

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CANTANGE MEDIANTE LA PRESENCIA DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU RELACIÓN CON LOS  
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN TEMPORADA SECA Y LLUVIOSA**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**CARLOS ALBERTO YNFANTE VALLE**

**ASESOR:**

**ING. M. CS. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI**

**CAJAMARCA - PERÚ**

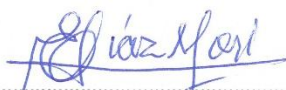
**2025**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**CARLOS ALBERTO YNFAnte VALLE**  
DNI: N° 75939436  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**DE INGENIERÍA AMBIENTAL**
2. Asesor:  
**Ing. M. Cs. EDAGAR DARWIN DÍA MORI**  
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 de Trabajo de Investigación:  
**CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CANTANGE MEDIANTE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TEMPORADA SECA Y LLUVIOSA.**
6. Fecha de evaluación: 04/11/2024
7. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 12%
9. Código Documento :
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17/02/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Ing. M. Cs. EDAGAR DARWIN DÍA MORI</b> DNI: 27041767



**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



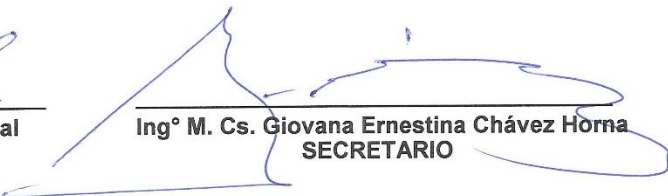
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Celendín, a los treinta días del mes de enero del año dos mil veinticinco, se reunieron en el aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 699-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de diciembre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CANTANGE MEDIANTE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EN TEMPORADA SECA Y LLUVIOSA"**, realizada por el Bachiller **CARLOS ALBERTO YNFANTE VALLE** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIEZ** horas con **TREINTA Y CINCO** 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 **ONCE** horas y **CINCUENTA** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
**Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal**  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna**  
**SECRETARIO**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. M. Cs. Adolfo Máximo Lopez Aylas**  
**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**ING° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori**  
**ASESOR**

COPYRIGHT © 2024 by  
CARLOS ALBERTO YNFANTE VALLE  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

A mi madre Cemira Valle Caman, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido la base de todo mi esfuerzo y dedicación en este proyecto. A mis amigos y colegas, por su aliento y valiosas contribuciones a lo largo del proceso. Y al Ing. M. Cs. Edgar Diaz Mori, por su orientación y sabiduría que han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Esta tesis es un reflejo de todo lo aprendido y crecido gracias a ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. M. Cs. Edgar Diaz Mori, por su inigualable guía, apoyo y paciencia durante todo el desarrollo de esta investigación. Sus valiosos consejos y conocimientos han sido fundamentales para la culminación de este proyecto.

Mi gratitud se extiende para mis compañeros de estudio, por su compañerismo y por los valiosos intercambios de ideas que han sido cruciales para el avance de esta tesis.

A mis amigos y familiares, en especial a mi madre Cemira Valle Caman, por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia durante los momentos más intensos del proceso. Su ánimo y motivación me han dado la fuerza para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca sede Celendín por proporcionarme los recursos y el ambiente necesario para llevar a cabo esta investigación, sin su apoyo, este proyecto no hubiera sido posible.

A todos Ustedes, mi más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1.    Antecedentes.....	3
2.2.    Bases teóricas.....	7
2.2.1. <i>Calidad del agua</i> .....	7
2.2.2. <i>Macroinvertebrado bentónico</i> .....	9
2.2.3. <i>Clave taxonómico de los macro-invertebrados bentónicos</i> .....	11
2.2.4. <i>Índices bióticos para el análisis de la calidad del agua</i> .....	15
2.2.5. <i>Regresión lineal</i> .....	18
2.3.    Definición de términos básicos .....	20
CAPÍTULO III.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1.    Localización de la investigación .....	22
3.2.    Materiales y equipos .....	26
3.3.    Metodología.....	27
3.4.    Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.4.1. <i>Medición de los parámetros de campo</i> .....	27
3.4.2. <i>Toma, preservación y envío a laboratorio de los parámetros a monitorear</i> .....	28
3.4.3. <i>Identificación de macroinvertebrados bentónicos</i> .....	29
3.4.4. <i>Cálculos de los índices bióticos</i> .....	30
3.4.5. <i>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</i> .....	33
CAPÍTULO IV.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.    Identificación de macroinvertebrados bentónicos en el río Cantange .....	34
4.1.1. <i>Índices de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT)</i> .....	42

4.1.2. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange .....	44
4.1.3. Índice Average Score per Taxon (ASPT) obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange.....	47
4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	49
4.2.1. Temperatura.....	50
4.2.2. Conductividad eléctrica.....	53
4.2.3. Potencial de hidrogeno (pH).....	55
4.2.4. Nitrato.....	58
4.2.5. Sulfato.....	60
4.2.6. Oxígeno disuelto.....	63
4.2.7. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	66
4.2.8. Caudal.....	69
4.3. Relación de los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange.....	71
CAPÍTULO V.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
Conclusiones.....	78
Recomendación.....	79
CAPÍTULO VI.....	80
REFERENCIAS.....	80
CAPÍTULO VII.....	89
ANEXOS.....	89
Anexo 1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	89
Anexo 2. Panel fotográfico de toma de muestras.....	93
Anexo 3. Familias de macroinvertebrados colectados.....	96
Anexo 4. Taxonomía de los macroinvertebrados.....	100
Anexo 5. Informes de los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio regional de Cajamarca.....	101
Anexo 6. Certificado de calibración de multiparámetro HANNA INSTRUMENTS HI98129.....	107



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 Puntaje de macroinvertebrado acuáticos para el índice BMWP/Col. ....	16
TABLA N° 2 Índices bióticos para evaluar la calidad de agua, según valores .....	17
TABLA N° 3 Ubicación de los puntos de monitoreo .....	22
TABLA N° 4 Descripción de los puntos de monitoreo .....	23
TABLA N° 5 Índice de Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT).....	31
TABLA N° 6 Clasificación de las aguas e interpretación según el ASPT .....	32
TABLA N° 7 Índice Biological Monitoring Working Part (BMWT) .....	33
TABLA N° 8 Macroinvertebrados encontrados en época seca en los diferentes puntos de monitoreo.....	35
TABLA N° 9 Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en los diferentes puntos de monitoreo.....	37
TABLA N° 10 Porcentaje de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT) en época seca	42
TABLA N° 11 Porcentaje de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT) en época lluviosa .....	43
TABLA N° 12 Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) en época seca.	44
TABLA N° 13 Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) en época lluviosa .....	46
TABLA N° 14 Índice ASPT (Average Score per Taxon) en época seca.....	47
TABLA N° 15 Índice Average Score per Taxon (ASPT) en época lluviosa .....	48
TABLA N° 16 Parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo en época seca .....	49
TABLA N° 17 Parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo en época lluviosa ....	49
TABLA N° 18 Comparativo de los índices biológicos calculados en época seca y época lluviosa .....	71
TABLA N° 19 Determinación de la relación de los componentes fisicoquímicos con macroinvertebrados bentónicos .....	73
TABLA N° 20 Determinación de la variable constante y mas influyente .....	73
TABLA N° 21 Parámetros excluidos en el análisis de regresión lineal múltiple .....	73
TABLA N° 22 Regresión lineal para los parámetros fisicoquímicos y la presencia de los macroinvertebrados .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Ubicación del trabajo de investigación. ....	25
Figura N° 2 Macroinvertebrados bentónicos identificados en los puntos de monitoreo del río Cantange en época seca y lluviosa .....	40
Figura N° 3 Temperatura de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa .....	50
Figura N° 4 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la temperatura.....	52
Figura N° 5 Conductividad eléctrica de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa ...	53
Figura N° 6 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la conductividad eléctrica .....	55
Figura N° 7 Potencial de hidrogeno de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa ....	55
Figura N° 8 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al pH .....	57
Figura N° 9 Nitrato de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa.....	58
Figura N° 10 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a los nitratos.....	60
Figura N° 11 Sulfato de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa.....	60
Figura N° 12 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a los sulfatos .....	62
Figura N° 13 Oxígeno disuelto de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa .....	63
Figura N° 14 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al oxígeno disuelto.	65
Figura N° 15 Demanda bioquímica de oxígeno de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa .....	66
Figura N° 16 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la demanda bioquímica de oxígeno.....	68
Figura N° 17 Caudal de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa.....	69
Figura N° 18 Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al caudal. ....	71
Figura N° 19 Coeficiente de determinación .....	75

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Cantange mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en ocho puntos de muestreo en época seca y de lluvia. Para determinar la calidad del agua se calcularon los índices de sensibilidad como Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y Average Score per Taxon (ASPT), además, se analizaron las propiedades fisicoquímicas de temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, nitratos, sulfatos, DBO, caudal; según los resultados, se identificaron un total de 332 individuos de macroinvertebrados, distribuidos en 3 clases, 9 órdenes y 24 familias; asimismo, según el índice EPT, BMWP/Col y ASPT clasifican a la calidad del agua del río Cantange, en la mayoría de puntos como dudosa y aceptable para ambas épocas. Los parámetros fisicoquímicos, se encuentran dentro de los estándares estipulados en el D.S. N°004-2017.MINAM, ECA para agua, categoría 4 (conservación del ambiente acuático); para la subcategoría E2 ríos (costa y sierra). Según el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) ajustado con un valor de 0.765 determina una correlación positiva directamente proporcional y alta entre la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos, asimismo se determinó estadísticamente que el oxígeno disuelto es el parámetro más influyente con una significancia de 0.003, concluyendo que la presencia de los macroinvertebrados bentónicos se ven influenciados por los parámetros fisicoquímicos del agua.

**Palabras claves:** Índice biótico, macroinvertebrados, calidad de agua, parámetros fisicoquímicos.

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine the water quality of the Cantange River through the presence of benthic macroinvertebrates and its relationship with physicochemical parameters, at eight sampling points in the dry and rainy season. To determine the quality of the water, sensitivity indices such as Ephemeroptera Plecoptera and Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) and Average Score per Taxon (ASPT) were calculated; in addition, the physicochemical properties of temperature, conductivity and electrical, pH, dissolved oxygen, nitrates, sulfates, BOD, flow; According to the results, a total of 332 individuals of macroinvertebrates were identified, distributed in 3 classes, 9 orders and 24 families; Likewise, according to the EPT index, BMWP/Col and ASPT classify the water quality of the Cantange River, in most points as doubtful and acceptable for both periods. The physicochemical parameters are within the standards stipulated in the D.S. N°004-2017.MINAM, ECA for water, category 4 (conservation of the aquatic environment); for subcategory E2 rivers (coast and mountains). According to the coefficient of determination ( $R^2$ ) adjusted with a value of 0.765, it determines a directly proportional and high positive correlation between the presence of benthic macroinvertebrates and the physicochemical parameters. It was also statistically determined that dissolved oxygen is the most influential parameter with a significance of 0.003, concluding that the presence of benthic macroinvertebrates is influenced by the physicochemical parameters of the water.

**Keywords:** Biotic index, macroinvertebrates, water quality, physicochemical parameters.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los ríos son uno de los tipos de ecosistemas más afectados por las actividades humanas (Naiman & Turner, 2019), son empleados por el hombre como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos, produciendo una degradación histórica de estos ecosistemas (Alonso y Camargo, 2018; Torralba y Ocharan, 2017). El sistema natural de la cuenca es alterado por la actividad humana, cambiando la composición de especies, la regularidad de los ciclos materiales, los flujos de energía y con ello el equilibrio del sistema. En Colombia, las cuencas están sufriendo una transformación importante porque sustentan las actividades del sistema, son fuentes de recursos naturales y reciben desechos de fuentes agrícolas, industriales y urbanas. (Roldan, 2016)

La intensidad de las actividades socioeconómicas impacta en la calidad y funcionamiento del recurso hidrológico, alterando su dinámica; por lo tanto, determinar los efectos de estas actividades productivas por separado es cada vez más difícil debido al grado de transformación; la agricultura, ganadería, la extracción de materiales y la floricultura son actividades que tienen lugar al deterioro de la calidad del agua. (Gutiérrez, 2016, p. 32)

El estudio de los aspectos biológicos y ecológicos de las aguas continentales, o biomonitoreo, basado en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, particularmente aquellos que muestran sensibilidad o tolerancia a condiciones ambientales particulares, es uno de los métodos más efectivos para evaluar cambios ambientales tales como: las características fisicoquímicas de la calidad de las aguas continentales, los tipos de plantas y animales que se asocian a ellas, así como cuál es el estado actual de estos ecosistemas. (Barbosa et al., 2016, p.7)

Con respecto al río Cantange, sus aguas son utilizadas para piscigranjas y para la agricultura, es decir para el riego de los sembríos de maíz, plátano, palta, taya, naranja, mango, mandarina. En el río Cantange se encuentra la bocatoma de la central hidroeléctrica de Cantange. En estas áreas no se ha realizado un monitoreo permanente, debido a la falta de interés de las entidades fiscalizadoras, corriendo el riesgo que la calidad de agua no sea aceptable para ser utilizada en las diferentes actividades agrícolas o pueda afectar a los ecosistemas.

Con la presente investigación, se tuvo como intención determinar la calidad del agua del río Cantange mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos y su relación con los parámetros fisicoquímicos. Además, se tiene como objetivos específicos: identificar a los macroinvertebrados bentónicos en el agua del río Cantange y calcular los índices bióticos de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT), el índice Average Score per Taxon (ASPT) y el índice BMWP. Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Cantange y el grado de relación entre los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes

Según Ayala et al. (2019) en su investigación donde buscaron determinar la calidad de agua del río Frio utilizando como indicadores los macro invertebrados bentónicos, recolectando 687 individuos, agrupados en 25 especies, correspondientes a 24 familias y estas, a su vez, pertenecientes a 12 órdenes. La familia Lymnaeidae fue la que mayor abundancia presentó con 268 individuos de los 687 encontrados (39 %). Los resultados permiten aceptar la hipótesis nula y, por lo tanto, determinar que no existe una diferencia significativa entre las tres temporadas en que se llevaron a cabo los muestreos (seca, transición y lluviosa) y el resultado de los índices. Esto afirma una independencia entre las variables, lo que quiere decir que la temporada climática no hace que los resultados de los índices sean estadísticamente diferentes. (p.41)

Por su parte, Bueñaño et al. (2018), en su investigación que tomo a los Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador, en un río altoandino (microcuenca del Pachanlica), en la Provincia de Tungurahua, recolectó un total de

3023 especímenes de macroinvertebrados, de los cuales 1669 especímenes fueron recolectados durante abril-diciembre 2010 y 1 354 en enero-junio 2011. Los valores del índice BMWP observados variaron entre 2 y 34 y desde 0 y 36, durante el primer y segundo período, respectivamente que permiten considerar las aguas en condición muy crítica y crítica. Por otra parte, basados en los valores del índice EPT, los cuales variaron desde 0 a 4,82 (primer período) y desde 0 a 16,81 % (segundo período), el agua de la cuenca Pachanlica podría categorizada como de mala calidad. La relativa poca abundancia de los macroinvertebrados podría tener relación con los parámetros físico-químicos del agua, principalmente con la concentración de amonio; sin embargo, se requieren estudios más detallados. (p.41)

También Montoya Mora (2021), obtuvo como resultados la presencia de 212 individuos, pertenecientes a bosque (47.16%), agrícola (35.37%) y urbano (17.45%). El conjunto de individuos identificados se agrupa en 12 órdenes, 21 familias y 29 géneros. Los géneros *Ishnura*, *Mayobaetis*, *Leptohyphes* y *Diplonuchus* evidenciaron mayor identificación, mientras que *Diplonuchus* y *Ecuaphlebia* fueron más abundantes. Se observa la existencia de una relación directa entre los usos de suelo con mayor nivel de contaminación y la identificación de macroinvertebrados. (p.41)

Para Quilca y Avila (2021), obtuvo como resultado de los parámetros evaluados, de OD, DBO, coliformes y *S. coli*, llegando a no cumplir con la normativa peruana, además se identificaron un total de 2413 macroinvertebrados distribuidos en 7 clases, 14 órdenes y 25 familias, siendo el más diverso y con mayor rango de distribución la orden Díptera en ambas temporadas, por otro lado, los índices bióticos evaluaron resultados relevantes sobre la calidad de las aguas del río Shullcas que va de muy buena a crítica, finalmente se determinó que el sector



alto del río fue la mayor diversidad estimada de macroinvertebrados bentónicos según los índices de riqueza y abundancia. (p.11)

Por su parte Chauca Ayquipa (2022), según sus resultados muestran que las aguas del río Mariño están siendo alteradas en su condición fisicoquímica según los indicadores de contaminación OD, DBO, DQO, aceites y grasas, que sobrepasan los ECA para la categoría 4 conservación de ambientes acuáticos. En cuanto a los macroinvertebrados se reporta la identificación de 4 Clases, 8 Órdenes y 22 Familias, estableciéndose que la calidad de agua, basado en la aplicación del índice nPeBMWP, muestra que en los meses de junio - agosto el agua presenta una condición de aguas muy contaminadas, mientras que entre los meses de septiembre - diciembre la calidad es de aguas extremadamente contaminadas concluyéndose así que el monitoreo con parámetros fisicoquímicos proyectan los mismos resultados que los parámetros biológicos. (p.14)

Por su lado Rodríguez et al (2021), en su investigación de Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas Altoandinas, la Libertad-Perú, determinó que en la Laguna El Toro tuvo pH (6,4), nitrógeno total (1,26 mg/L) y plomo (0,0104 mg/L); Laguna Los Ángeles registró un pH (4,9), nitrógeno total (1,26 mg/L) y plomo (0,00583 mg/L). Por lo que se concluye que la calidad biológica del agua de las lagunas El Toro y Los Ángeles mediante el índice biótico BMWP y el ABI son similares; siendo aguas muy contaminadas - mala calidad (temporada seca) y moderadamente contaminada-regular (temporada lluviosa) en la Laguna El Toro; así como moderadamente contaminada-regular (temporada seca) y ligeramente contaminada-buena (temporada lluviosa) en la Laguna Los Ángeles, durante el periodo de monitoreo. (p.92)

Para Purihuamán y Sánchez (2022) quienes establecieron dos estaciones en un sector del río Chotano, determinó que en la estación 1 se colectaron en promedio 710 ind/m<sup>2</sup> distribuidos en 23 taxones de las órdenes díptera, efemeróptera y tricóptera y en la estación 2 se colectaron 16790 ind/m<sup>2</sup>, con 6 taxones de los órdenes haplotaxida y díptera, siendo las especies indicadores de polución orgánica, *Chironomus* sp, *Tubifex* sp y *Psychoda* sp, presentes mayormente en la estación 2. Los índices promedios más altos en la estación 1 a comparación de la estación 2 fueron, IBMWP con 60 puntos indicador de calidad de agua dudosa, moderadamente contaminada y 11 puntos, indicador de calidad muy crítica fuertemente contaminada, la diversidad de Shannon – Wiener 1,33 y 0,30 indicador de aguas con poca diversidad, la equidad de Pielou 0,50 muestran poblaciones más estables y 0,20 menos estables. Llegando a la conclusión que los macroinvertebrados como indicador de contaminación orgánica, es importante, porque permite evaluar la calidad del agua. (p.118)

