la contaminación del río Huallaga – Huánuco 2019*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].

<https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/0bd72683-6ca8-46e2-816e-84c97a0290d7/content>

Baeza Gómez, E. (2016). *Calidad del agua*. Biblioteca del congreso nacional de Chile/BCN. [Archivo PDF].

<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

Beltrán Martín, B. D. y Rodríguez Urrego, Y. M. (2020). *Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales del casco urbano del municipio de Gachetá sobre el río Guavio* [Tesis de título, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38779/ymrodriguez.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Boss Tech. (2017). *Consecuencias del vertido de aguas residuales no tratadas*.

<https://bosstech.pe/blog/consecuencias-vertido-aguas-residuales-no-tratadas/>

Calderón Nieves, J. B., & Pulgar González, A. F. (2023). *Efecto de la conductividad eléctrica a partir de la salinidad y sólidos disueltos en los procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación para la remoción de compuestos nitrogenados en aguas residuales*

domésticas. Corporación Universidad de la Costa. Recuperado de:

<https://hdl.handle.net/11323/10205>

Cárdenas León, J. A. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales*

(segunda edición ed.). Bogotá.

https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad_del_agua_para_estudiantes_de_cie/L2NtEAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+la+calidad+del+agua+pdf&pg=PA349&printsec=frontcover

Carrillo Barahona, W.E., Negrete Costales, J. H., Llor Lalvay, X. A., & Riera Guachichulca, E.

J. (2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. Polo del Conocimiento.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7926905.pdf>

Castillo, M., & Villavicencio, E. (2021). *Caracterización fisicoquímica de aguas residuales*

domésticas en zonas urbanas. Universidad Nacional de Ingeniería.

<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/2805>

Cely Calixto, N. J., Becerra Moreno, D., y Cárdenas Gutiérrez, J. A (2023). *Causas y*

consecuencias de la contaminación de las aguas superficiales. (primera edición ed.)

Colombia.

https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/6720/CAUSAS%20Y%20CONSECUENCIAS%20DE%20LA%20CONTAMINACION%20DE%20AGUAS%20SUPERFICIALES_E%20book.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chaparro Velez, S. A. (2020). *Determinación de la capacidad de autodepuración de un tramo*

del río Tunjuelo respecto al pH y la demanda biológica de oxígeno (DBO). Universidad

Católica de Colombia facultad de ingeniería programa de ingeniería civil. Bogotá.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/9ba38a9b-9094-4c12-a998-a7fe923d25f0/content>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *Tratamiento de Aguas Residuales: Una Solución para la Mitigación Climática y la Reducción de Metano*.

<https://www.cepal.org/es/notas/tratamiento-aguas-residuales-solucion-la-mitigacion-climatica-la-reduccion-metano>

Custodio, M., Chanamé, F., & Bulege, W. (2017). *Evaluación de la calidad del agua del río Cunas mediante índices fisicoquímicos y biológicos, Junín – Perú. Quintaesencia*

<https://revistas.unh.edu.pe/index.php/quintaesencia/article/view/71>

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

[Archivo PDF].

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM. (2010). *Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. [Archivo PDF].

<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/ds003-2010-minam.pdf>

DIGESA. (s.f.). *Parámetros organolépticos*. [Archivo PDF].

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

Equimar. (2024). *Parámetros operacionales en el tratamiento de aguas residuales*.

<https://www.equimar.mx/blog/parametros-operacionales-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Espigares García, M. y Pérez López, J. A. (s.f.). *Agua residuales composición*. [Archivo PDF].

https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Estela Perez, M. (2017). *Niveles de contaminación de las aguas residuales del centro*

poblado Huaca Blanca y su efecto en la calidad del agua del río Chancay [Tesis de título, Universidad Cesar Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/11187/estela_pm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores Alva, K. (s.f.). *Relación entre exceso de límites máximos permisibles y la configuración del daño ambiental en el sector minero*. [Archivo PDF].

<https://santivanez.com.pe/wp-content/uploads/2024/08/5.-Flores-K.-Relacion-entre-exceso-de-limites-maximos-permisibles-y-la-configuracion-del-dano-ambiental-en-el-sector-minero.pdf>

French, R. H. (2017). *Hidráulica de canales abiertos*. [Archivo PDF].