Según Herrera et al. (2019), quienes evaluaron la calidad biológica del agua de la quebrada Miraflores en el distrito de Chirinos, San Ignacio a través de la distribución y diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, indicando que la calidad del agua de la quebrada es uniforme presentándose un puntaje en el rango 73-94 nPeBMWP que indica calidad de agua aceptable, pero con signos de estrés y caracterizando a E-1 como la zona de menor contaminación y que la diversidad de macroinvertebrados bentónicos es uniforme presentándose en un rango de mediana a alta diversidad según ShannonWeaver y Simpson. (p.11)

Para Carranza Rivera (2019), en su investigación de variabilidad espacial de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en un gradiente

longitudinal del río Chotano, determinó existe alteración de la calidad fisicoquímica de las aguas del río Chotano en el parámetro de nitratos, específicamente en la estación de muestreo número dos que corresponde al río Colpamayo, según los ECA-agua evaluados. Así también a escala espacial, el gradiente longitudinal y altitudinal tiene una elevada importancia en las características del medio y la composición físico-química del recurso hídrico en cada una de los puntos de monitoreo estudiadas, influyendo en los patrones de riqueza, abundancia y distribución de los macroinvertebrados bentónicos. (p.13)

También Jáuregui Araujo (2019), en su investigación caracterizó las aguas del río Sendamal en los distritos de Sucre, Sorochuco y Huasmín en la provincia de Celendín, Cajamarca, Perú, en nueve estaciones de monitoreo, determinando que los individuos encontrados pertenecieron a 3 clases, 10 órdenes y 30 familias, el índice EPT, muestra que en las dos épocas de monitoreo el río Sendamal con una calidad de agua moderadamente impactada; el índice BMWP/ col, muestra una agua de aceptable calidad, mientras que en la época lluviosa califica como dudosa calidad; según los resultados del índice ABI, en los promedios de época seca presenta una buena calidad de agua, mientras que la época lluviosa presentó una clasificación de calidad moderada. (p.15)

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad del agua**

Según la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, las condiciones de las características físicas, químicas y biológicas del agua, ya sea en su estado original o después de haber sido alteradas por la acción humana, son las que determinan la calidad del agua. La calidad del agua, en general, se determina comparando las características

físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares (Roldan, 2016, p. 45)

Por otro lado, la calidad del agua puede definirse a partir de una serie de parámetros cualitativos y cuantitativos, tanto físicos, químicos como biológicos y dicha calidad está en función al uso que se le vaya a dar al agua: bebida, recreación, riego, otros. Por otro lado, la calidad de las aguas no solo se define en función de los usos humanos sino también en función de la biocenosis original del ecosistema. (Asueta, Súnico, Martín, & Sierpe, 2019)

Por tanto, la evaluación de calidad de agua es vista como el proceso completo de la evaluación de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos y usos adecuados, particularmente los usos que pueden afectar la salud humana y la salud del sistema acuático (Sierra Ramírez, 2011). Se utilizan una serie de parámetros o índices para medir la calidad del agua, proporcionando una gran cantidad de información sobre sus usos, así como el grado en que se han alterado sus características naturales, los cuales se agrupan en los siguientes:

**a) Parámetros físicos**

Son las que especifican las características del agua que se relacionan con los sentidos de la vista, el tacto, el gusto y el olfato, como pueden ser los sólidos suspendidos, turbidez, color, sabor, olor, conductividad y resistividad. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011)

**b) Parámetros químicos**

El agua es llamada el solvente universal, y los parámetros químicos se relacionan con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias,

entre las cuales podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes. (OMS, 2011)

### **c) Parámetros biológicos.**

También conocidos como indicadores biológicos de la calidad o contaminación del agua, miden la cantidad de organismos vivos presentes en el agua, tanto microscópicos (algas, hongos, bacterias y virus) como organismos más grandes (insectos, animales y larvas de plantas), la identificación o ausencia de la cual indica el grado de contaminación. Algunos de estos organismos pueden ser beneficiosos para la regeneración de las aguas, pero también pueden transmitir enfermedades. (Sierra Ramírez, 2011)

#### **2.2.2. Macroinvertebrado bentónico**

Los Macroinvertebrados acuáticos “son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes” (Segnini, 2003, p. 48).

Palma (2013) da a conocer que, el término macroinvertebrados o macrozoobentos significa grande y bentos (fondo), es decir son aquellos animales invertebrados de tamaño relativamente grande, mayor a 500  $\mu\text{m}$  (0,5 mm) y comúnmente visibles al ojo humano, viven en el fondo del lecho del río, lagos y lagunas sobre piedras, materia orgánica y palos. En lagos y ríos el 70 % de ellos corresponden a grandes grupos de artrópodos como son los crustáceos e insectos, siendo las formas larvarias de insectos las más

abundantes como los Díptera, Coleóptera, Plecóptera, Ephemeroptera y Trichoptera.

Así, una muestra de estas comunidades acuáticas ofrecer más información sobre la contaminación o la calidad general del agua a través de un periodo más largo de tiempo que el que brindan, por ejemplo, análisis químicos. Los macroinvertebrados son sensibles a distintas condiciones físicas y químicas, por lo que un cambio en la calidad del agua podría cambiar también la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Por ende, la riqueza y la composición de la comunidad de macroinvertebrados pueden ser utilizadas para proveer un estimado de la salud de un cuerpo de agua. (Rosales & Sánchez, 2013)

“Los macroinvertebrados son considerados un eslabón importante en la cadena trófica, especialmente para peces. Un alto número de invertebrados se alimentan de algas y bacterias, las cuales se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria” (Salcedo, Artica, & Trama, 2013, p. 127). Un cambio en el entorno donde vive una comunidad puede tener varios efectos que se manifiestan en diferentes niveles. Cuando una perturbación es grave (por ejemplo, cuando las plantas domésticas contaminan el agua, los efectos se sienten en toda la comunidad), solo puede coexistir un pequeño número de especies tolerantes. Sin embargo, cuando una perturbación es moderada (por ejemplo, cuando aumentan los nutrientes), pueden ocurrir cambios menos drásticos, como la desaparición de un pequeño número de especies, un aumento en la densidad de otras especies que ya están presentes, o la aparición de una tercera. (Domínguez & Fernández, 2009)

### 2.2.3. *Clave taxonómico de los macro-invertebrados bentónicos*

En los sistemas de agua dulce habitan los macroinvertebrados que se utilizan para monitorear la biología, como insectos, crustáceos, moluscos y anélidos, entre otros. Debido a su abundancia y movilidad, además de ser organismos fáciles de observar y que presentan una amplia gama de respuestas al estrés ambiental, los macroinvertebrados, en particular los insectos, han sido empleados en biomonitoreo como indicadores de calidad ambiental. (Roldan Pérez, 1996)

#### *Principales ordenes de macroinvertebrados*

**Ephemeroptera.** La mayor parte de su vida pasa como ninfas acuáticas, con un período de vida adulto de 5 a 4 días, durante este tiempo, lograrán la aparencia y la ovoposición, que ocurre en la superficie del agua. Las ninfas suelen estar adheridas a rocas, troncos o a la vegetación presente debido a sus estructuras morfológicas que les permiten fijarse al sustrato. (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016)

Se alimentan de algas y tejidos de especies vegetales acuáticas las ninfas, que son herbívoras. Por ser una parte fundamental de la dieta de algunas especies animales, como los peces, son valiosos dentro de la cadena trófica de su hábitat, al residir en aguas claras, oxigenadas y con una carga orgánica baja, suelen ser considerados como indicadores de calidad. (Roldan Pérez, 1996)

**Hemiptera.** Las especies de este grupo, denominadas chinches de agua, habitan la superficie del agua en diversos ambientes: aguas abiertas y de flujo lento, aguas torrentosas, ambientes lóticos e incluso algunas especies,

en aguas termales. Algunas especies buscan hábitats con poca luz, sombra y una gran cantidad de vegetación, incluso en ocasiones desarrollando costumbres nocturnas, a pesar de vivir en la parte superficial. (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016)

Las etapas o estados de la metamorfosis simple y progresiva incluyen el huevo, la ninfa y el adulto (hemimetábolos). La posta de los huevos se lleva a cabo sobre el sustrato del medio acuático, con frecuencia sobre rocas o tejidos vegetales, morfológicamente cuentan con un pico succionador insertado cerca del extremo anterior de la cabeza y partes bucales alteradas, se han adaptado para poder absorber el oxígeno del aire porque la respiración no es exclusivamente acuática. Son organismos muy importantes dentro de la cadena trófica de sus ecosistemas, debido a que son alimento de algunos organismos de mayor tamaño y, a la vez, son depredadores principalmente de insectos, tanto acuáticos como terrestres. (Bueñaño, Vásquez, Zurita, Parra, & Pérez, 2018)

**Plecóptera.** Con apariencia ortopteroide, es uno de los grupos más antiguos, las ninfas se destacan porque son completamente acuáticas y rara vez están asociadas con ambientes lóticos. Debido a que habitan aguas rápidas, frías y, por lo tanto, bien oxigenadas, son considerados indicadores de buena calidad de agua. En las primeras etapas, exceptuando la falta de alas y órganos genitales, las especies adultas e inmaduras son morfológicamente muy similares. Durante la fase de vuelo, las hembras realizan la ovoposición en el agua. (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016)

Se distinguen morfológicamente las especies de este orden por tener ojos desarrollados y separados, patas terminadas en dos uñas y agallas en el



tórax en la posición ventral. Las agallas y la superficie corporal permiten que estas especies realicen el proceso de respiración. Dependiendo de la especie, su actividad puede ser diurna, crepuscular o nocturna. Pueden ser carnívoras (insectos o pequeños animales), herbívoras (plantas acuáticas o algas) o detritívoras (detritus). Su dieta es variada. (Roldan Pérez, 1996)

**Odonata.** Se distinguen las especies de este grupo por ser insectos hemimetábolos de tamaño mediano. El período larval acuático, que dura entre los 2 meses y los 3 o 4 años hasta alcanzar la adultez, depende de la especie, es gradual. La eclosión ocurre entre los 5 y los 40 días después de la posta y se lleva a cabo en el agua, con frecuencia sobre vegetación flotante o madera podrida. Su vida es acuática durante la etapa larvaria, y su visión aguda es fundamental para su condición de especie depredadora. (Medina Valdivia, 2011)

Las ninfas crean un aparato bucal masticador, formado por un labio articulado y alargado, que impulsan hacia delante y les permite sujetar y capturar fácilmente a sus presas debido a su alimentación. Aunque viven fuera del agua después de completar su desarrollo, las etapas previas a la adultez son acuáticas. En los primeros días después de haber nacido, su cuerpo se endurece y toma tonalidades más oscuras. (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016)

**Coleóptera.** En su mayor parte, esta orden de macroinvertebrados vive en aguas continentales limpias con temperaturas medias, velocidades lentas y altas concentraciones de oxígeno. Es considerada una de más diversas, con unas 5.000 especies acuáticas capaces de sobrevivir en diversos ambientes, esta orden es considerada como una de las más diversas. Algunas especies

adultas pueden habitar la interfaz aire-agua, en algunos casos sumergiéndose a profundidades de hasta 10 m. Se trata de especies colectoras, herbívoras y detritívoras (Roldan Pérez, 1996). Las siguientes fases o estados del ciclo de vida de las especies de este orden son el huevo, larva, pupa y adulto. En la etapa larvaria, las especies poseen una cápsula esclerotizada en el abdomen y la cabeza, con agallas ventrales y laterales. La reproducción se realiza mediante la ovoposición sobre la vegetación acuática, troncos o rocas. (Quilca & Avila, 2021)

**Dípteros.** Dentro de los holometábolos, las especies de este orden se consideran las más diversas y numerosas, así como las más complejas y evolucionadas.

Los macroinvertebrados bentónicos principales de varios sistemas ecológicos residen en lugares con flujos de agua rápidos y constantes, cerca de la superficie, donde se encuentra una mayor concentración de oxígeno disuelto. Sin embargo, también existen especies que viven en aguas tranquilas. La falta de patas torácicas es su característica principal morfológicamente, su cuerpo se compone de nueve abdominales y tres segmentos torácicos, los organismos de cuerpo blando tienen cerdas, espinas y ganchos, características que facilitan su adhesión al sustrato (rocas o vegetación flotante) (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016).

**Trichoptera.** Las especies de este orden viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, se encuentran algunas especies que habitan en aguas tranquilas de ríos o quebradas; otras viven debajo de piedras o material vegetal. Son especies que muestran una característica oligotrófica de las aguas. Durante el estado larvario, los tricópteros construyen sus propias

casas o refugios de formas muy diversas para protegerse y también para capturar su propio alimento. Entre 1 y 2 años se completa su desarrollo, que incluye las fases de huevo, larva (de mayor duración), pupa y adultez. Son extremadamente activos en la etapa adulta, especialmente durante las primeras horas de la noche. Las hembras colocan los huevos en el agua y los guardan en una manta gelatinosa. (Pérez, Salazar, Aguirre, & Font, 2016)

Las especies experimentan entre 5 y 7 estados distintivos en el estado larvar; la etapa pupal sigue de 2 a 3 semanas y la etapa final adulta es relativamente corta. Las larvas son esenciales para las cadenas tróficas de sus ecosistemas. A pesar de que algunas especies son depredadoras, generalmente se alimentan de algas, detritos y material vegetal. (Roldan Pérez, 1996)

#### ***2.2.4. Índices bióticos para el análisis de la calidad del agua***

Entre los índices de análisis de la calidad del agua encontramos el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) que fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se requiere invertir (Asueta, Súnico, Martín, & Sierpe, 2019). El método sólo requiere llegar hasta el nivel de la familia y los datos son cualitativos (identificación o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje

de 10, en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1. (Roldan, 2016)

**TABLA N° 1**

*Puntaje de macroinvertebrado acuáticos para el índice BMWP/Col.*

<b>Familias</b>	<b>Puntaje</b>
Anamalopsychidae, Atriptectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordidae, Gomphidae, Hydrodae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylimidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrphilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente. Tomado de Roldan, 2016.

Las cinco clases de calidad de agua resultantes al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan como valores BMWP/Col. (Roldan, 2016)

TABLA N° 2

*Índices bióticos para evaluar la calidad de agua, según valores*

Clase	Categoría de calidad	Clasificación cualitativa	Color	BMWP Univalle	ASPT	EPT
I	Muy buena	Aguas muy Limpias	Azul	>120	>9-10	91-100
II	Buena	Aguas no contaminadas o alteradas de modo sensible	Azul claro	101-120	>8-9	81-90
III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde	61-100	>6.5-8	66-80
IV	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo	36-60	>4.5-6.5	46-65
V	Critica	Aguas muy contaminadas	Naranja	16-35	>3-4.5	31-45
VI	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo	<15	1-3	<30

Nota. BMWP: Biomonitoring Working Party score, ASPT: Average Score Per Taxa, EPT: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera

El BMWP/Univalle está basado en la ordenación y ponderación de las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el agua según su tolerancia a la contaminación orgánica. Estos índices consisten en identificar los organismos recolectados a nivel de familia, las cuales

poseen una puntuación de 1 a 10 según el grado de tolerancia a la contaminación. A mayor sensibilidad a la contaminación, mayor puntaje. El valor del índice se obtiene de la sumatoria de los puntajes de cada familia de macroinvertebrados acuáticos (Asueta, Súnico, Martín, & Sierpe, 2019)

Debido a la variación entre los valores del BMWP/Univalle por factores como variaciones climáticas y las características del hábitat, muchas veces el índice toma valores cercanos a 10 para tramos de buena calidad de agua, y se calcula considerando a N como el número total de familias usadas en el cálculo del valor total del BMWP. El índice ASPT evalúa el valor medio de tolerancia a la contaminación de los organismos, es decir el ASPT es igual al BMWP/N. (Rodríguez, 2021)

El índice ASPT evalúa el valor medio de tolerancia a la contaminación de los organismos (Álvarez, Córdoba, Escobar, & Fagua, 2004). El ASPT se determina dividiendo los valores encontrados en el índice BMWP entre el total de las familias encontradas. El índice EPT evalúa la proporción de familias de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera respecto a las demás familias de una estación de monitoreo. Valores cercanos a 100% indican calidades de agua muy limpias. (Moreno, 2001)

#### **2.2.5. Regresión lineal**

La finalidad de un modelo de regresión es buscar la correlación entre una variable dependiente (variable respuesta) y un grupo de variables independientes (variables interpretativas)  $X_1, \dots, X_n$ . En un modelo de

regresión lineal sencillo intentamos determinar la correlación que se presenta entre una variable explicativa única X (Carollo Limeres, 2012).

Para hacer una estimación del modelo de regresión lineal simple, trataremos de buscar una recta de la forma:

$$\hat{Y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X = a + bX$$

Permitiendo que se ajuste a la nube de puntos. Del mismo modo de utiliza el método de mínimos de cuadrados, que consiste en minimizar la suma de los cuadrados de los errores.

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Es decir, la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores reales observados ( $y_i$ ) y los valores estimados ( $\hat{y}_i$ ).

Por tanto, el coeficiente de regresión, nos permite evaluar el comportamiento de la variable Y frente a la variable X, de manera que:

- a) Si  $b_{Y/X} = 0$ , para cualquier valor de X la variable Y es constante
- b) Si  $b_{Y/X} > 0$ , esto nos indica que al aumentar el valor de X, también aumenta el valor de Y.
- c) Si  $b_{Y/X} < 0$ , esto nos indica que al aumentar el valor de X, el valor de Y disminuye.

El coeficiente de correlación lineal entre X y Y es dado por la siguiente ecuación:

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

y trata de medir la dependencia lineal que existe entre las dos variables.

Su cuadrado se denomina coeficiente de determinación,  $r^2$ , y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{SCR}{SCTot}$$

El coeficiente de determinación puede interpretarse como la proporción de variabilidad de Y que es explicada por X. Mide la proximidad de la recta ajustada a los valores observados de Y (Carollo Limeres, 2012). El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) tiene las siguientes propiedades:

- a) No tiene dimensión, toma valores entre [-1, 1]
- b) Si se tiene variables independientes toma el valor de 0.
- c) Si existe una relación lineal exacta entre variables, entonces r valdría 1 (relación directa) ó -1 (relación inversa).
- d) Si  $r > 0$ , esto indica una relación directa entre las variables (es decir, que si aumentamos X, también aumenta Y).
- e) Si  $r < 0$ , la correlación entre las variables es inversa (si aumentamos una, la otra disminuye).

### 2.3. Definición de términos básicos

**Bentos:** Comunidad ya sea de animales invertebrados o no, los cuales se caracterizan por habitar el fondo y la superficie de un hábitat acuático. (González, Sánchez, & Mairena, 2013)

**Conductividad eléctrica:** Es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica. (Ayala, Reinoso, Calderon, Jaramillo, & Mesa, 2019)



**DBO:** Esta medida determina la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable presente en una muestra de agua, la cual mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas. (Chauca Ayquipa, 2022)

**Macroinvertebrados:** Se consideran a los animales invertebrados que tienen un tamaño superior a 500  $\mu$ . Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y laguna. (Asueta, Súnico, Martín, & Sierpe, 2019)

**Oxígeno Disuelto:** Es la cantidad de oxígeno en el agua, es decir indica que tan contaminada está el agua, por tanto, es un parámetro de gran importancia, constituye un indicador del soporte del agua a la vida vegetal y animal, está muy relacionado con la temperatura del agua, ya que menor temperatura mayor cantidad de oxígeno. (Chauca Ayquipa, 2022)

**Temperatura:** La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. (Sánchez, Cornejo, Boyero, & Santos, 2010)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de la investigación

El estudio se realizó a lo largo del río Cantange ubicado entre los distritos de Oxamarca y Jorge Chávez, se instaló ocho puntos de monitoreo como se indican en la siguiente tabla.