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/richard_french_hidraulica_canales_abiertos_-_hidroclic_compressed_compressed-comprimido.pdf

García Ortiz, J. E. (2019). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en la variación de oxígeno disuelto, temperatura y remoción de sólidos suspendidos totales en*

- Celendín – Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3378>
- Gomes Garcia, L. F. (s.f.). *Indicadores de calidad del agua*. [Archivo PDF].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6166/1/INDICADORES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20EXPOSIC.pdf>
- Hall, S., Khan, H. y Khan, A. A. (2016). *The canadian water quality index: a tool for water resources Management*. [Archivo PDF].
https://www.researchgate.net/publication/242689965_The_Canadian_water_quality_index_a_tool_for_water_resources_management
- Huayta Coaquira, M. L. (2019). *Efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cabanillas* [Tesis de título, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4767>
- Infante Zambrano, N. M. y Tacilla Culqui, T. J. (2019). *Influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cajamarquino - Llacanora, 2017* [Tesis de título, Universidad Privada Del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23611>
- Instituto del Agua. (2024). *Efectos de las aguas residuales en la salud humana: Un asunto de alto riesgo*.
<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/efectos-de-las-aguas-residuales-en-la-salud-humanaaguas-residuales/>
- Larrea Murrell, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N. M., & Heydrich Pérez, M. (2013). *Coliformes como indicadores microbiológicos de calidad del*

- agua y los alimentos*. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
<https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Lew, B., Tarre, S., Beliafski, M., Dosoretz, C. G., & Green, M. (2015). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a baja temperatura en reactores anaerobios*.
<https://www.academia.edu/15424800>
- Lima Huacho, L. M. (2020). *Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018* [Tesis de título, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8449>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*.
<https://www.elperulegal.com/2017/06/decreto-supremo-n-004-2017-minam.html>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2022). *Informe de diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/Informe%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20las%20PTAR.pdf>
- Ministerio de Salud (MINSA). (2008). *Guía técnica sanitaria para el uso seguro de aguas residuales tratadas en la agricultura*.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/29337>
- Metcalf, L., y Eddy, H. P. (2003). *Ingeniería de aguas residuales y tratamiento de aguas* (4ta ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Montes, A., & García, M. (2013). *Modificación de la capacidad de autodepuración del río Magdalena ante el cambio climático*. Tecnología y Ciencias del Agua.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v4n5/v4n5a5.pdf>

Moreno Barreto, J. S., & García-Vásquez, J. P. E. (2020). *Estudio de la capacidad de autodepuración en el río Tunjuelo*. Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/76fa1c97-cd34-401d-859e-1305ef2c197c>

OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Primera edición.

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=El%20OEFA%20ejerce%20funciones%20de,acuicultura%20de%20mayor%20escala%2C%20as%20C3%AD

ONU. (2019). *No dejar a nadie atrás*. [Archivo PDF].

<https://books.google.com.pe/books?id=z5KNDwAAQBAJ&printsec=frontcover&q=contaminacion+por+aguas+residuales+domésticas+en+el+mundo&hl=es&sa=&ved=2ahUKEwiDpsb9mrH8AhUpLrkGHVqtAPUQ6AF6BAgFEAI#v=onepageq&f=false>

Organización Panamericana de la Salud. (2001). *Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial*. CEPIS-OPS.

https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55266/OPSCEPISPUB02.85_spa.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Uso seguro de aguas residuales en la agricultura* [Manual técnico]. Recuperado de

https://collections.unu.edu/eserv/UNU%3A5957/SafeUseOfWastewaterInAgriculture_ESP.pdf

- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Baraona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., & Rivera Guachichullca, E. J. (2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. (edición núm. 56).
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7926905.pdf>
- Prats Rodríguez, J., Val Segura, R., Arbat Bofill, M., Martí Cardona, B., Ninyerola Chifoni, D., Armengol Bachero, J., Dolz Ripollés, J. (2015). *Trabajos de seguimiento de la temperatura del agua en el curso inferior del río Ebro (España)*.
https://www.researchgate.net/publication/280528875_Trabajos_de_seguimiento_de_la_temperatura_del_agua_en_el_curso_inferior_del_rio_Ebro_Espana
- Quiñones Huatangari, L., Milla Pino, M. E., Gamarra Torres, O. A., Salas López, R., & Bazán Correa, J. F. (2020). *Empleo del Modelo Streeter-Phelps para estimar el oxígeno disuelto del Río Utcubamba. Ecuadorian Science Journal*.
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/606/6062588020/6062588020.pdf>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2016). *Impacto ambiental del vertimiento de aguas sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo*. Revista Cubana de Ingeniería.
https://www.researchgate.net/publication/323556868_Impacto_ambiental_del_vertimiento_de_aguas_sobre_la_capacidad_de_autodepuracion_del_rio_Portoviejo
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8635432.pdf>
- Salazar Silva, R. (2010). *Historia de Sucre*.
<https://tingo.webnode.es/distrito-de-sucre2/>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua*. (primera edición ed.). Universidad de Medellín

https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad_del_agua/2fAYEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+calidad+de+agua+segun+autores+del+2020+pdf&printsec=frontcover

Solís Castro, Y., Zúñiga Zúñiga, L. A., & Mora Alvarado, D. (2017). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. [Archivo PDF].

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>

Structuralia. (2017). *Así es como se produce la autodepuración de los ríos. La autodepuración de las aguas*.

<https://blog.structuralia.com/como-se-produce-la-autodepuracion-de-los-rios>.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2023). *Tratamiento de aguas residuales creció a 83.38% al cierre del 2022*. Agencia Peruana de Noticias Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-sunass-tratamiento-aguas-residuales-crecio-a-8338-al-cierre-del-2022-955071.aspx>

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y reutilización*.

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TCHOBANOGLIOUS%20et%20al.%202003%20Wastewater%20Engineering.pdf

Torres Degro, A. (2011). *Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial*. Revista Electrónica.

https://rcm1.rcm.upr.edu/demografia/wp-content/uploads/sites/30/2020/04/CIDEvo2no1-A_Torres-Degro-Tasa_crecimiento_poblacional.pdf

Vásquez, R. A. (2017). *Caracterización de efluentes domésticos en sistemas de tratamiento primario sin aireación* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7597>

Zabaleta Villanueva, E. (2016). *Evaluación del porcentaje de remoción de materia orgánica en función a las características físicoquímicas del río Grande – distrito Celendín*. [Tesis de título, Universidad Nacional De Cajamarca].

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/1762>

Zelada Chaupe, E. (2022). *Plan de gobierno distrito de Sucre*.

<https://mpesije.jne.gob.pe/docs/ef545554-9b7c-4042-9095-434e82a1f360.pdf>

CAPITULO VII

ANEXOS

ANEXO I. Resultados del análisis de los parámetros.

PARÁMETROS	FECHA	PUNTOS DE MUESTREO		
		PM 001	PM 002	PM 003
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	22/06/2023	5.38	0.93	6.24
	28/06/2023	6.7	1.2	6.2
	06/07/2023	6.1	1.2	5.4
	13/07/2023	6.5	1.8	6.2
	20/07/2023	6.9	1.6	7.1
	26/07/2023	7.2	1	5.2
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	22/06/2023	<LCM	58.6	<LCM
	28/06/2023	<LCM	29.8	<LCM
	06/07/2023	<LCM	43.8	<LCM
	13/07/2023	<LCM	44.2	<LCM
	20/07/2023	<LCM	37.6	<LCM
	26/07/2023	<LCM	39.4	<LCM
pH	22/06/2023	8.09	7.36	7.89
	28/06/2023	8.05	7.41	7.98
	06/07/2023	8.07	7.41	8.05
	13/07/2023	8.13	7.54	8.14
	20/07/2023	8.19	7.56	8.15
	26/07/2023	8.2	7.72	8.04
TEMPERATURA (C°)	22/06/2023	13.4	18.6	19.0
	28/06/2023	12.4	17.0	16.6
	06/07/2023	15.6	16.9	17.4
	13/07/2023	13.5	16.2	14.4
	20/07/2023	14.6	17.0	15.8
	26/07/2023	13.7	16.7	15.7
CONDUCTIVIDA D ELÉCTRICA (μS/cm)	22/06/2023	399	669	459
	28/06/2023	394	604	409
	06/07/2023	405	626	417
	13/07/2023	411	596	430
	20/07/2023	416	628	434
	26/07/2023	421	716	451
COLIFORMES TERMOTOLERAN TES (NMP/100ml)	22/06/2023	410	810000	21000
	28/06/2023	540	920000	25000
	06/07/2023	540	980000	26000
	13/07/2023	390	190000	19000
	20/07/2023	450	230000	21000
	26/07/2023	540	190000	22000
LCM: límite de cuantificación del método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)				