**TABLA N° 3**

*Ubicación de los puntos de monitoreo*

Puntos de monitoreo					
Estación	Descripción estación de monitoreo	Puntos	Coordenadas		Altitud (msnm)
			geográficas WGS 84 ZONA 17M - UTM		
			ESTE	NORTE	
<b>E1</b>	Antes de las truchas	<b>1</b>	820654	9225200	2112
		<b>2</b>	820702	9225499	2085
<b>E2</b>	Después de las truchas	<b>3</b>	820874	9225785	2046
		<b>4</b>	821087	9225985	2010
<b>E3</b>	Bocatoma central hidroeléctrica	<b>5</b>	822552	9226420	1876
		<b>6</b>	822801	9226448	1854
<b>E4</b>	Desembalse hidroeléctrico al río Cantange	<b>7</b>	826048	9228668	1439
		<b>8</b>	826427	9228794	1402

TABLA N° 4

*Descripción de los puntos de monitoreo*

<b>Descripción</b>
<p><b>Punto 1:</b> Situado en la parte alta de la cuenca del río Cantange, antes de la bocatoma que abastece a las piscigranjas, este entorno se caracteriza por la abundancia de árboles y arbustos, entre los que destacan sauces, cipreses, chilcas y otras especies nativas de variados tamaños. El río tiene aguas claras y flujo moderado, rodeado de un entorno natural con vegetación densa a ambos lados. El cauce está compuesto por grandes rocas y piedras de diversos tamaños, lo que sugiere un terreno rocoso típico de zonas montañosas. El terreno cercano a las orillas presenta zonas húmedas y algunos sedimentos visibles, indicando la interacción constante entre el agua y el suelo. En el fondo se observa un paisaje que combina vegetación espesa y pendientes suaves, destacando la tranquilidad y el equilibrio del ecosistema.</p>
<p><b>Punto 2:</b> Situado aguas abajo de la bocatoma que abastece a las piscigranjas, esta área está rodeada por una abundante vegetación compuesta por árboles y arbustos, como cipreses, alisos y chilcas, entre otros. En las orillas se encuentran plantas ribereñas adaptadas a la humedad, como juncos, helechos y pequeñas hierbas acuáticas. Además, la presencia de grandes rocas evidencia un terreno pedregoso que ha sido erosionado por la acción del agua. El cauce del río está lleno de grandes rocas y cantos rodados de diversos tamaños, lo que indica un lecho predominantemente rocoso. En el fondo, se observan colinas con vegetación más dispersa, lo que sugiere una ubicación en un valle rodeado de montañas. El cielo parcialmente nublado aporta un contraste suave a la escena, destacando la tranquilidad del entorno.</p>
<p><b>Punto 3:</b> Situado en el punto donde el desfogue de la piscigranja se une con el río Cantange, el área está rodeada de abundante vegetación, predominando los sauces y las malezas. El terreno cercano al río está cubierto por rocas de diferentes tamaños, y junto al agua se pueden observar restos de tierra o arena, lo que evidencia una constante erosión del terreno debido al flujo del agua. El agua del río tiene un flujo moderado, con una tonalidad clara y reflejos que sugieren movimiento. Las orillas están cubiertas de árboles y arbustos, que proyectan sombras sobre el agua. También se observan ramas y material orgánico cerca del borde del río, lo que podría indicar un entorno natural con mínima intervención humana. Las rocas distribuidas a lo largo del lecho del río y las orillas son de diferentes tamaños, y el terreno parece húmedo y erosionado, lo que refleja la interacción constante del agua con su entorno.</p>
<p><b>Punto 4:</b> Ubicado aguas abajo del desfogue de las piscigranjas, a su alrededor crecen árboles de mediana altura como sauces y alisos. Las orillas están cubiertas de pastos y plantas ribereñas. La claridad del agua sugiere un flujo continuo y limpio, mientras que las rocas y la vegetación circundante indican un entorno poco intervenido por actividades humanas. El entorno refleja un ecosistema saludable y equilibrado. Además, se observa un cielo despejado, que añade iluminación natural al paisaje.</p>
<p><b>Punto 5:</b> Ubicado antes de la bocatoma de la central hidroeléctrica Cantange, a su alrededor muestra una infraestructura de concreto y rejillas que indica un esfuerzo por gestionar el flujo</p>

---

del agua hacia la bocatoma de la central hidroeléctrica, también se muestra poca presencia de vegetación silvestre.

---

**Punto 6:** Ubicado aguas abajo de la captación de la bocatoma de la central hidroeléctrica Cantange, a su alrededor se muestra terrenos rocosos y montañosos, en cuanto a la vegetación en las laderas es escasa lo que sugiere un clima más árido o una zona de menos altitud. A un lado del río se observa una formación rocosa vertical cubierta parcialmente por vegetación, mientras que en la otra orilla hay un terreno pedregoso con piedras de diferentes tamaños distribuidas a lo largo del cauce. La vegetación es más dispersa en esta zona, con arbustos y matorrales adaptados al clima y al terreno rocoso. El cielo despejado con algunas nubes y la iluminación natural resaltan los detalles del paisaje, indicando un día soleado. Este entorno refleja un ecosistema semiárido típico de áreas montañosas.

---

**Punto 7:** Ubicado antes de la unión del desfogue de la hidroeléctrica con el río Cantange, a su alrededor existen arbustos, plantas bajas como cañas, hualangos, entre otros, la vegetación es dispersa adaptadas a condiciones de terrenos rocosos y climas secos. El río fluye entre grandes rocas y piedras de diversos tamaños, lo que sugiere una zona de lecho rocoso y posiblemente una corriente moderada. A los lados, se observa una vegetación compuesta por arbustos, hierbas altas y árboles dispersos, adaptados a las condiciones del entorno. En el fondo, las montañas rodean el valle, destacándose por su pendiente pronunciada y vegetación escasa en algunas áreas. El cielo es mayormente despejado con algunas nubes, y la iluminación natural sugiere un día soleado. La altitud (1487.6 m) indica que se trata de una región de altura media. El ambiente refleja un ecosistema árido a semiárido, con evidentes signos de erosión en el terreno.

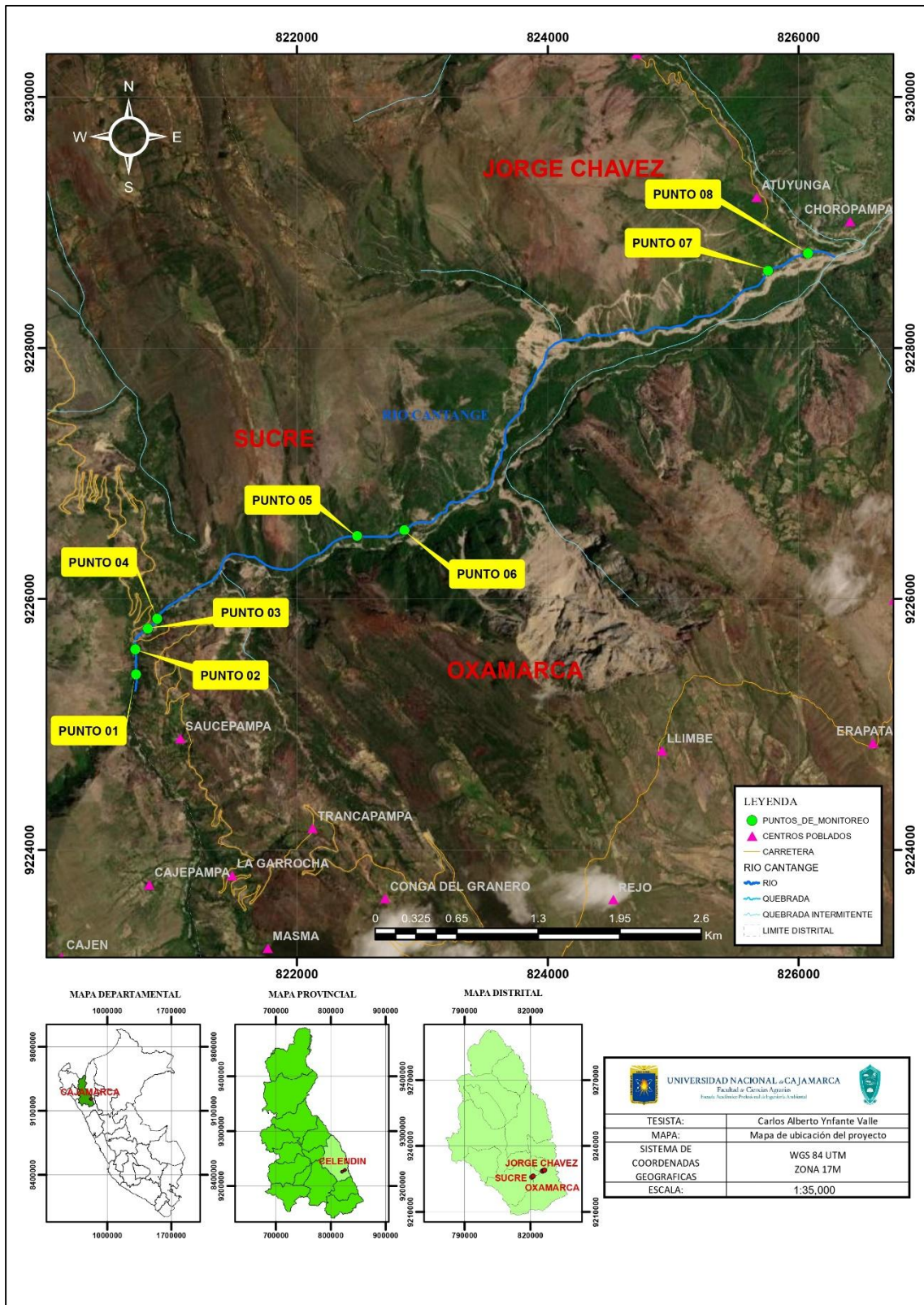
---

**Punto 8:** Ubicado unión río Cantange con el desfogue del agua captada por la hidroeléctrica, en este punto el río tiene flujo rápido y turbulento en algunas zonas con presencia de espuma blanca, en cuanto a la vegetación de su alrededor hay presencia de cañas, sauces alisos y hualangos. río con una fuerte corriente. El agua es clara y turbulenta, lo que indica un descenso pronunciado del terreno y un flujo vigoroso. A ambos lados del río, la vegetación es densa, compuesta por árboles, arbustos y plantas que se adaptan al ambiente húmedo. Las raíces de algunas plantas son visibles, sujetándose entre las rocas, lo que refleja la interacción constante entre la vegetación y el río. La iluminación natural, con sombras proyectadas por los árboles, indica que el entorno está mayormente sombreado, añadiendo frescura al lugar. Este ecosistema parece bien conservado, con un equilibrio entre el agua, la vegetación y el terreno rocoso.

---

Figura N° 1

Ubicación del trabajo de investigación.



### **3.2. Materiales y equipos**

#### **Equipos y materiales de campo**

- GPS marca Garmin, modelo: Etrex 10
- Botellas de plástico y de vidrio debidamente rotulados
- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Caja térmica
- Guantes
- Mascarillas
- Toalla de papel absorbente
- Marcador de tinta indeleble.
- Libreta de campo
- Lápices

#### **Material y equipos de laboratorio**

- Multiparámetro Hanna Instruments HI98129
- Agua destilada
- Hojas de registro y/o custodia

#### **Materiales de escritorio**

- Laptop con software para procesamiento y sistematización de datos.
- Impresora
- Papel Bond A4

### **3.3. Metodología**

Para determinar la calidad del agua se calcularon los índices bióticos Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y Average Score per Taxon (ASPT), en época seca y lluviosa en ocho puntos de muestreo, asimismo se evaluaron los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, pH, nitratos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, caudal, siguiendo la metodología anexada (anexo 5).

El monitoreo se llevó a cabo en temporada seca entre los meses de junio y julio, y en temporada de lluvia entre los meses de noviembre y enero del año 2023 y 2024, logrando resultados más confiables.

Se consideraron ocho puntos de muestreo a lo largo del río Cantange, donde los dos primeros puntos estuvieron ubicados antes de las instalaciones de los criaderos de truchas, el punto tres y cuatro se ubicaron después de las instalaciones de los criaderos de truchas, el punto cinco y seis fueron ubicados en la bocatoma de la central hidroeléctrica y para finalizar los puntos siete y ocho fueron ubicados en el desembalse hidroeléctrico al río Cantange. En cada punto se determinó los aspectos físico y químico que fueron comparados con el ECAs agua para la categoría 4; también, se determinó la cantidad de macroinvertebrados bentónicos, obteniendo con ello los índices bióticos.

### **3.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### ***3.4.1. Medición de los parámetros de campo***

Para los parámetros de campo como son pH y temperatura del río Cantange, se utilizó el multiparámetro Hanna Instruments HI98129; la medición se realizó in situ, en cada uno de los puntos de muestreo

identificados. Asimismo, para la confiabilidad de los datos se toma en cuenta lo siguiente:

- La lectura de los valores fue realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- En caso de producirse variaciones significativas de medidas entre dos muestras, se volvió a calibrar el equipo.
- Las mediciones fueron registradas en el formato de registro de datos de campo.
- Se limpia los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro.

#### ***3.4.2. Toma, preservación y envío a laboratorio de los parámetros a monitorear***

Esta fase se tuvo en cuenta para los parámetros que son analizados en el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca debidamente acreditado y cuya administración es estatal el cual brinda confiabilidad en los resultados a obtener. Los parámetros que son analizados bajo esta modalidad son: conductividad eléctrica, DBO<sub>5</sub>, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, fluoruros, cloruros, siguiendo el método de ensayo utilizado por el laboratorio para cada parámetro. Para lo cual se tuvo en cuenta el protocolo siguiente.

- Completar el etiquetado o rotulado de las botellas preferentemente antes de la toma de muestras de agua.
- Colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.



- Una vez tomada la muestra, se debe agregar, si el parámetro lo requiere, el reactivo de conservación.
- A continuación, se completa el formulario de orden de custodia, indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua, volumen, número de muestra, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información que lo requiera.
- Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocarán en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (Ice pack), cumpliendo con las recomendaciones indicadas.
- Enviar las muestras al laboratorio para su análisis, deberá cumplir con el tiempo establecido.

### ***3.4.3. Identificación de macroinvertebrados bentónicos***

- Se inicia lavando la muestra y separando el material más grueso, luego los macro invertebrados fueron colocados en cajas Petri, para ser observados con un Estéreo microscópico, considerando sus características y clasificación taxonómica.
- Se identifica los macroinvertebrados hasta determinar la categoría de la familia, se emplea las claves taxonómicas que se encuentra en el anexo 4.
- Se organiza la información obtenida, caracterizando a los macroinvertebrados por familia, orden y clase, tal como se muestra en las tablas, los organismos fueron colocados en frascos debidamente rotulados, y con los datos obtenidos se calcularon los índices biológicos EPT, BMWP/Col y ASPT.

#### **3.4.4. Cálculos de los índices bióticos**

Para la recolección de las muestras de macroinvertebrados bentónicos y poder determinar los índices bióticos EPT, BMWP/Col y ASPT, se tuvo en cuenta lo mencionado por Linares (2018), que indica que los muestreos se realizan después de lluvias intensas, puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente, para ello se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Se ubica los puntos de monitoreo y se realiza la descripción de sus características principales de cada uno de los puntos durante todo el trayecto del río Cantange, de manera que puedan ser identificados para el siguiente muestreo.
- Se inicia con el muestreo ingresando al río y portando botas de jebe largas, guantes, lentes, tybeck y/o guardapolvo.
- También se usa malla Surber, la cual se coloca hasta el fondo y en sentido contrario de la corriente del río, con el apoyo de las piernas sostendremos la malla en la posición correcta, para luego remover con las manos el material de fondo a 5 cm. de profundidad, por un tiempo de 10 minutos.
- Pasado el tiempo especificado retiramos cuidadosamente la malla Surber, para depositar todo lo recolectado en dicha malla hacia la bandeja.
- Nos apoyamos de pinzas, pinceles, colador y dedos para realizar la separación adecuada de macroinvertebrados los cuales se depositaron en frascos debidamente rotulados y con tapa.

- Las muestras fueron preservadas con alcohol al 96%, para su correcta identificación en el laboratorio, con el apoyo de guías de identificación y ayuda del Esterio – Microscopio.

**a. Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT)**

En este índice de EPT se analiza el número total de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera con proporción a la abundancia total encontrada. Estos insectos mayormente son considerados como organismos de aguas de buena calidad y su identificación generalmente está relacionada a aguas limpias.

$$\% \text{ EPT} = (\text{Ephemeroptera} + \text{Plecóptera} + \text{Trichoptera}) \times 100 / N$$

Dónde:

N = número total de individuos de la muestra.

**TABLA N° 5**

*Índice de Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT)*

Clase	% EPT	Significado	Calidad
I	91-100	Aguas muy limpias	Muy buena
II	81-90	Aguas no contaminadas o alteradas de modo sensible	Buena
III	66-80	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Aceptable
IV	46-65	Aguas contaminadas	Dudosa
V	31-45	Aguas muy contaminadas	Crítica
VI	<30	Aguas fuertemente contaminadas	Muy crítica

Nota. Valor referencia para la calidad de agua según el índice EPT (Carrera & Fierro, 2001).

### b. Índice de ASPT (Average Score per Taxon)

Es un índice biológico útil para evaluar la calidad del agua, especialmente en áreas con alta diversidad. Para calcularlo, la puntuación del BMWP/Col se divide por el número de taxones calificados en la muestra, lo que representa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados en un sitio específico. Un valor bajo de BMWP/Col asociado a una puntuación baja de ASPT indica condiciones de contaminación significativas (Arango et al., 2007).

$$ASPT = BMWP/Col/N$$

Dónde:

N = número total de individuos de la muestra.

**TABLA N° 6**

*Clasificación de las aguas e interpretación según el ASPT*

Clase	ASPT	Significado	CALIDAD
I	>9-10	Aguas muy limpias	Muy buena
II	>8-9	Aguas no contaminadas o alteradas de modo sensible	Buena
III	>6.5-8	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Aceptable
IV	>4.5-6.5	Aguas contaminadas	Dudosa
V	>3-4.5	Aguas muy contaminadas	Critica
VI	1-3	Aguas fuertemente contaminadas	Muy critica

Nota. Datos tomados del Trabajo de Investigación de Gonzales (2013).

### c. Índice Biological Monitoring Working Part (BMWT)

En el índice BMWP clasifica las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia.

Se calcula realizando una sumatoria de todas las familias demostrando así los niveles de calidad del agua. (Roldan 2003).

$$BMWP = (T1+T2+T3+T4\dots)$$

Donde:

T = Es el nivel de tolerancia.