ANEXO II. Cálculo del ICARHS

Puntos de monitoreo					PM-001 Antes del vertimiento de aguas residuales domésticas						PM-002 vertimiento de aguas residuales domésticas						PM-003 Después del vertimiento de aguas residuales domésticas					
Parámetros evaluados			ECA Cat.3		1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
			D1	D2																		
Fisico-químicos	Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4	≥5	5.38	6.7	6.1	6.5	6.9	7.2	0.93	1.2	1.2	1.8	1.6	1	6.24	6.2	5.4	6.2	7.1	5.2
	Demanda Bioq. Oxig (DBO5)	mg/L	15	15	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M	58.6	29.8	43.8	44.2	37.6	39.4	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M	<LC M
	pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	8.09	8.05	8.07	8.13	8.19	8.2	7.36	7.41	7.41	7.54	7.56	7.72	7.89	7.98	8.05	8.14	8.15	8.04
	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2 500	5 000	399	394	405	411	416	421	669	604	626	596	628	716	459	409	417	430	434	451
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP /100 ml	1000-2000	1000	410	540	540	390	450	540	810 000	920 000	980 000	190 000	230 000	1900 00	2100 0	2500 0	2600 0	1900 0	2100 0	2200 0
Número de parámetros que NO cumplen el ECA					0						3						1					
Número Total de parámetros a evaluar					5						5						5					
Número de datos que NO cumplen el ECA					0						18						6					
Número Total de datos					30						30						30					

ANEXO III. Cálculo del ICARHS

Cálculo de los factores del ICA excedentes de cada parámetro en cada monitoreo																					
F1				00.00						0.60						0.20					
F2				0.00						0.60						0.20					
PARAMETROS EVALUADOS		ECA Cat.3		PM-001 Antes del vertimiento de aguas residuales domésticas						PM-002 Vertimiento de aguas residuales domesticas						PM-003 Después del vertimiento de aguas residuales domesticas					
		D1	D2	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4	≥5							3.30	2.33	2.33	1.22	1.5	3.0						
Demanda Bioq. Oxig (DBO5)	mg/L	15	15							2.91	0.99	1.92	1.95	1.51	1.63						
pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4																		
Conductividad eléctrica	μS/cm	2 500	5 000																		
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100ml	1000- 2000	1000							809	919	979	189	229	189	20	24	25	18	20	21
Sumatoria de los excedentes				0.00						111.29						4.27					
F3				0.00						99.11						81.01					
ICA-PE				100.00						42.78						53.23					
				Excelente						Pésimo						Malo					

ANEXO IV. Panel fotográfico de la ejecución de la investigación.



Localización de los puntos de muestreo



Rotulación de recipientes



Toma de muestras para laboratorio



Toma de muestras para determinar parámetros con multiparámetro



Determinación de parámetros in situ mediante el multiparámetro



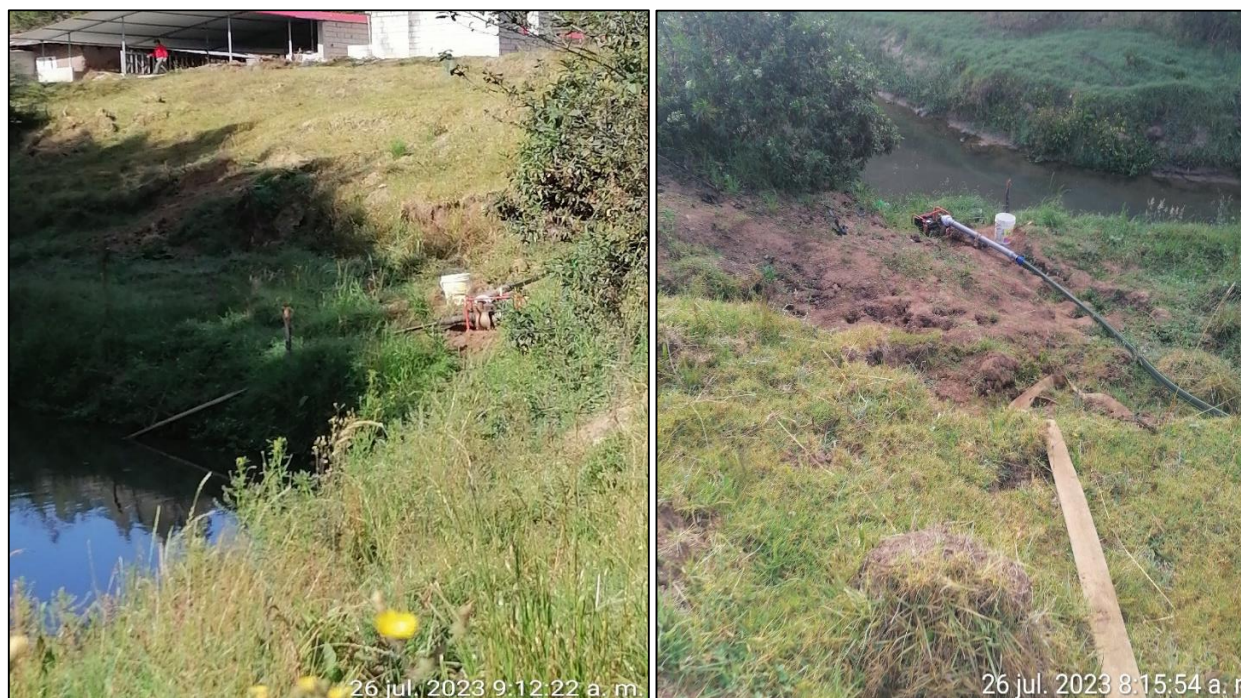
Medida del tramo para calcular el caudal del río



Determinación de la velocidad para el cálculo del caudal del río



Medición del tirante del agua



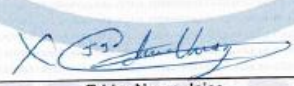


Riego con aguas residuales doméstica directamente del punto de mezcla



Riego con aguas residuales domésticas por un poblador

ANEXO III. Informes emitidos por el Laboratorio Regional del Agua

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Laboratorio Acreditado Registro N° LE - 084	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 06230460			
DATOS DEL CLIENTE			
Razón Social/Nombre	DEYSI GIL SANCHEZ		
Dirección	-		
Persona de contacto	DEYSI GIL SANCHEZ	Correo electrónico	deysigs0897@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	22.06.23	Hora de Muestreo	8:37 a 10:50
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Sucre- Celendin		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-467	Cadena de Custodia	CC - 0460 - 23
Fecha y Hora de Recepción	22.06.23	15:34	Inicio de Ensayo 22.06.23 15:40
Reporte Resultado	05.07.23	16:00	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 05 de julio de 2023			
Página: 1 de 4			
<small> "LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe 559990 anexo 11-63 </small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230460

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Rio El Común		Rio El Común	Rio El Común	-	-	-	-
Código Laboratorio	06230460-01		06230460-02	06230460-03	-	-	-	-
Matriz	Natural		Residual	Natural	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Rio		Doméstica	Superficial- Rio	-	-	-	-
Localización de la Muestra	50 metros antes del vertimiento		Vertimiento de aguas residuales	801 metros después del vertimiento	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	<LCM	58.6	<LCM	-	-	-

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 05 de julio de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230460

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	Río El Común		Río El Común	Río El Común	-	-	-	-
Código Laboratorio	06230460-01		06230460-02	06230460-03	-	-	-	-
Matriz	Natural		Residual	Natural	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Río		Doméstica	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra	50 metros antes del vertimiento		Vertimiento de aguas residuales	861 metros después del vertimiento	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	410	81 x 10 ⁴	21 x 10 ³	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 05 de julio de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230460

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ / L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

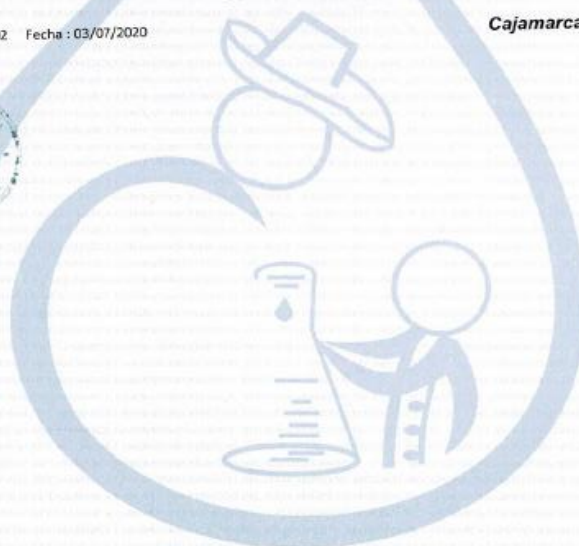
NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 05 de julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 4 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230499