**TABLA N° 7**

*Índice Biological Monitoring Working Part (BMWT)*

Clase	BMWP/Col	Significado	Calidad
I	>120	Aguas muy limpias	Muy buena
II	101-120	Aguas no contaminadas o alteradas de modo sensible	Buena
III	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Aceptable
IV	36-60	Aguas contaminadas	Dudosa
V	16-35	Aguas muy contaminadas	Crítica
VI	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy crítica

Nota. Datos tomados de Gonzales (2013).

### 3.4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los resultados obtenidos de los ocho puntos de muestreo se organizaron en tablas, los que fueron procesados a través los programas de Excel y IBM SPSS Statistics, llegando a determinar la estadística descriptiva e inferencial, que fueron presentadas a través de tablas y figuras, la identificación y cuantificación de las clases, las órdenes y las familias de los macroinvertebrados, permitió calcular la calidad ambiental de los ecosistemas a través de los índices bióticos, además de ello se grafica los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados. A través de la estadística inferencial se determinó la relación entre las variables utilizando la prueba de coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que presentan valores que van del 1 al -1, mientras los resultados se aproximen a la unidad independientemente del signo, la relación entre variables será más fuerte inversa o directamente proporcional.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Identificación de macroinvertebrados bentónicos en el río Cantange

Se identificaron un total de 332 individuos de macroinvertebrados, distribuidos en 3 clases (Gasteropoda, Insecta y Oligochaeta), 9 órdenes (Basommatophora, Haplotaxida, Diptera, Lepidoptera, Odonata, Hemiptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera) y 24 familias a lo largo del río Cantange, siendo la más representativa en la época seca la familia Perlidae y en época lluviosa la familia Baetidae, asimismo, se determinó que en el P1 en ambas épocas se encuentra la mayor cantidad de especies con un total de 40 y 32 individuos respectivamente.

La variación de individuos de macroinvertebrados presentes en la época seca y lluviosa implican varios factores tales como la variación del caudal, la alteración del agua por las diferentes actividades humanas, como se muestra en el P1 donde se logra observar mayor cantidad de las familias Perlidae y Simuliidae, que son poco tolerables o muy sensibles a las aguas altamente contaminadas. Al respecto, Custodio (2016) y García (2016) infieren que en la época seca los macroinvertebrados tienden a incrementar su población, por otro lado Romero y Tarrillo (2017) afirman que el aumento del caudal en épocas lluviosa provoca una disminución de los macroinvertebrados bentónicos porque

son arrastrados al igual que los sedimentos, hojarascas, ramas, etc. que sirven de hábitat a estos organismos.

**TABLA N° 8**

*Macroinvertebrados encontrados en época seca en los diferentes puntos de monitoreo*

Macroinvertebrados			Época seca								TOTAL	%		
Clase	Orden	Familia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8				
<b>Gasteropoda</b>	Basommatophora	Physidae		4	3	5					12	5.7		
<b>Oligochaeta</b>	Haplotaxida	Haplotaxidae		2	4	3					9	4.3		
		Simuliidae	8	5							13	6.2		
		Chironomidae	1	2	5	3	1	1	1	1	15	7.1		
	Diptera	Ceratopogonidae				1	2					3	1.4	
		Tipulidae	1		5	3			1			10	4.8	
		Blepharoceridae	7		2							9	4.3	
		Ceratopogonidae					1					1	0.5	
		Lepidoptera	Crambidae								3	3	1.4	
		Libellulidae									0	0.0		
	Odonata	Elmidae	2	3	1	2	1	3	1	1	14	6.7		
		Hydrophilidae	1								1	0.5		
	<b>Insecta</b>	Hemiptera (Heteroptera)	Naucoridae							3	4	7	3.3	
		Plecoptera	Perlidae	7	5	2			4	5		23	11.0	
			Leptohiphidae	1	1	3	2	1	1	1		10	4.8	
		Ephemeroptera	Baetidae	4	6	1	1	3	2	4		21	10.0	
			Caenidae	3	2	1	1	2		2	1	12	5.7	
			Leptophlebiidae	5	3	1	1	2	4			16	7.6	
		Trichoptera	Leptoceridae						4	3			7	3.3
			Glossosomatidae			4							4	1.9
Hydropsychidae						3			5			8	3.8	
Hydrobiosidae									5		3	8	3.8	
Xiphocentronidae									1			1	0.5	
Limnephilidae								3				3	1.4	
		<b>Riqueza</b>		<b>7.3</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	<b>4.9</b>	<b>3.0</b>	<b>5.4</b>	<b>3.0</b>	<b>2.2</b>			
	<b>Abundancia</b>		<b>40</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>17</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>210</b>			

En época seca se identificaron 210 especies, mostrando que la clase más predominante fueron Insecta y Gasteropoda, que en conjunto constituyen el 95% de la población de macroinvertebrados. Dentro de la clase Insecta, el orden Perlidae, es el más sobresaliente en esta época, asimismo, encontramos a la orden Baetidae y Leptophlebiidae, Medina Infante (2024) encontró que estas órdenes han predominado en su investigación, indicando que su presencia es gracias a las condiciones favorables como la mayor oxigenación y menor contaminación ambiental, propiciando la presencia de macroinvertebrados sensibles como la orden Baetidae.

En el P1 que está ubicado aguas arriba se encuentra mayor cantidad de familias sensibles a la contaminación como son Simuliidae, Blepharoceridae y Perlidae de la clase Insecta, como lo destaca Zhou et al. (2020), el predominio de taxones sensibles a la contaminación, como los órdenes Simuliidae, Blepharoceridae y Perlidae, evidencia una calidad de agua que permite ciclos tróficos saludables y contribuye al mantenimiento de procesos clave como la transferencia de energía y la descomposición de materia orgánica.

Por tanto, este análisis realizado no solo permite la caracterización dinámica ecológica del río Cantange, sino proporciona información que permite realizar la bioevaluación del agua, resultados indispensables para implementar medidas de gestión y conservación que garanticen la sostenibilidad de este recurso en el tiempo, y con ello mejorar su utilidad y conservación.



TABLA N° 9

*Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en los diferentes puntos de monitoreo*

Macroinvertebrados			Época lluviosa										
Clase	Orden	Familia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	%		
Insecta	Diptera	Simuliidae	5	2							7	5.7	
		Chironomidae	1	1			1		1	1	5	4.1	
		Ceratopogonidae				1					1	0.8	
		Tipulidae	1		4	3					8	6.6	
		Blepharoceridae	5							4	9	7.4	
		Ceratopogonidae									0	0.0	
		Lepidoptera	Crambidae		2					3		5	4.1
	Odonata	Libellulidae									3	3	2.5
		Elmidae	3		2					4	9	7.4	
		Hydrophilidae									0	0.0	
	Hemiptera (Heteroptera)	Naucoridae								3		2.5	
	Plecoptera	Perlidae	6	4			3	6			19	15.6	
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	1		3					5	4.1	
		Baetidae	3	5	1	1	3	3	4		20	16.4	
		Caenidae	3			3	2				8	6.6	
		Leptophlebiidae		3		1	5				9	7.4	
		Leptoceridae									0	0.0	
	Trichoptera	Glossosomatidae									0	0.0	
		Hydropsychidae									0	0.0	
		Hydrobiosidae	4			3				2	9	7.4	
		Xiphocentronidae			1						1	0.8	
		Limnephilidae			1						1	0.8	
												0	0.0
<b>Riqueza</b>			<b>6.5</b>	<b>3.5</b>	<b>1.7</b>	<b>2.9</b>	<b>2.7</b>	<b>1.7</b>	<b>3.1</b>	<b>1.7</b>			
<b>Abundancia</b>			<b>32</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>122</b>		

Se identificaron un total de 122 individuos de macroinvertebrados en la estación lluviosa, distribuidos en la clase Insecta, en las ordenes Diptera (24.6%), Lepidoptera (4.1%), Odonata (9.9%), Hemiptera (2.5%), Plecoptera (15.6%), Ephemeroptera (34.5%) y Trichoptera (9%) a lo largo del área del río Cantange, siendo las ordenes más predominantes en esta época Ephemeroptera en la familia Baetidae (16.4%) y Plecoptera en la familia Perlidae (15.6%), asimismo, se evidencia que en los puntos de muestreo P1, P2, P4, P5 y P6 existe mayor presencia de macroinvertebrados, esto se puede atribuirse a la menor presión antropogénica y a la mayor disponibilidad de nutrientes provenientes de la vegetación ribereña; sin embargo en los puntos de monitoreo P3 (desfogue de la piscigranja), P6 (aguas debajo de la central hidroeléctrica Cantange) y P8 (Unión río Cantange y desfogue del agua de la hidroeléctrica) que son los puntos donde mayor presencia de intervención humana existe, presentan menor diversidad y abundancia debido a las alteraciones ambientales derivadas de las actividades humanas. Medina Infante (2024), menciona que la presencia de la familia de macroinvertebrados Baetidae y Perlidae en los puntos menos alterados subraya la necesidad de conservar microhábitats clave para el equilibrio ecológico de las aguas del río.

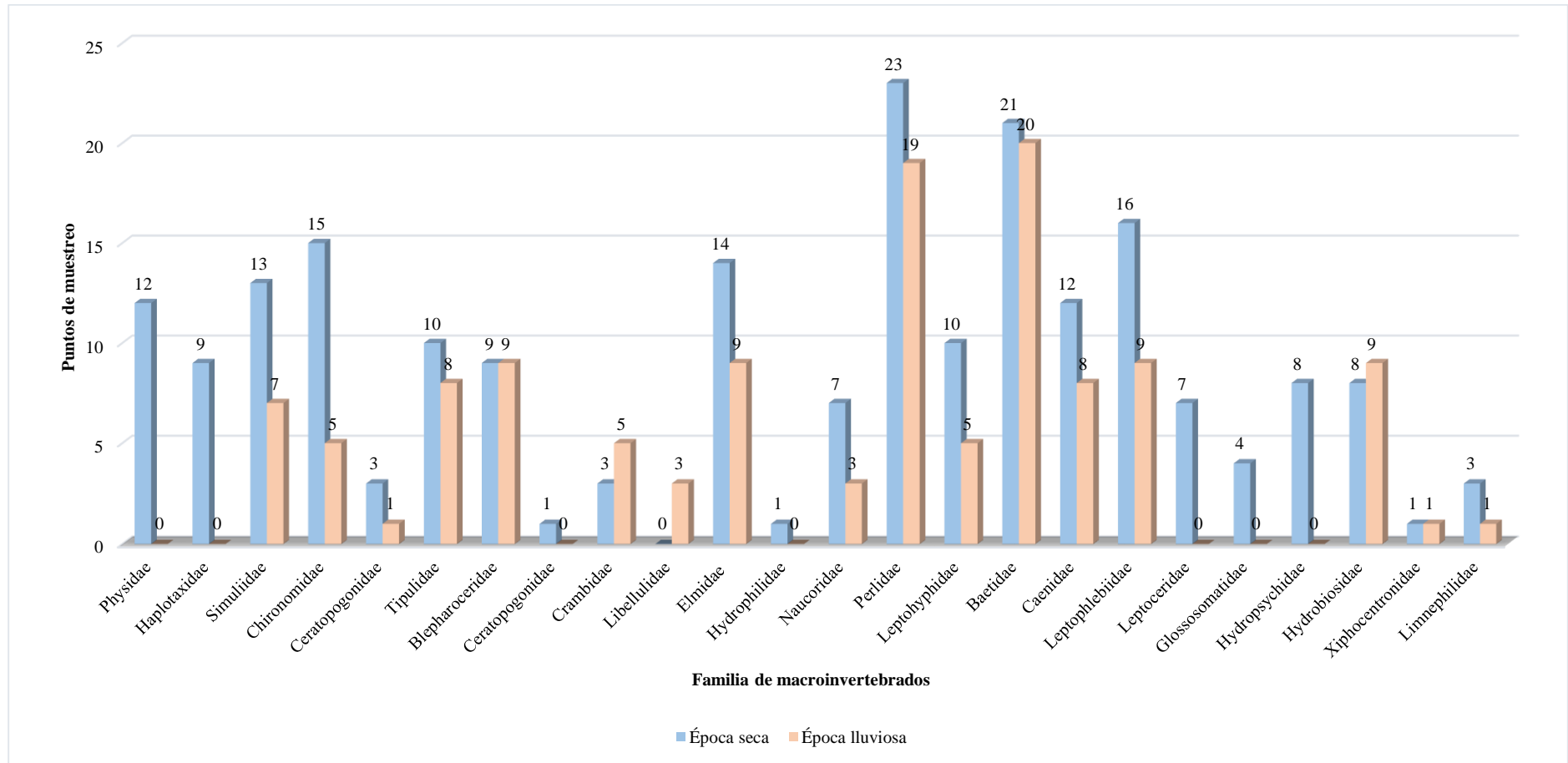
En la época de lluvia, según los resultados se visualizó únicamente individuos de la clase insecta, su abundancia es favorecida por la variedad de recursos disponibles durante esta época, considerando que muchos actúan como herbívoros, depredadores o filtradores, los que les permite aprovechar la materia orgánica, algas y otros organismos presentes en el espacio donde se desarrollan (Tarrillo Campos, 2020). El predominio de la clase insecta en época lluviosa, es consistente con los resultados obtenidos por Orozco et al (2021), quien en su

investigación tuvo la mayor presencia de la clase insecta, demostrando su relevancia para la evaluación de la calidad ecológica de los cuerpos de agua.

Estos resultados muestran la utilidad de la presencia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, evidenciado una relación clara entre la calidad del agua, la abundancia, la riqueza taxonómica y las condiciones ambientales en cada punto. Existen procesos y factores abióticos que determinan la abundancia y distribución de los invertebrados en los ríos, en este aspecto, las propiedades física y química del agua pueden influir en la identificación de determinados grupos, dependiendo de la sensibilidad del organismo ante una o varias variables (Escobar & Montoya, 2019). En ese sentido, la mayoría de los macroinvertebrados bentónicos no pueden moverse grandes distancias para evitar la contaminación por lo que pueden representar adecuadamente las características locales del río (Palma, 2013).

Figura N° 2

*Macroinvertebrados bentónicos identificados en los puntos de monitoreo del río Cantange en época seca y lluviosa*



En ambas temporadas la clase insecta fue la más representativa registrando 7 órdenes y 22 familias, donde existen 189 (90%) individuos de esta clase en época seca y 122 (100%) en época de lluvia, por su lado, Lisboa (2019) en su investigación realizada encontró mayor presencia 50% de la clase insecta en el río Chira, Piura; Por su parte Jauregui (2019) en el monitoreo que realiza en el río Sendamal obtuvo el 61% de los órdenes de la clase insecta, mientras que el 7 % de órdenes encontrados son de la clase Malacostraca; asimismo, Roldan (2016) sostienen que esta clase generalmente constituye entre el 85 % y el 95 % del número total de organismos presentes en los ecosistemas acuáticos debido a su óptimo establecimiento y desarrollo en estos ambientes.

Por otra parte, el mayor número de familias encontradas pertenecen al orden Díptera, seguidas de Trichoptera y Ephemeroptera, Palma (2013), afirma que en lagos y ríos el 70 % de ellos corresponden a grandes grupos de artrópodos como son los crustáceos e insectos, siendo las formas larvarias de insectos las más abundantes como los Díptera, Coleóptera, Plecóptera, Ephemeroptera y Trichoptera. Zhou et al. (2020), el predominio de taxones sensibles a la contaminación, como los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera, evidencia una calidad de agua que permite ciclos tróficos saludables y contribuye al mantenimiento de procesos clave como la transferencia de energía y la descomposición de materia orgánica.

Las variaciones en las características fisicoquímicas e hidrológicas de un río son más marcadas cuando hay identificación de una actividad humana como son los criaderos de truchas y las hidroeléctricas, que son actividades que se están realizando en el río Cantange, sumado las actividades agrícolas, el urbanismo, la minería y las represas, las cuales ponen en riesgo a la integridad ecológica

(Carranza Rivera, 2019). No obstante, los cambios ambientales también proceden de manera natural producto de la esorrentía y las variaciones en el caudal (Asueta, Súnico, Martin, & Sierpe, 2019).

#### 4.1.1. Índices de *Ephemeroptera Plecóptera* y *Trichoptera* (EPT)

**TABLA N° 10**

*Porcentaje de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT) en época seca*

Estación	Puntos de monitoreo	N° de familias	% EPT	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes de la piscigranja Cantange	P1	5	50	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
	P2	5	52	IV	Dudosa	
Después de la piscigranja Cantange	P3	6	36	V	Crítica	Aguas muy contaminadas
	P4	5	30	V	Crítica	
Bocatoma Central Hidroeléctrica	P5	6	88	II	Buena	Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P6	8	83	II	Buena	
Desembalse Hidroeléctrica Al	P7	4	71	III	Aceptable	Aguas no contaminadas
Río Cantange	P8	2	31	V	Crítica	Aguas muy contaminadas

Según los resultados que se muestra en la tabla 10, en los puntos P5, P6 y P7, la calidad del agua es buena y aceptable; sin embargo, en el mayor porcentaje de puntos, la calidad del agua según el porcentaje de EPT es categorizada como dudosa y crítica, esto puede deberse a fuentes de contaminación localizada o un evento puntual como el criadero de truchas o la central hidroeléctrica que pudo afectar significativamente las aguas de estos puntos de monitoreos, considerando que la poca presencia de macroinvertebrados de la orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera es un indicativo que las aguas están siendo contaminadas ya que estos organismos son altamente sensibles.

TABLA N° 11

*Porcentaje de Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT) en época lluviosa*

Estación	Puntos de monitoreo	N° de familias	% EPT	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes de la piscigranja Cantange	P1	5	53	IV	Dudosa	Aguas contaminadas Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P2	4	72	III	Aceptable	
Después de la piscigranja Cantange	P3	3	33	VI	Critica	Aguas contaminadas Aguas no contaminadas
	P4	5	73	III	Aceptable	
Bocatoma Central Hidroeléctrica	P5	4	93	I	Muy buena	Aguas muy limpias
	P6	2	100	I	Muy buena	
Desembalse Al Río Cantange	P7	1	25	VI	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
	P8	1	22	VI	Muy crítica	

En época lluviosa se obtuvieron un total de 25 especímenes de EPT, encontrando que en el P1, P3, P7 y P8 la calidad de agua es categorizada como dudosa, crítica y muy crítica, esto puede deberse a la contaminación puntual por la alteración mediante las actividades humanas como el criadero de truchas o la hidroeléctrica; asimismo, el indicador de este tipo de calidad de agua, es elevado número de organismos de la familia Baetidae (orden Ephemeroptera), los cuales son considerados como indicadores intermedios o algo tolerantes a las áreas con deterioro ambiental (Idrogo Uriarte, 2023).

En los puntos P2, P4, P5 y P6 la calidad del agua es categorizada entre aceptable y muy buena, determinando un mayor índice de la presencia de macroinvertebrados de la orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, en el mismo contexto, Luciani (2022), en la quebrada Santa Carmen – Huánuco, obtuvo resultados en los que se puede apreciar la calidad del agua de regular a Buena, indicando que la calidad del agua esta influenciado por un incremento del oxígeno disuelto, beneficiando la prosperidad de familias como Ephemeroptera y Trichoptera, el oxígeno disuelto es una variable fundamental debido a que su

concentración favorece a la vida acuática. Autores como Roldan (2016), nos menciona que el índice EPT brinda resultados más precisos, considerando que la presencia o ausencia de estas familias son catalogadas como las más sensibles a la identificación de contaminantes en los recursos hídricos. Por tanto, estos grupos de macroinvertebrados se encuentran en ríos con ciertas condiciones y tienden a disminuir conforme aumenta el grado de contaminación (Carranza Rivera, 2019).

#### 4.1.2. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange

Para determinar el índice BMWP/COL, se asignaron puntajes de 1 a 10, según la tolerancia de los macroinvertebrados encontrados en los ocho puntos de monitoreo.

**TABLA N° 12**

*Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) en época seca*

Estación	Puntos de monitoreo	N° de familias	BMWP/COL	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes piscigranja Cantange	P1	11	69	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P2	9	52	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
Después piscigranja Cantange	P3	12	53	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
	P4	11	57	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
Bocatoma Central Hidroeléctrica	P5	8	55	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
	P6	11	78	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación
Desembalse Hidroeléctrica Al Río Cantange	P7	7	47	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
	P8	6	39	IV	Dudosa	Aguas contaminadas

El índice BMWP/COL en época seca en los puntos de muestreo P1 y P6 del río Cantange, indican valores aceptables con valores que fluctúan entre 69 y 78, Jauregui (2019) en su investigación, según este mismo índice, determinó en el río Sendamal, valores entre 51.67 – 70.67 calificándola a la calidad del agua como aceptable por su valor de 70.67. Esta mejora en la calidad de agua es debido a una



mayor concentración de oxígeno, favoreciendo la presencia de familias como la Ephemeroptera y Trichoptera.

Sin embargo, en los puntos de monitoreo P2, P3, P4, P5, P7 y P8, se muestran una calidad de agua dudosa (moderadamente contaminadas), esto podría estar relacionado con las actividades humanas desarrolladas cerca a estos puntos, intensificando los efectos de contaminación o la alteración de las propiedades físicas y químicas del agua. Este comportamiento podría estar vinculado con la menor capacidad de dilución del río en periodos de caudal reducido, agravando los impactos de la polución acumulada. Vilca (2022) enfatiza la relevancia de adaptar los índices a las condiciones locales para incrementar la exactitud en la valoración de la calidad del agua, lo cual podría ser significativo para los puntos críticos detectados.

Del mismo modo, se evidencia la disminución de familias, en especial de las ordenes Ephemeroptera y Trichoptera, así como se acentúa la presencia de macroinvertebrados más tolerantes a la contaminación, como aquellos de los órdenes *Coleoptera* y *Diptera*, donde existe mayor presencia de la familia Chironomidae y Tipulidae, estos organismos son característicos de aguas muy contaminadas, guardando cierta relación con los resultados encontradas por Idrogo Uriarte (2023), quien determinó la calidad de agua del río Chotano como crítica, dudosa y muy crítica, relacionándolo a la presencia de las familias como la Chironomidae, Physidae, Tipulidae, que son organismos característicos de aguas contaminadas por desechos domésticos o industriales, que pueden agotar el oxígeno disuelto en el agua, necesaria para la descomposición de la materia orgánica, por lo que se concluye que las actividades humanas influyen en el estado ecológico del agua.

TABLA N° 13

*Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) en época lluviosa*

Estación	Puntos de monitoreo	N° de familias	BMWP/Col	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes piscigranja Cantange	P1	10	66	III	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	P2	7	47	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
Después piscigranja Cantange	P3	5	35	V	Critica	Aguas muy contaminadas
	P4	7	44	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
Bocatoma Central	P5	5	34	V	Critica	Aguas muy contaminadas
Hidroeléctrica	P6	2	19	V	Critica	
Desembalse	P7	5	33	V	Critica	
Hidroeléctrica Al Rio Cantange	P8	4	25	V	Critica	

En época lluviosa, según el cálculo del índice BMWP/Col obtenidos en el muestreo del río Cantange, se determina que en el P1 la calidad de agua clasificándola como aceptable, en los puntos P2 y P4 el nivel de calidad de agua es dudosa. En los puntos P3, P5, P6, P7 y P8, se muestra que la calidad de agua es crítica, esto puede deberse a que en los periodos de lluvia el caudal aumenta y con ello la cantidad de sedimentos, además de las actividades puntuales que realizan como es la crianza de trucha y la central hidroeléctrica que afecta el caudal de agua y con ello la presencia de los macroinvertebrados; asimismo, Romero y Tarrillo (2017), atribuyen esta alteración, debido a que durante el periodo lluvioso o húmedo las condiciones fisicoquímicas e hidráulicas del agua pueden variar de mayor a menor escala dependiendo del tipo de actividades humanas que se encuentren en su alrededor, disminuyendo sustancialmente la presencia de macroinvertebrados intolerantes a las aguas turbias o contaminadas.

Jauregui (2019), aplica la misma metodología para determina la calidad de agua del río Sendamal, encontró una calidad de agua dudosa, registrando un valor de 51.67, debido al arrastre de contaminantes durante las fuertes lluvias que se dan durante la estación húmeda, factores como la temperatura, el pH y el oxígeno

disuelto también fluctúan, afectando la biodiversidad de macroinvertebrados. En la investigación se determinó un rango entre 19 a 45, atribuyéndole una calidad de agua dudosa y crítica, afectando la presencia de los macroinvertebrados, considerando su abundancia, responden a las condiciones ambientales, disminuyendo en diversidad y cantidad en la estación húmeda debido a su sensibilidad, mientras que en la estación seca se observa una mayor estabilidad ecológica (Ayala, Reinoso, Calderon, Jaramillo, & Mesa, 2019). En ciertos ecosistemas, las fluctuaciones estacionales podrían influir menos en la calidad del agua, sin embargo, en este estudio, la estacionalidad parece tener un rol significativo.

#### 4.1.3. Índice Average Score per Taxon (ASPT) obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange

**TABLA N° 14**

*Índice ASPT (Average Score per Taxon) en época seca*

Estación	Puntos de monitoreo	ASPT	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes de la piscigranja Cantange	P1	6.67	III	Aceptable	Aguas contaminadas
	P2	5.70	IV	Dudosa	
Después de la piscigranja Cantange	P3	5.77	IV	Dudosa	
	P4	5.00	IV	Dudosa	
Bocatoma Central Hidroeléctrica	P5	6.88	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P6	7.09	III	Aceptable	
Desembalse Hidroeléctrica Al Río Cantange	P7	6.71	III	Aceptable	
	P8	6.50	IV	Dudosa	Aguas contaminadas

TABLA N° 15

*Índice Average Score per Taxon (ASPT) en época lluviosa*

Estación	Puntos de monitoreo	ASPT	Clase	Nivel de calidad	Significado
Antes de la piscigranja Cantange	P1	6.60	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P2	6.71	III	Aceptable	
Después de la piscigranja Cantange	P3	6.32	IV	Dudosa	Aguas contaminadas
	P4	6.29	IV	Dudosa	
Bocatoma Central Hidroeléctrica	P5	6.80	III	Aceptable	Aguas muy limpias
	P6	9.50	I	Muy buena	
Desembalse Hidroeléctrica Al Río Cantange	P7	6.60	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación
	P8	6.25	IV	Dudosa	

La variación del índice ASPT en las dos épocas monitoreadas, determinan que en la época seca se encuentran entre los rangos de 5.18 a 7.09, referenciando a una calidad de agua dudosa (4.5-6.5) y aceptable (6.5-8), que significan aguas ligeramente y moderadamente contaminadas; sin embargo, en época lluviosa los valores se encuentran en un rango 6.25 a 9.50 catalogando al agua con una calidad aceptable y muy buena, y en los puntos P3, P4 y P8 son catalogados como dudosos. En estos puntos se evidencia mayor intervención de actividades humanas, y al ser puntos donde desembocan y se unen con otras fuentes de agua, por tanto, existe mayor incremento de factores contaminantes alterando la presencia de los macroinvertebrados y calidad del agua, en el P1 que son aguas arriba, la calidad de agua es aceptable y existe mayor presencia de familias de macroinvertebrados. Por su parte, Hoyos (2019), encontró un nivel de calidad crítica en el río Muyoc Grande del distrito de Miguel Iglesias de la provincia de Celendín. Por otro lado, Gómez et al. (2016) menciona que las descargas a los recursos hídricos, son una de las principales amenazas que alteran las propiedades

fisicoquímicas y a la calidad de agua y fauna acuática, por lo que la identificación de los macroinvertebrados acuáticos disminuyen afectando el valor del ASPT (Average Score per Taxon).

#### 4.2. Parámetros fisicoquímicos

**TABLA N° 16**

*Parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo en época seca*

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Época seca							
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8
Temperatura	°C	14.7	14.8	15.2	16.3	18.6	20	21.8	20.6
Conductividad Eléctrica	µs/cm	352	334	333	329	330	330	278	352
Potencial de Hidrogeno	pH	8.7	8.57	8.45	8.5	8.6	8.61	8.62	8.51
Caudal	L/s	441.3	411.2	338.2	181.6	393.9	262.9	400.0	415.3
Fluoruro	mg/L	0.1	0.094	0.106	0.092	0.112	0.11	0.108	0.124
Cloruro	mg/L	2.812	2.757	2.819	2.814	2.404	2.307	2.988	2.269
Nitrato	mg/L	0.948	0.879	0.916	0.812	0.823	0.763	0.33	0.789
Sulfato	mg/L	4.77	4.732	4.845	4.696	6.131	6.38	6.318	14.89
Oxígeno disuelto	mgO2/L	7.37	7.55	7.84	7.5	7.61	7.41	7.14	7.9
DBO5	mgO2/L	0	0	0	0	0	0	0	0

**TABLA N° 17**

*Parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo en época lluviosa*

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Época lluviosa							
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8
Temperatura	°C	16	16.2	16.4	16.5	19	19.9	22.1	20.7
Conductividad Eléctrica	µs/cm	364	347	353	338	339	340	315	336
Potencial de Hidrogeno	pH	8.4	8.56	8.18	8.4	8.45	8.39	8.37	8.29
Caudal	L/s	762.0	931.5	1468.8	1303.2	1008.6	432.4	1375.9	890.3
Fluoruro	mg/L	0.074	0.07	0.072	0.07	0.073	0.069	0.07	0.078
Cloruro	mg/L	1.176	1.164	1.142	1.162	1.212	1.263	1.358	2.269
Nitrato	mg/L	0.118	1.007	0.346	1.106	0.926	0.948	0.562	0.467
Sulfato	mg/L	2.907	3.077	2.95	3.012	3.527	3.55	3.508	5.52
Oxígeno disuelto	mgO2/L	4.9	5.55	7.11	6.07	7.12	6.35	7.32	7.23
DBO5	mg O2/L	8.24	7.62	0	6.5	0	5.18	0	0

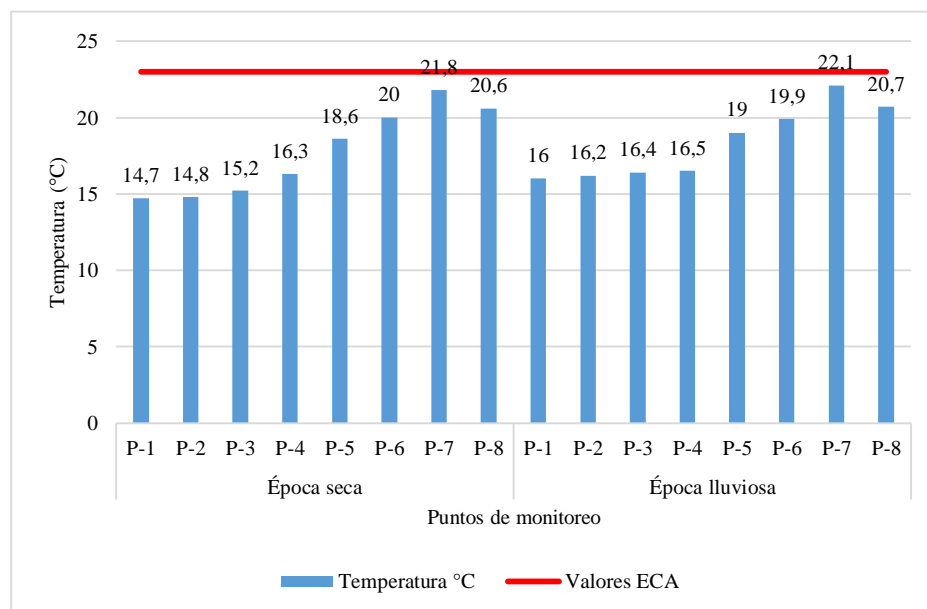
En la tabla 16 y 17 se muestran los diferentes parámetros fisicoquímicos evaluados en las aguas del río Cantange para ambas épocas monitoreadas (seca y lluviosa), seguidamente se va a interpretar cada uno de ellos y su respectiva discusión.

#### 4.2.1. Temperatura

La temperatura se considera un indicador importante para establecer la calidad del agua y la existencia de macroinvertebrados.

**Figura N° 3**

*Temperatura de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



Según D.S. 004-2017-MINAM para el parámetro de la temperatura la variación ( $\Delta$ ) es de 3 grados Celsius respecto al promedio del área evaluada; por tanto, los datos obtenidos de temperatura, en época seca arroja un valor promedio de 17.75 °C, en época lluviosa la temperatura promedio es de 18.35 °C, respectivamente.

Analizando los datos de las muestras, existe una variación de temperatura; sin embargo, la temperatura se maximiza en los puntos P5, P6, P7 y P8, en ambas épocas llegando a 21°C en época seca y a 22°C en

época lluviosa; asimismo, el aumento de temperatura se encuentra ligada a la influencia de las condiciones climáticas del área y al descenso de altitud, cabe resaltar que para este parámetro no existe un límite de comparación; sin embargo, influye en la abundancia y la riqueza de los macroinvertebrados, a temperaturas mayores a 25°C aceleran la biodegradación, pero existen familias como Baetidae y Leptohiphidae que toleran amplios rangos de temperaturas y hasta cierto punto de contaminación orgánica (Flores Rojas, 2014). La proximidad de la piscigranja a los puntos P3 y P4 no afecta la temperatura del agua debido a su continua circulación. En contraste, se registra un incremento de la temperatura en el punto P7, coincidente con la descarga de la central hidroeléctrica Atuyunga. Este aumento térmico, sin embargo, se atenúa río abajo en el río Cantange, gracias a su caudal vigoroso y turbulento. La dinámica del flujo del agua, por lo tanto, actúa como un factor regulador de la temperatura, minimizando el impacto de la actividad piscícola y mitigando el efecto del efluente de la central hidroeléctrica.

#### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y la temperatura**

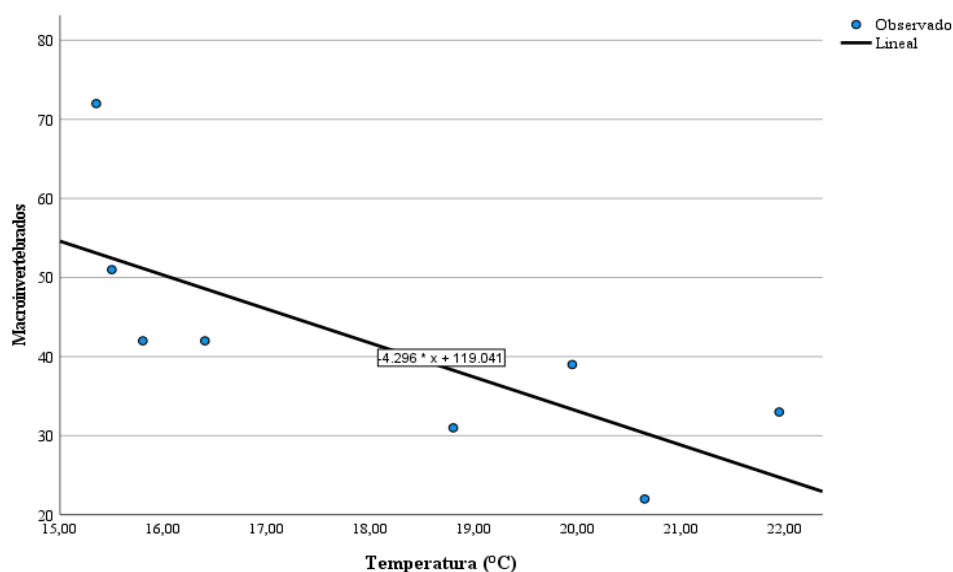
En la figura 4, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.744$ ), indicando una correlación inversamente proporcional y moderada entre variables, es decir el cambio de temperatura afecta el incremento o la disminución de la presencia de los macroinvertebrados. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,554$ ), indica que el 55% de la variación de la temperatura explica la presencia de los macroinvertebrados en el río

Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = -4.296x + 119.041$ .

Gutiérrez Rojas (2009) menciona que la temperatura tiene un impacto en la disponibilidad de oxígeno disuelto, lo que explica la presencia de familias que necesitan mucho oxígeno, como las del orden Plecoptera, que se encontraron en la investigación realizada, Idrogo (2023), menciona que la temperatura influye en un 36,62% en la presencia de macroinvertebrados. En el mismo contexto Bejarano Rodríguez (2017) la temperatura guarda una correlación inversa con la cantidad de oxígeno presente en el agua. En otras palabras, el volumen de oxígeno que puede disolverse en el agua está sujeto a la temperatura; por ende, el agua fría puede contener más oxígeno que el agua caliente. Esto sugiere que el agua fría posee una mayor disponibilidad de oxígeno para el crecimiento de la vida en los ecosistemas acuáticos, además de favorecer la degradación de la materia orgánica.

**Figura N° 4**

*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la temperatura*

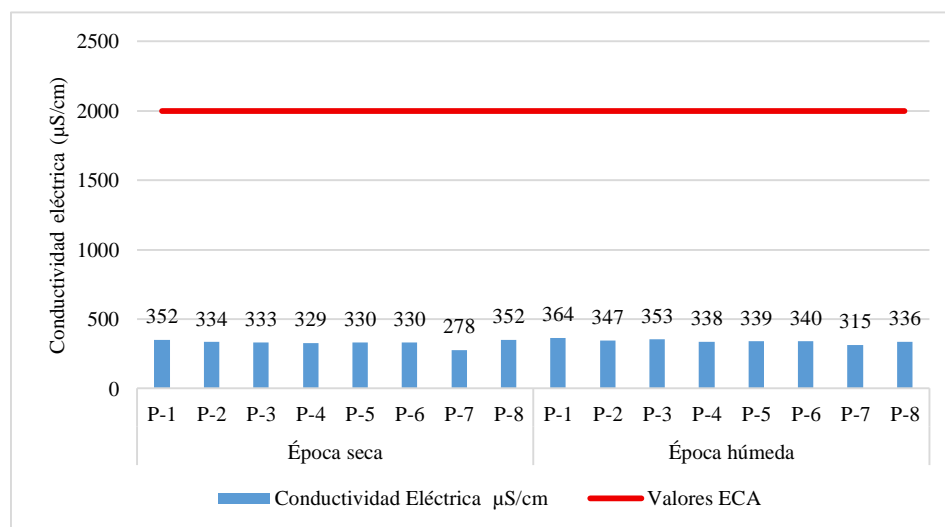




#### 4.2.2. Conductividad eléctrica

Figura N° 5

*Conductividad eléctrica de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



Los valores de conductividad en época seca fluctúan entre 278 y 352  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en época lluviosa se encuentra valores entre 315 y 364  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , encontrándose ambas épocas dentro del rango establecido para categoría 4: conservación del ambiente acuático del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM. Jáuregui (2019), encontró valores similares en el río Sendamal en época seca los valores oscilaron entre 374 y 404.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en época lluviosa se encuentra entre 374 y 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estos resultados registrados en el río Sendamal comparados con los resultados obtenidos en la investigación río Cantange, son aceptables para la vida acuática.