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DEYSI GIL SANCHEZ**
Dirección **-**
Persona de contacto **DEYSI GIL SANCHEZ** Correo electrónico **deysigs0897@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **28.06.23** Hora de Muestreo **8:10 a 9:40**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **Sucre- Celendin**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-467** Cadena de Custodia **CC - 0499 - 23**
Fecha y Hora de Recepción **28.06.23 15:52** Inicio de Ensayo **28.06.23 16:10**
Reporte Resultado **11.07.23 15:30**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 11 de julio de 2023

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230499

ENSAYOS			Fisicoquímicos			
Código de la Muestra	Rio El Común 50 metros antes vertimiento	Rio El Común en el vertimiento	Rio El Común 661 metros después vertimiento	-	-	-
Código Laboratorio	06230499-01	06230499-02	06230499-03	-	-	-
Matriz	Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción	Superficial- Rio	Doméstica	Superficial- Rio	-	-	-
Localización de la Muestra	Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	<LCM	29.8	<LCM	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 11 de julio de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230499

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	Río El Común 50 metros antes vertimiento		Río El Común en el vertimiento	Río El Común 861 metros después vertimiento	-	-	-	-
Código Laboratorio	06230499-01		06230499-02	06230499-03	-	-	-	-
Matriz	Natural		Residual	Natural	-	-	-	-
Descripción	Superficial- Río		Doméstica	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Sucre		Sucre	Sucre	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	540	92 x 10 ⁴	25 x 10 ³	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 11 de julio de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06230499

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 11 de julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 4 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230565

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DEYSI GIL SANCHEZ**

Dirección **-**

Persona de contacto **DEYSI GIL SANCHEZ** Correo electrónico **deysigs0897@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **06.07.23** Hora de Muestreo **8:15 a 9:45**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **03**

Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **Celendin- Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-467** Cadena de Custodia **CC - 0565 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **06.07.23 16:52** Inicio de Ensayo **06.07.23 17:10**

Reporte Resultado **17.07.23 17:00**



Edder Neyra Jaico
Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 17 de Julio de 2023

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°
IE 07230565

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			Rio El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Rio El Común en el vertimiento de ARD	Rio El Común 861 metros después vertimiento- ARD	-	-	-
Código Laboratorio			07230565-01	07230565-02	07230565-03	-	-	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción			Superficial- Rio	Domestica	Superficial- Rio	-	-	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2,6	<LCM	43,8	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 17 de Julio de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°

IE 07230565

ENSAYOS			Microbiológicos			
Código de la Muestra	Rio El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Rio El Común en el vertimiento de ARD	Rio El Común 851 metros después vertimiento- ARD	-	-	-
Código Laboratorio	07230565-01	07230565-02	07230565-03	-	-	-
Matriz	Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción	Superficial- Rio	Doméstica	Superficial- Rio	-	-	-
Localización de la Muestra	Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	540	98×10^4	26×10^3	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.6, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 17 de Julio de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°

IE 07230565

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ / L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulados por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 17 de Julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 4 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230649

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DEYSI GIL SANCHEZ**

Dirección **-**

Persona de contacto **DEYSI GIL SANCHEZ** Correo electrónico **deysigs0897@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **13.07.23** Hora de Muestreo **8:10 a 9:27**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **03**

Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la Muestra: **Sucre- Celendín**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-467** Cadena de Custodia **CC - 0649 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **13.07.23 14:45** Inicio de Ensayo **13.07.23 15:00**

Reporte Resultado **24.07.23 16:50**



X

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 24 de julio de 2023

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230649

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			Río El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Río El Común en el vertimiento de ARD	Río El Común 661 metros después vertimiento- ARD			
Código Laboratorio			07230649-01	07230649-02	07230649-03	-	-	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Doméstica	Superficial- Río	-	-	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	<LCM	44.2	<LCM	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 24 de julio de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230649

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Río El Común 50 metros antes vertimiento - ARD	Río El Común en el vertimiento de ARD	Río El Común 861 metros de spués vertimiento - ARD	-	-	-
Código Laboratorio			07230649-01	07230649-02	07230649-03	-	-	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Doméstica	Superficial- Río	-	-	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	390	19 x 10 ⁴	19 x 10 ³	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 24 de julio de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230649