Medina Infante (2024), atribuye que el incremento de la conductividad eléctrica en época de lluvia, se debe a la mayor dilución de sales y minerales, del mismo modo, se considera que los valores de conductividad eléctrica están estrechamente relacionados con el tipo de suelo que atraviesan y la disolución de rocas y minerales, del tipo de sales

presentes, del tiempo de disolución, temperatura, pH y demás condiciones que alteran o afectan la solubilidad (Avila & Quilca, 2021).

### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y la conductividad eléctrica**

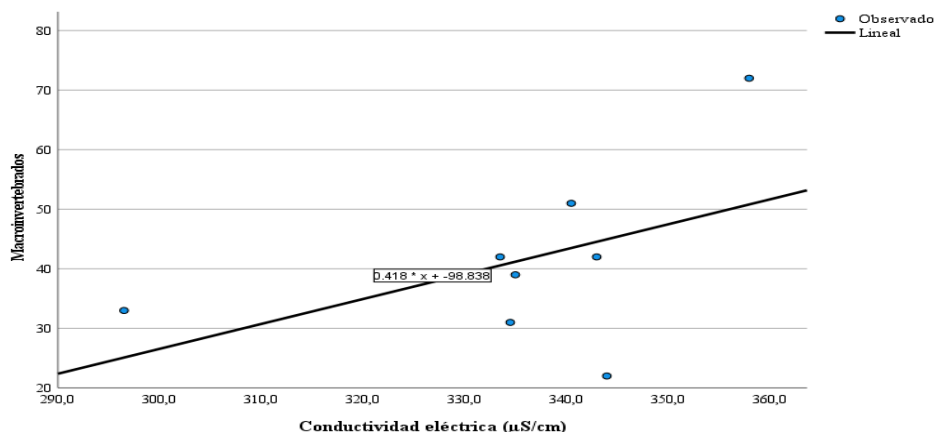
En la figura 6, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.490$ ), indicando una correlación positiva directamente proporcional y débil entre variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,240$ ), indica que el 24% de la variación de la conductividad eléctrica influye o explica la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = 0.418x + -98.838$

Hoyos Pompa (2019) al determinar la relación lineal entre la conductividad y la presencia de macroinvertebrados, evidencio que a medida que la conductividad eléctrica aumenta, el número de macroinvertebrados también aumenta, encontrando el coeficiente de determinación ( $r^2 = 0.0999$ ), quien indica que la conductividad influye en 9.99 % sobre los macroinvertebrados. Solís et al. (2017) indican que el aumento de la conductividad y, por ende, de la salinidad del agua, provoca severos impactos en el ecosistema de los ríos, llegando incluso a una considerable disminución de la biodiversidad.

Los parámetros fisicoquímicos de temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica son los que suelen ejercer una importante influencia sobre la distribución de los macroinvertebrados acuáticos (Vivas, y otros, 2002) y son a menudo los parámetros fisicoquímicos, a los cuales los organismos son más sensibles (Roldán Pérez G. , 2016).

Figura N° 6

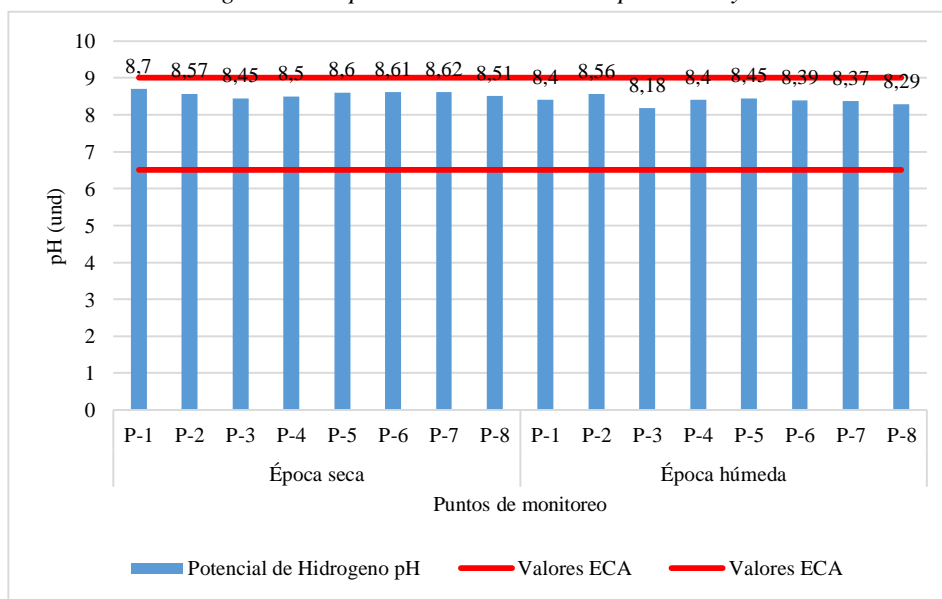
Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la conductividad eléctrica



#### 4.2.3. Potencial de hidrogeno (pH)

Figura N° 7

Potencial de hidrogeno de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa



En cuanto al potencial de hidrógeno (pH), los valores fluctúan entre 8.41 y 8.7 que están por debajo del rango establecido para la categoría 4: conservación del ambiente acuático del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM, donde se establece para la subcategoría E2 ríos (costa y sierra) el rango de 6.5 y 9 unidades de pH.

Los resultados obtenidos en el río Cantange, evidencian un pH con una tendencia alcalina debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos, Jáuregui (2019), en río Sendamal obtuvo valores de pH que oscilaron entre 8.38 y 8.78 unidades de pH, determinando que la característica predominante del agua es ligeramente alcalina. Estos valores no alteran el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, ubicándose dentro de los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), por otro lado, Idrogo (2024) en su investigación en el río Chotano tienen tendencia alcalina, considerando que el pH oscila entre 7.8 y 8.34.

### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y el pH.**

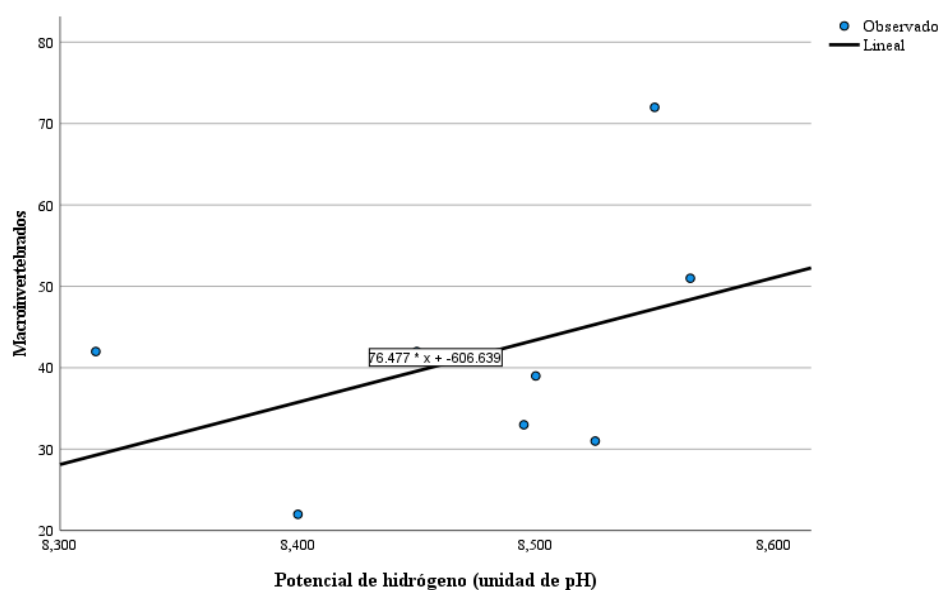
En la figura 8, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.425$ ), indicando una correlación positiva directamente proporcional y débil entre variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,181$ ), indica que el 18% de la variación de el pH influye o explica la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = 76.477x + -606.639$ . Un pH bajo o alto puede modificar el equilibrio químico del agua y movilizar a los contaminantes, impactando las condiciones de vida de los seres acuáticos, que pueden enfrentar dificultades provocando una reducción de sus poblaciones. Sin embargo, las variaciones en el pH del agua producen condiciones tóxicas en los ecosistemas acuáticos (Bejarano Rodríguez, 2017).

Asimismo, mientras los valores de pH sean más ácidos, el número de familias de macroinvertebrados se van reduciendo, sucede lo contrario cuando se aproximan a la neutralidad (Gomez, Salazar, & Longo, 2016).

Además, Zeng et al. (2022) discuten cómo los procesos biológicos como la fotosíntesis algal pueden influir significativamente en los niveles de pH y, por ende, en la eutrofización de cuerpos de agua. En este contexto, el pH más alto en los puntos de muestreo del estudio podría estar indicando un mayor crecimiento algal, lo que requiere vigilancia para prevenir impactos negativos como la eutrofización. Asimismo, la variación del pH puede afectar la composición de la comunidad de macroinvertebrados, dado que diferentes especies presentan distintos niveles de tolerancia a las condiciones de pH, lo que podría estar alterando la estructura y función de los ecosistemas acuáticos en nuestros puntos de estudio.

### Figura N° 8

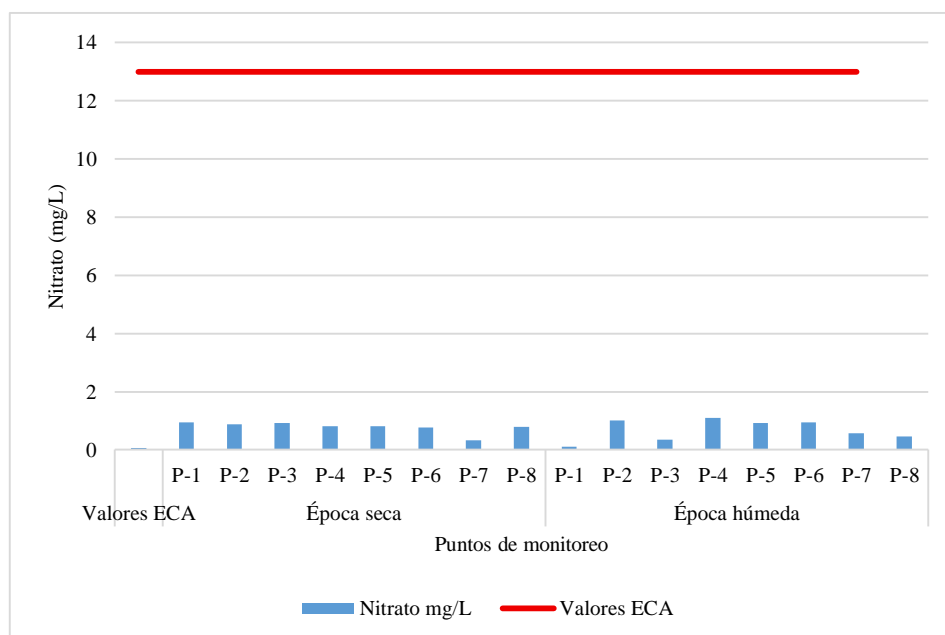
*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al Ph*



#### 4.2.4. Nitrato

**Figura N° 9**

*Nitrato de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



Los valores de nitratos en época seca y época lluviosa se encuentran por debajo del rango establecido por los Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM para la categoría 4: conservación del ambiente acuático), donde se establece el valor de 13mg/L. Esto favorece a la vida acuática al no encontrarse en elevadas concentraciones, teniendo en cuenta que los nitratos son una fuente importante para los organismos, sin embargo, altas concentraciones pueden causar daños ecológicos desfavorables ocasionando deterioro en la vida acuática (Roldán Pérez y Ramírez Resirepo, 2008).

#### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y los nitratos**

En la figura 10, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.065$ ), indicando una correlación inversa y débil entre variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,004$ ), indica que el 0.4% de la

variación de los nitratos explica la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = -4.9197x + 45.1099$ .

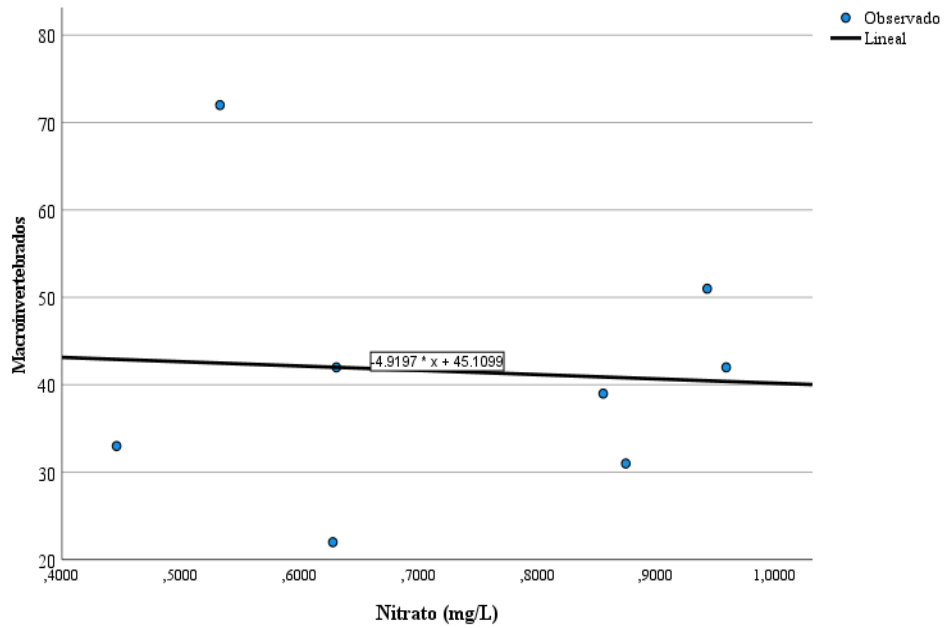
La identificación del ion nitrato en el agua es un indicador de contaminación que está relacionada con residuos de fertilizantes utilizados para los cultivos, e incluso de plaguicidas. Este anión se puede monitorear para evaluarlo como un indicador de la contaminación ambiental causada por humanos. La identificación de nitratos también puede indicar una posible contaminación fecal (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017). Los bajos valores de nitratos, puede asociarse a la fertilidad de los suelos de la región, disminuyendo el uso de fertilizantes por los agricultores.

Quesada et al. (2020) indican que un aumento en la cantidad de nitratos puede conducir a una reducción en la abundancia de organismos acuáticos sensibles, particularmente los que forman parte del grupo EPT. Esto demuestra que, a pesar de que estos minerales no superen los límites legales, podrían estar generando presiones adversas sobre especies en situación de vulnerabilidad.

La existencia de nitritos y nitratos señala un ciclo de nitrógeno activo y saludable, no obstante, debe tenerse en cuenta para evitar efectos negativos a largo plazo en los ecosistemas acuáticos, particularmente en términos de la sostenibilidad de la biodiversidad acuática y la calidad del agua para el consumo humano y la vida silvestre (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

**Figura N° 10**

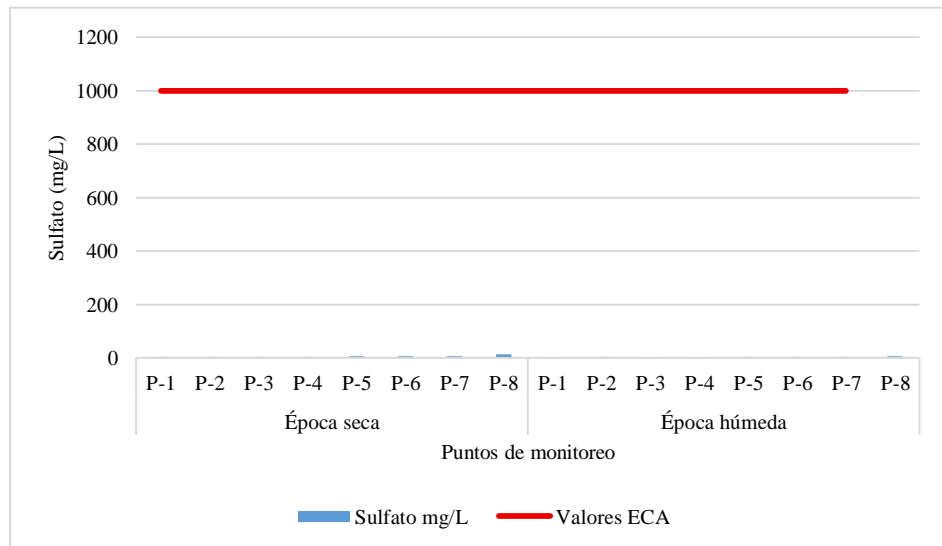
*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a los nitratos*



**4.2.5. Sulfato**

**Figura N° 11**

*Sulfato de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



Los valores de sulfatos en época seca y época lluviosa se encuentran como valor mínimo de 2.90 y como valor máximo 14.89 mg/L referente al punto 8 en época seca, estos valores se encuentra por debajo del rango establecido por los Estándares Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 3, donde



el valor máximo aceptable es de 1000 mg/L, para la categoría 4: conservación del ambiente acuático, no hay un valor determinado en el ECA para el parámetro sulfato.

Los sulfatos, cumplen un rol importante en el crecimiento de algas al ser considerado un nutriente, pocas veces se encuentra en concentraciones elevadas, debido a que las plantas los absorben rápidamente. Los sulfatos podrían indicar presencia de actividades antrópicas como el lavado de ropa al emplear detergentes de los grupos LAS (Alkyl-benceno Sulfonato lineal) y ABS (Alkyl-benceno Sulfonato ramificados) siendo el grupo LAS a diferencia del grupo ASB biodegradable. en el caso nitrógeno amoniacal presente en el agua permite reducir los niveles de oxígeno disuelto (Sierra Ramírez, 2011).

#### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y los sulfatos**

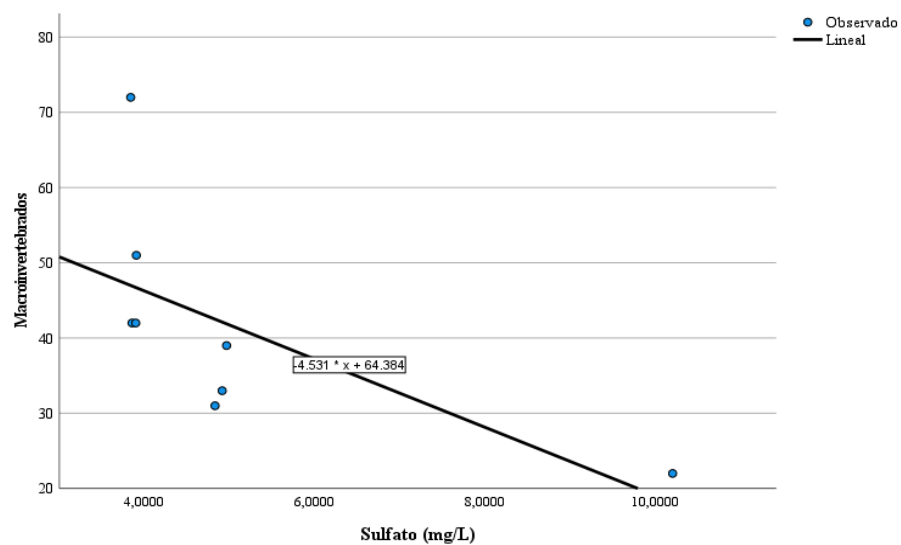
En la figura 12, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.645$ ) indicando una relación negativa moderada entre las variables analizadas, asimismo se tiene un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,416$ ), que indica que el 41% de la variación de los sulfatos explican la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = -4.531x + 64.384$ .

Es difícil explicar el comportamiento de los sulfatos porque son altamente solubles en agua; por lo tanto, las concentraciones encontradas en el río Cantange se atribuyen a la disolución de rocas sedimentarias a lo largo del cauce.

Además, la concentración de sulfatos varía según el régimen hídrico, lo que resulta en la disolución de precipitados durante el período de lluvia y el aumento de la evaporación durante el período seco (Zamora González, 2015). La dependencia entre la biomasa de algunos taxones con la concentración de sulfatos podría ser una consecuencia de la erosión en las orillas del río Cantange durante la época seca, con lo cual aumenta el aporte de elementos del suelo al agua, contribuyendo con el aumento de las familias de macroinvertebrados.

**Figura N° 12**

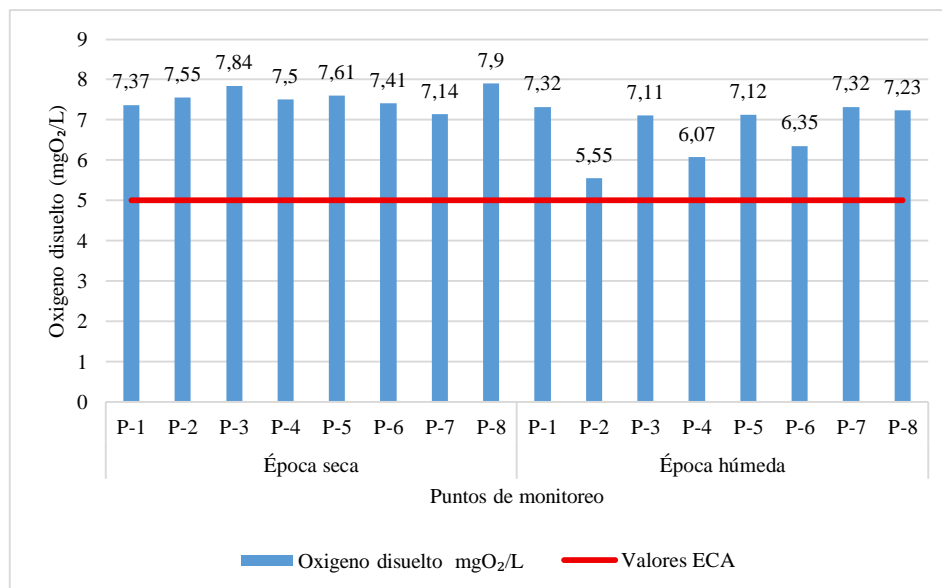
*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a los sulfatos*



#### 4.2.6. Oxígeno disuelto

Figura N° 13

*Oxígeno disuelto de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



Los valores del indicador oxígeno disuelto, tanto en la época seca como época lluviosa son mayores a 4 y 5 mg/L encontrándose dentro del rango establecido por los Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM. El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más influyentes en la presencia de los macroinvertebrados, según los resultados encontrado en la investigación se observa que no hay deficiencia en la disponibilidad del oxígeno disuelto y el desarrollo de los macroinvertebrados no está sido afectado. Según los resultados, se evidencia que en los puntos donde existe mayor concentración de oxígeno, se evidencia mayor presencia de macroinvertebrados bentónicos, como se muestra en el P1, P2 y P3 en época seca y en el P1 y P7 en época de lluvia, por tanto, a mayor concentración de OD mayor presencia de organismos vivos.

La presión atmosférica, la temperatura y la altitud son factores clave que influyen en la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Los

puntos de muestreo, están situados entre 1400 y 2000 msnm, donde la presión parcial de oxígeno es menor, lo que teóricamente debería disminuir los niveles de oxígeno disuelto. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que el río Cantange supera los niveles de oxígeno disuelto dentro de los estándares de calidad establecidos. Este hallazgo es significativo, ya que sugiere una buena salud del ecosistema acuático, permitiendo su uso sostenible por parte de las comunidades humanas y la fauna local. La capacidad del río Cantange para mantener una adecuada oxigenación a pesar de las condiciones ambientales en estos rangos de altitud destaca la importancia de otros factores, posiblemente relacionados con la dinámica del flujo de agua, la presencia de vegetación acuática, o la actividad fotosintética, que contribuyen a la saturación de oxígeno.

En época lluviosa, se observa una ligera disminución del oxígeno disuelto en P3, lo que podría estar relacionado con la mayor cantidad de materia orgánica proveniente de las piscigranjas. En la central hidroeléctrica los niveles de oxígeno disuelto se mantienen dentro del rango normal en P7 y P8, pero se evidencia una ligera disminución en época lluviosa en P8, lo que podría estar asociado con la mayor cantidad de materia orgánica proveniente del desfogue de la central hidroeléctrica.

#### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y el oxígeno disuelto**

En la figura 14, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.894$ ), indicando que existe una relación negativa fuerte entre las variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,799$ ), este valor muestra que el 79% de la variación del oxígeno disuelto explica o influye sobre la

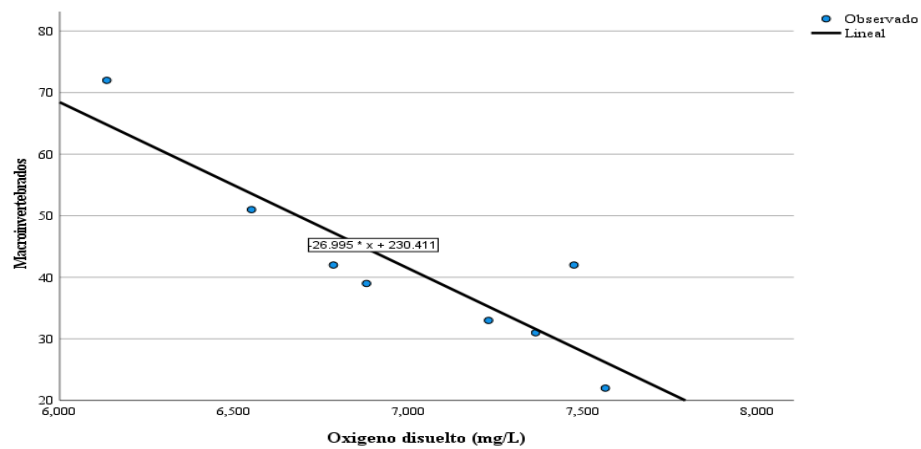
presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = -26.995x + 230.411$ .

El oxígeno disuelto juega un papel crucial en las transformaciones biológicas de los cuerpos de agua superficiales, este indicador se ve influenciado por el aumento de la temperatura del agua y la existencia de materia orgánica, lo que disminuye su concentración a medida que la materia orgánica se descompone (Roldan, 2016); en la evaluación del recurso hídrico, la concentración de oxígeno disuelto es esencial porque determina el desarrollo de las especies de macroinvertebrados, según su tolerancia y su rango de adaptación, esto establece la estructura y el funcionamiento biótico de estos sistemas (Sierra Ramírez, 2011).

Según López et al. (2019), para mantener las buenas condiciones de las poblaciones de organismos en aguas naturales, se recomienda una concentración mínima de 4,0 mg/l, cualquier material orgánico presente se descompone anaeróbicamente si no hay suficiente oxígeno presente en la columna de agua. Un indicador de alta contaminación es la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua, ya que indica la identificación de organismos que respiran y se multiplican a un ritmo mayor que la difusión del oxígeno desde la atmósfera al cuerpo de agua.

Figura N° 14

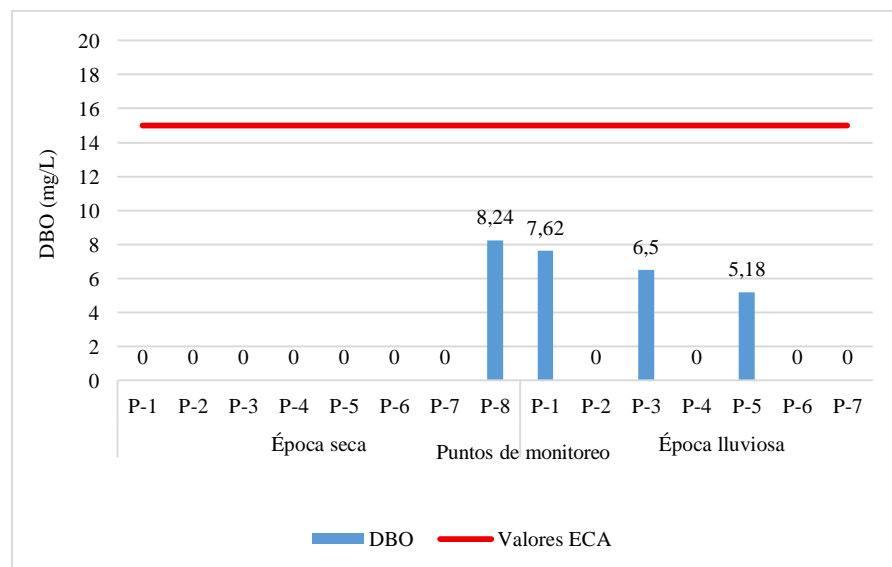
Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al oxígeno disuelto



#### 4.2.7. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Figura N° 15

Demanda bioquímica de oxígeno de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa



La demanda bioquímica de oxígeno en las dos estaciones de monitoreo se encuentra por debajo de lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, lo cual indica la buena oxigenación en las aguas superficiales, la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, alteran a las comunidades biológicas en esta zona. En esta zona existe contaminación fecal, por la descarga del efluente de las

lagunas de estabilización, las concentraciones de materia orgánica biodegradable son también elevadas, y al ser este parámetro un indicador de la cantidad de oxígeno que se necesitaría para biodegradar dicha materia orgánica presente en estas aguas, se corrobora que dichas aguas están en constante contaminación.

Según los resultados en la época de lluvia en el P1 se encuentra la presencia de DBO, esto puede deberse a los escurrimientos agrícolas con fertilizantes y pesticidas, las aguas residuales orgánicas, la explotación de canteras y materiales, la disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios y la identificación de granjas de aves y porcinas son fuentes contaminantes en el sistema hídrico (Lucero & Paredes, 2017).

Del mismo modo en el P8, que está ubicado aguas abajo y donde se une con otros afluentes, puede ser un indicador para encontrar concentraciones de DBO. Por otro lado, los valores superiores de DBO al límite permisible de la normativa, afectan a la vida acuática y son causados por las descargas del alcantarillado público de las poblaciones aledañas hacia el cuerpo hídrico (Idrogo Uriarte, 2023).

Romero y Tarrillo (2017), en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, obtuvo resultados para la  $DBO_5$  por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM) (2,6 mgO<sub>2</sub>/L) en todos sus puntos de monitoreo lo que implica que se tiene aguas con una buena disponibilidad de oxígeno disuelto.

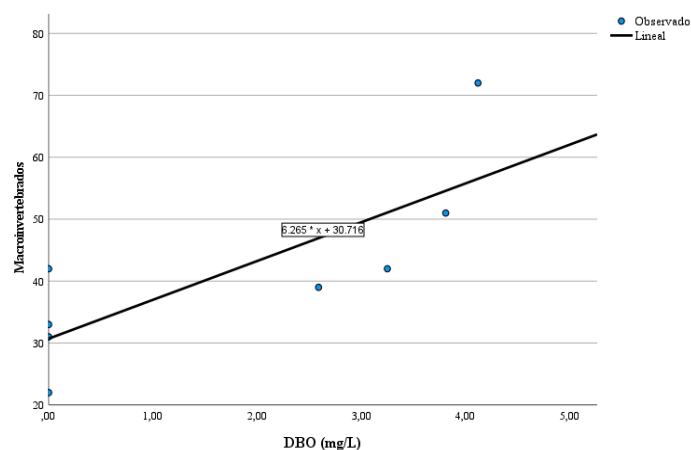
### Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

En la figura 16, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.787$ ), indicando una correlación positiva directamente proporcional y alta entre variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,619$ ), indica que 36% de la variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) explica la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = 6.265x + 30.716$ . Idrogo Uriarte (2023) encontró un valor de coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,141$ ), indica que la DBO<sub>5</sub> influye en 14,1% sobre los macroinvertebrados, indica que el río tiene una buena capacidad de autodepuración y no hay una deficiencia de oxígeno disuelto en el agua.

La proliferación de bacterias que agotan el oxígeno tiene como consecuencia que algunas especies de macroinvertebrados y otros seres vivos ya no pueden vivir en estas aguas por la falta de oxígeno (Viale Estremadoyro, 2008).

#### Figura N° 16

*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función a la demanda bioquímica de oxígeno.*

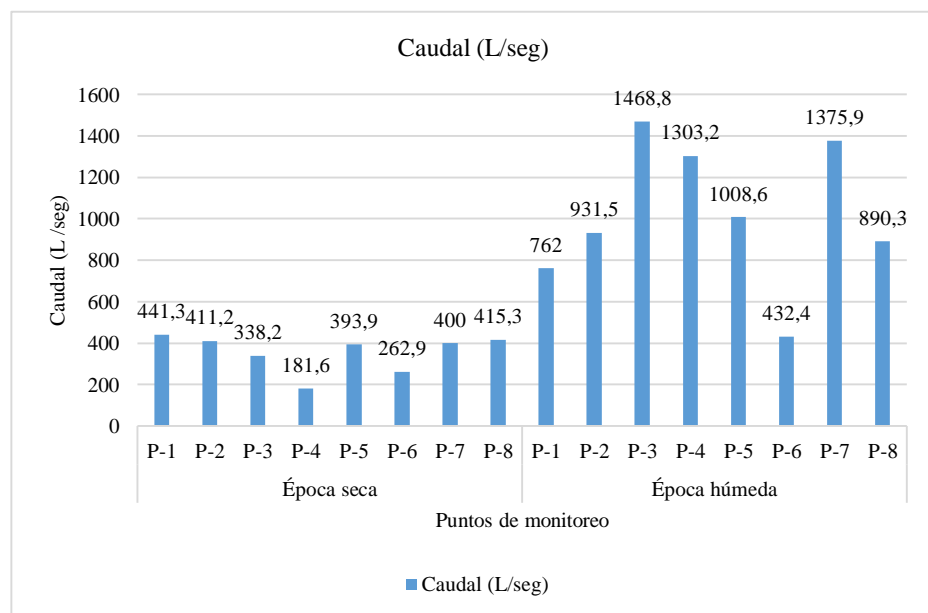




#### 4.2.8. Caudal

**Figura N° 17**

*Caudal de los puntos de monitoreo en época seca y lluviosa*



En la época húmeda se observa que el caudal máximo registrado fue en el P2 (1468 L/seg.) y el valor mínimo se encontró en el P5 con un valor de 432.4 L/seg; en época seca el máximo valor se encontró en el P8 con 762L/seg y el valor mínimo se encontró en el P3 con 181.6 L/seg, la disminución del caudal en el P6 se debe a las actividades de la central hidroeléctrica que tiende a disminuir el caudal, modificando el nivel del agua; la variación en el caudal es otro componente que cambia la distribución y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos. Así, ante disminuciones del caudal se da un aumento de organismos que toleran bajas concentraciones de oxígeno y altas temperaturas (Roldan, 2016).

Con el aumento del caudal y el consecuente aumento en las velocidades más la disponibilidad del oxígeno disuelto, favorecen a aquellas especies que están adaptadas a altas velocidades y mayor fuerza de arrastre (Hoyos Pompa, 2019). La central hidroeléctrica Atuyunga disminuye el caudal en P6 pero incrementa el caudal y la presión en P7 y

P8 al liberar agua, afectando la población de macroinvertebrados en la zona.

### **Regresión lineal entre el número de macroinvertebrados y el caudal**

En la figura 18, se muestra el coeficiente de correlación lineal ( $R = 0.160$ ), indicando una correlación negativa y débil entre variables. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,026$ ), este valor muestra que el 2.6% de la variación del caudal influye en la presencia de los macroinvertebrados en el río Cantange. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es:  $Y = -0.0138x + 51.002$ . Por su lado, Idrogo (2023), determinó un coeficiente de correlación lineal ( $r = 0,5937$ ) indicando que a medida que el caudal aumenta el número de individuos de macroinvertebrados también aumenta, asimismo calculó que el caudal influye en 35,25 % sobre los macroinvertebrados.

García Ríos (2016), señala que el caudal juega un papel crucial, puesto que esto indica una mayor estabilidad en términos de condiciones de hábitat y disponibilidad de comida, para preservar una diversidad acuática más rica. Es imprescindible que el caudal sea evaluado en el marco de la normativa peruana para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), ya que es esencial en la valoración de la calidad del agua a través de macroinvertebrados bentónicos.

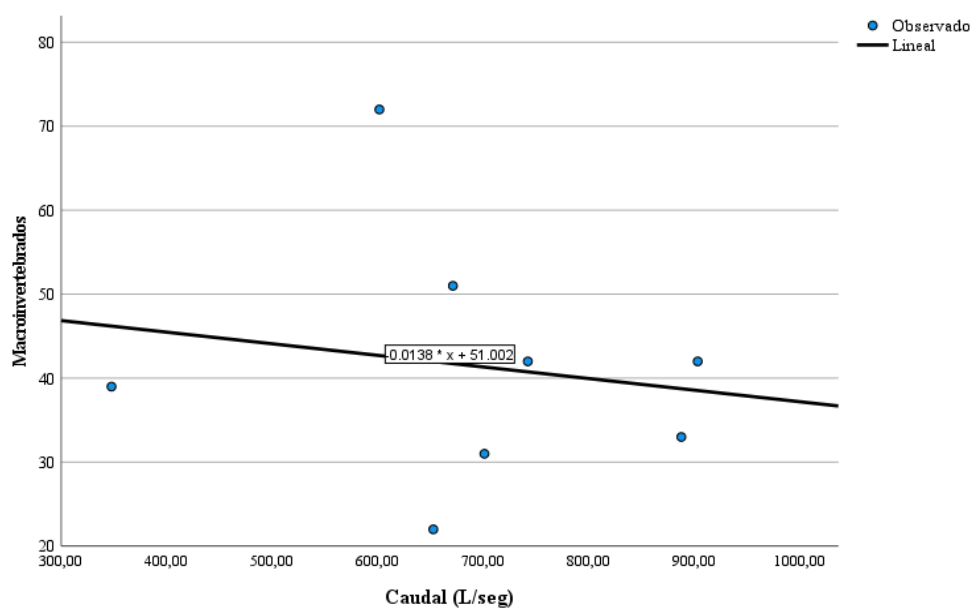
Por su parte, Poblete Niño (2013), en el río Chuyungual, en La Libertad, se hallaron datos de flujo que oscilan entre 7 y 120 m<sup>3</sup>/s en junio y 13-1800 m<sup>3</sup>/s en noviembre, estos cambios influyen en las distribuciones de las familias de macroinvertebrados, según Luciani Alegría (2022)

argumenta que las variaciones de las condiciones hidráulicas en el medio fluvial afectan a la distribución de los macroinvertebrados de forma directa, seleccionando taxones con diferentes requerimientos hidráulicos, e indirecta, alterando otras características del hábitat físico que a su vez también influye en la distribución de los macroinvertebrados, como son la composición del sustrato o la distribución de los recursos tróficos.