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ / L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (†) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 24 de julio de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 4 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°
IE 07230748

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DEYSI GIL SANCHEZ**
Dirección **-**
Persona de contacto **DEYSI GIL SANCHEZ** Correo electrónico **deysigs0897@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **20.07.23** Hora de Muestreo **8:18 a 9:20**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Sucre- Celendin**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-467** Cadena de Custodia **CC - 0748 - 23**
Fecha y Hora de Recepción **20.07.23 14:39** Inicio de Ensayo **20.07.23 15:05**
Reporte Resultado **02.08.23 16:50**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA
Cajamarca, 02 de Agosto de 2023

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°
IE 07230748

ENSAYOS			Físicoquímicos			
Código de la Muestra			Río El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Río El Común en el vertimiento de ARD	Río El Común 861 metros después vertimiento- ARD	-
Código Laboratorio			07230748-01	07230748-02	07230748-03	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-
Descripción			Superficial- Río	Doméstica	Superficial- Río	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	37.6	<LCM	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 02 de Agosto de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N°

IE 07230748

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Río El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Río El Común en el vertimiento de ARD	Río El Común 861 metros después vertimiento- ARD	-	-	-
Código Laboratorio			07230748-01	07230748-02	07230748-03	-	-	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Doméstica	Superficial- Río	-	-	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1.8	450	23 x 10 ¹	21 x 10 ²	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 02 de Agosto de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230748

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 02 de Agosto de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 4 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230787

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DEYSI GIL SANCHEZ**

Dirección **-**

Persona de contacto **DEYSI GIL SANCHEZ** Correo electrónico **deysigs0897@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **26.07.23** Hora de Muestreo **8:20 a 9:33**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **03**

Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **Sucre-Celendín**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-467** Cadena de Custodia **CC - 0787 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **26.07.23 14:45** Inicio de Ensayo **26.07.23 15:05**

Reporte Resultado **08.08.23 16:00**



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 08 de agosto de 2023

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230787

ENSAYOS			Fisicoquímicos			
Código de la Muestra	Rio El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Rio El Común en el vertimiento de ARD	Rio El Común 861 metros después vertimiento- ARD	-	-	-
Código Laboratorio	07230787-01	07230787-02	07230787-03	-	-	-
Matriz	Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción	Superficial- Rio	Doméstica	Superficial- Rio	-	-	-
Localización de la Muestra	Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	<LCM	39.4	<LCM	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 08 de agosto de 2023

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230787

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Río El Común 50 metros antes vertimiento- ARD	Río El Común en el vertimiento de ARD	Río El Común 861 metros después vertimiento- ARD	-	-	-
Código Laboratorio			07230787-01	07230787-02	07230787-03	-	-	-
Matriz			Natural	Residual	Natural	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Doméstica	Superficial- Río	-	-	-
Localización de la Muestra			Sucre	Sucre	Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	540	19 x 10 ⁴	22 x 10 ³	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 08 de agosto de 2023

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07230787

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SM 9141-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 08 de agosto de 2023



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Página: 4 de 4


EXCELLENCE IN TECHNOLOGY Since 1971
ISO 9001 Certified
Extech Instruments Corporation • 285 Bear Hill Road • Waltham, MA 02451-1064

Certificate of Calibration

Certificate Number: 238850
Page: 1 of 3

Customer Details:

Customer Name: ARMOTEC S.A.C.

Customer Number: 09986

Instrument Details:

Manufacturer: Extech Instruments Corporation **Date Received:** October 03, 2022

Description: Dissolved Oxygen Kit **Calibration Date:** October 07, 2022

Model Number: DO007 **Calibration Due:** October 07, 2023

Serial Number: 9395006712 **Interval:** 12 months

ID Number: N/A **As Received:** In Tolerance

Environmental Details:

Temperature: 21°C ± 5°C **Relative Humidity:** 40% ± 15%

Procedures Used:

Checking Procedure: DO007 dated Enero 2018 - QC.

Calibration Procedure: None used

Certification

Extech Instruments certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ISO10012-1 and ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech Instruments Corporation. All the calibration standards used have an accuracy of 4:1 or better, unless otherwise stated.

Technician's Notes:

Technician: Patrick McGrath

Approved By:
Robert Godzwon
Calibration Lab Manager