La frecuencia y magnitud de las perturbaciones ocasionadas por eventos extremos en el caudal pueden considerarse como los elementos clave del régimen hidrológico a la hora de gobernar los cambios estacionales en las comunidades fluviales (Montoya Mora, 2021).

**Figura N° 18**

*Regresión lineal para los macroinvertebrados en función al caudal*



#### **4.3. Relación de los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos obtenidos en los puntos de muestreo del río Cantange**

**TABLA N° 18**

*Comparativo de los índices biológicos calculados en época seca y época lluviosa*

Índices biológicos	Época de monitoreo	Antes de las truchas		Después de truchas				Bocatoma central hidroeléctrica		Desembalse hidroeléctrico al río Cantange		Promedio $\bar{X}$	Clase	Categoría de calidad	Clasificación cualitativa
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8						
<b>EPT</b>	Época seca	50	52	36	30	88	83	71	31	55.13	IV	Dudosa	Aguas contaminadas		
	Época lluviosa	53	72	33	73	93	100	25	22	58.88	IV	Dudosa	Aguas contaminadas		
<b>BMWP/Col</b>	Época seca	69	52	72	57	55	78	47	39	58.63	IV	Dudosa	Aguas contaminadas		
	Época lluviosa	66	47	35	44	34	19	33	25	37.88	IV	Dudosa	Aguas contaminadas		
<b>ASPT</b>	Época seca	6.3	5.7	5.8	5.0	6.9	7.1	6.7	6.5	6.2	IV	Dudosa	Aguas contaminadas		
	Época lluviosa	6.6	6.7	7.0	6.3	6.8	9.5	6.6	6.2	7.0	III	Aceptable	Son evidentes algunos efectos de contaminación		

Al realizar el análisis promedio en cada punto por cada época monitoreada, los resultados de los índices biológicos evidencian una agrupación, en este caso la mayoría de los sitios de muestreo presentaron una calidad dudosa tanto para el índice EPT y BMWP/Col, con respecto al índice de ASPT presenta una calidad dudosa para la época seca y aceptable en época lluviosa.

El análisis a través de la regresión lineal múltiple determinó un grado de significancia en el parámetro oxígeno disuelto, excluyendo a los demás parámetros, debido a que no son significativos influyentes en la variable dependiente (presencia de macroinvertebrados bentónicos), tal como se muestra en la tabla siguiente:

**TABLA N° 19**

*Determinación de la relación de los componentes fisicoquímicos con macroinvertebrados bentónicos*

Modelo	Variables introducidas/eliminadas <sup>a</sup>		Método
	Variables introducidas	Variables eliminadas	
1	DBO, CE, Caudal, pH, Temperatura, OD <sup>b</sup>	DBO, CE, Caudal, pH, Temperatura.	Introducir

a. Variable dependiente: Presencia de macroinvertebrados bentónicos

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Para realizar el análisis de la relación entre variables que son presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, que permite determinar las variables independientes más influyentes en la variable dependiente.

**TABLA N° 20**

*Determinación de la variable constante y mas influyente*

Variable dependiente: Macroinvertebrados

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	230,411	38,828		5,934	,001
Oxígeno disuelto (mg/L)	-26,995	5,536	-,894	-4,876	,003

Un análisis de regresión lineal, realizado con IBM SPSS, investigó la influencia de parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, pH, nitratos, sulfatos, oxígeno disuelto y Demanda Biológica de Oxígeno - DBO) en la abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Cantange. El análisis

reveló que únicamente el oxígeno disuelto ( $p=0.003 < \alpha=0.05$ ) mostró una influencia significativa. Los demás parámetros presentaron valores de  $p$  superiores a 0.05, indicando una falta de significancia estadística en su impacto sobre la abundancia de macroinvertebrados.

Es importante destacar que los niveles de los parámetros no significativos se mantuvieron por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental del agua (D.S. 004-2017-MINAM). Además, se observó una baja correlación lineal entre estos parámetros y la abundancia de macroinvertebrados, con excepción de la temperatura, que presentó una correlación moderada.

El modelo de regresión lineal, con la abundancia de macroinvertebrados como variable dependiente y los parámetros fisicoquímicos como variables independientes, permitió determinar la importancia relativa de cada factor. La significancia estadística del oxígeno disuelto confirma su papel crucial en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados del río Cantange. Esta información es fundamental para la gestión y conservación del ecosistema, permitiendo enfocar los esfuerzos de monitoreo y manejo en los factores que realmente impactan la biodiversidad acuática. La ausencia de significancia de los otros parámetros, dentro de los límites de calidad ambiental, sugiere un buen estado general del río, aunque la vigilancia continua es necesaria.

TABLA N° 21

*Parámetros excluidos en el análisis de regresión lineal múltiple*

Variables excluidas <sup>a</sup>						
Modelo		En beta	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticas de colinealidad Tolerancia
1	Temperatura (°C)	-,349 <sup>b</sup>	-1,864	,121	-,640	,677
	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	,194 <sup>b</sup>	,986	,370	,403	,871
	Potencial de hidrógeno (unidad de pH)	-,337 <sup>b</sup>	-1,475	,200	-,551	,539
	Nitratos (mg/L)	-,208 <sup>b</sup>	-1,150	,302	-,457	,976
	Sulfatos (mg/L)	-,224 <sup>b</sup>	-1,029	,351	-,418	,703

a. Variable dependiente: Macroinvertebrados

111b. Predictores en el modelo: (Constante), Oxígeno disuelto (mg/L)

**TABLA N° 22** *Regresión lineal para los parámetros fisicoquímicos y la presencia de los macroinvertebrados*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.894 <sup>a</sup>	0.799	0.765	7.307

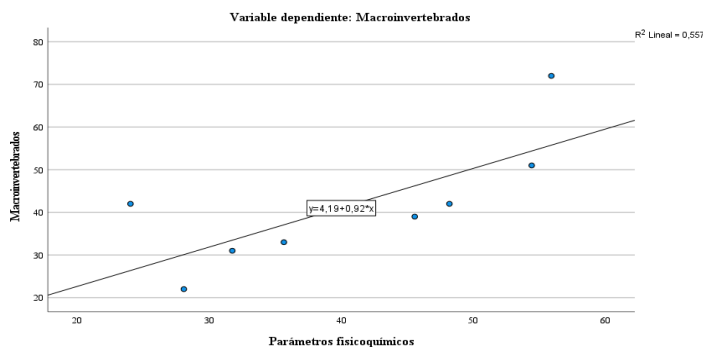
a. Variables predictoras: (Constante), Oxígeno disuelto (mg/L)

b. Parámetros excluidos: DBO, CE, Caudal, pH, Temperatura

Por otro lado, según el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), para las variables en estudio, indican el grado de asociación entre la presencia de los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos, mientras más se acerca a 1 indica una relación fuerte entre variables, cuando es muy cercano a 0 indica una relación débil y cuando es igual a 0 no hay relación (Montoya Mora, 2021).

**Figura N° 19**

*Coefficiente de determinación entre las variables*



En la tabla 22, se muestra que el valor de R es igual a 0.894 mostrando una correlación lineal positiva alta; del mismo modo el valor de  $R^2$  ajustado es 0.765, indicando que el 76% de los parámetros fisicoquímicos influyen en la presencia de los macroinvertebrados; asimismo, los datos tienden una tendencia lineal, considerando que la mayor cantidad de datos se encuentran cercanos a línea de regresión; por tanto, existe una relación directa entre la presencia de los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos, de ellos, el más influyente en la variación de la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados es el oxígeno disueltos seguido de la temperatura, para Ayala et al. (2019), no existe una diferencia significativa entre las temporadas estacionales en que se llevan a cabo los muestreos, afirmando una independencia entre épocas de monitoreo, lo que quiere decir que la temporada climática no hace que los resultados de los índices sean estadísticamente diferentes.

Es por ello que en los puntos P7 y P8, el aumento de la concentración de DBO muestra una alteración en estos puntos afectando la presencia de las familias Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT), categorizándola en un nivel de calidad de agua muy crítica. Alomía et al. (2017), mencionan que, la alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua puede causar una disminución de los organismos más sensibles como Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT).



La presencia de individuos de familias indicadoras de alta calidad existe en algunos puntos de monitoreo; sin embargo, la intervención antrópica y la contaminación orgánica del agua por descargas de agua residual, ganadería, actividades hidroeléctricas, así como la identificación de actividades de crianza de truchas, alteran de manera evidente la calidad en algunos sitios a lo largo del área monitoreada, lo que cambiaron el valor del promedio de los índices biológicos, presentando una calidad de agua dudosa. De manera similar, la disminución de la calidad del hábitat circundante se puede justificar utilizando los resultados de los índices de calidad del hábitat (Rincón, Teresa, & Soler, 2021).

Cordero (2015), manifiesta que los Ephemeroptera, no soportan los potenciales de hidrógeno (pH) ácidos, son encontrados en mayor cantidad en pH alcalinos y en aguas con oxígeno disuelto con valores promedios normales entre 7.77 y 8.08 mg/L, permitiendo su óptimo desarrollo. Lo mismo evidenció Mosquera y Peña (2021), quien evidenció que factores como la acuicultura, agricultura, ganadería, actividades recreativas y asentamientos subnormales, alteran la calidad del agua. Por otro lado, los impactos ambientales negativos asociados con la acuicultura incluyen eutrofización de las aguas, calidad del agua, alteración o destrucción de los hábitats naturales; introducción y transmisión de enfermedades de los animales acuáticos (Roldan, 2016), es posible que esta actividad que se realiza en el río Cantange influya en la calidad de agua determinada a través de los índices bióticos. No obstante, al ser una actividad pequeña aún no evidencia impactos graves visibles, en cuanto a la acumulación de nutrientes que ocurre cuando hay una alta densidad, los peces producen desechos, que tienen el potencial de acumularse en el área circundante.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

Se identificó un total de 332 individuos de macroinvertebrados identificados en ambos periodos de muestreo (seca y lluviosa), distribuidos en 3 clases, 9 órdenes y 24 familias. El índice Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT) tiene un puntaje promedio de 54.2 en la época seca y 62.2 en época lluviosa; el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) un promedio de 58.6 en época seca y de 35.0 en época lluviosa, ambos índices establecen la calidad de agua como dudosa para ambas épocas, este resultado son de los puntos antes y después de las piscigranjas donde se realizan actividades de acuicultura que afectan la calidad de agua del río Cantange; por último el índice ASPT tiene un promedio en época seca de 6.3 estableciendo a la calidad de agua como dudosa, aguas contaminadas y 7.0 en época lluviosa catalogando a la calidad de agua como aceptable.

Los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, la conductividad eléctrica, nitrato, sulfatos, oxígeno disuelto y DBO se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua; sin embargo, el potencial de hidrogeno (pH) los valores fluctúan entre 8.41 y 8.7 en época seca superando en los puntos P1, P5, P6 y P7 a los ECA, en época lluviosa entre 8.18 y 8.56 encontrándose en los P2 y P5 al límite

del rango establecido para la categoría 4: conservación del ambiente acuático del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM.

Finalmente, el coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado con un valor de 0.765, determina una correlación positiva directamente proporcional y alta entre la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos, asimismo se determinó estadísticamente que el oxígeno disuelto es el parámetro más influyente con una significancia de 0.003, concluyendo que la presencia de los macroinvertebrados bentónicos se ven influenciados por los parámetros fisicoquímicos del agua.

### **Recomendación**

Realizar monitoreos periódicamente de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en puntos estratégicos, con la finalidad de conocer el estado actual del recurso hídrico y con ellos proponer e implementar planes de gestión ambiental para la mejora y conservación del río Cantange.

Continuar monitoreando la calidad del agua a través de los macroinvertebrados bentónicos y el cálculo de los índices bióticos, para determinar la variación de la calidad del agua en las diferentes cuencas.

Realizar estudios adicionales para profundizar el conocimiento de la calidad del río Cantange, como el análisis de la calidad del agua a nivel microbiológico, estudio de la dinámica de la vegetación ribereña y su influencia en la calidad del agua.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

- Alomía, J., Iannacone, J., Alvariño, L., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río huallaga, Perú. *The Biologist*, *15*(1), 65-84. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9397838>
- Alonso, A., & Camargo, J. (2018). Estado actual y las perspectivas en el empleo de la comunidad de MIB como indicadores del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, *14*, 87-99.
- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., & Fagua, G. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. (1 ed.). Panamericana Formas e Impresos S.A. Retrieved from <https://repository.humboldt.org.co/server/api/core/bitstreams/5902a7fa-9c1f-430a-b012-bd6872928315/content>
- Asueta, R., Súnico, A., Martín, J. P., & Sierpe, C. (2019). Uso de Indicadores Bióticos Basados en Macroinvertebrados Bentónicos para la Determinación de Calidad Ambiental en la Cuenca Superior del Río Gallegos, Santa Cruz 2019. *Reinar, Contaminación*, *11*(1), 106-126. doi:<https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i1.776>
- Avila, N. D., & Quilca, J. A. (2021). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, sub-cuenca del Río Shullcas - Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad]. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8612>
- Ayala, S., Reinoso, W., Calderon, D., Jaramillo, A., & Mesa, D. (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos. *Avances*, *16*(1), 49-65. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7855011>
- Barbosa, L., Silva, P., & Araujo, L. (2016). Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-Mossoró.

- Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. *Holos, Ano, 32(1)*, 7-121. doi:<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4183/1592>
- Bejarano Rodríguez, A. Y. (2017). *Calidad del agua de la microcuenca del río Pollo - Distrito de Otuzco, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23233>
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. Retrieved from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 13(1), 41-49. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6768951>
- Bullon, V. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3462/Bull%20c3%b3n%20Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carollo Limeres, C. (2012). Regresión lineal simple. *Estadística FBA*, 1, 1-31. doi:[http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat\\_50140116\\_Regr\\_%20simple\\_2011\\_12.pdf](http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf)
- Carranza Rivera, E. (2019). *Variabilidad espacial de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en un gradiente longitudinal del río Chotano*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Obtenido de <https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/145/Informe%20final%20-%20Tesis%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Printed in Ecuador. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Chauca Ayquipa, C. C. (2022). *Calidad del agua y su relación con macro invertebrados bentónicos en la cuenca del río Mariño Distrito de Abancay – Apurímac, 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6951cd09-00ea-415b-83e2-ceae6fce9df1/content>
- Cordero Ledergerber, P. A. (2015). *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos*. [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/20cb94e6-bd12-4919-af1e-fb438221e246/content>

- Crettaz Minaglia, M., Ariel Juaréz, R., Aguer, I., Borro, E., & Peruzzo, R. (2014). Aplicación de índices de calidad de agua en un arroyo pampeano utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores (Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina). (30), 93-105. Gualeguaychú, Argentina: Biología Acuática. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7254003>
- Custodio, M., & Chanané, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44. doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- Domínguez, E., & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (1 ed.). Fundación Miguel Lillo. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/260417584\\_Macroinvertebrados\\_bentonicos\\_Sudamericanos\\_Sistematica\\_y\\_Biologia](https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia)
- Escobar, A., & Montoya, Y. (2019). Factores limitantes y umbrales para conjuntos de macroinvertebrados en ríos europeos: evidencia empírica de tres conjuntos de datos sobre calidad del agua, urbanización de cuencas y restauración de ríos. *Revista Politécnica*, 15(19), 65-81. doi:<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a6>
- Flores Rojas, D. (2014). *Guía para la vigilancia Aguas es vida* (1 ed.). Acosta Publicidad y creatividad. Obtenido de [https://issuu.com/grufides/docs/gu\\_a\\_de\\_vigilancia\\_ambiental\\_con\\_m](https://issuu.com/grufides/docs/gu_a_de_vigilancia_ambiental_con_m)
- García Ríos, R. F. (2016). *Diversidad de Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Peru) y su uso como indicadores biológicos*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5188>
- Gomez, S., Salazar, C., & Longo, M. (2016). Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 20-38. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/491/49148414003/html/>
- González, N., Sánchez, S., & Mairena, Á. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani*, 68, 53-63. doi:<https://doi.org/10.5377/wani.v68i0.1354>
- Gutiérrez Rojas, Y. (2009). *Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa María*. [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Obtenido de [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5630/Uso\\_del\\_suelo\\_vegetacion\\_riberena\\_y\\_calidad\\_del\\_agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5630/Uso_del_suelo_vegetacion_riberena_y_calidad_del_agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez, J., H. W. Riss, H., & Ospina-Torres, R. (2016). Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia*, 26(1), 151-160.

doi:[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-52322006000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322006000100005)

- Hoyos Pompa, N. (2019). *Calidad del agua en función a los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3305/TESIS-INFORME%20FINAL-NHP-cajamarca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaman Matos, L. (2019). *Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio – provincia de Chupaca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Obtenido de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5326/T010\\_75342979\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5326/T010_75342979_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Idrogo Uriarte, J. N. (2023). *Evaluación de la calidad del agua del río Chotano mediante macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en los distritos de Lajas y Cochabamba*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6149>
- Jáuregui Araujo, D. Y. (2019). *Determinación de la calidad del agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3299/JAUREGUI%20ARAUJO%20DAYSI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lisboa Barrientos, J. L. (2019). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el río Chira, Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP\\_acbbf5ee04e27502e106a30767b44227](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_acbbf5ee04e27502e106a30767b44227)
- López, S., Huertas, D., Jaramillo, Á., Calderón, D., & Díaz, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 269-288. doi:<https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>
- Lucero, M., & Paredes, M. (2017). *Determinación del índice trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi, sector Lasso, cantón Latacunga*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Cotopaxi]. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4206>
- Luciani Alegría, J. A. (2022). *Determinación de la relación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y macroinvertebrados acuáticos - Santa Carmen*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/items/58afede7-9f85-4e5b-b75c-da9ee00e7733>
- Medina Infante, N. W. (2024). *Calidad del agua a través de la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores y algunos parámetros fisicoquímicos en el río Jadibamba del distrito Huasmín*. [Tesis de pre grado, Universidad

- Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/7576/TESIS%20NEYCER%20WALTER%20MEDINA%20INFANTEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medina Valdivia, Y. K. (2011). *Macroinvertebrados bentónicos indicadores de contaminación en el río Chili*. Arequipa, Peru: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/468362415/MACROINVERTEBRADOS-BENTONICOS-INDICADOR-docx>
- Montoya Mora, V. J. (2021). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en la microcuenca baja del río Quevedo y su relación con los usos del suelo*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b0c06143-752b-429b-9a15-3a321ae989fd/content>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (1 ed.). GORFI, S.A. Obtenido de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Mosquera, D., & Peña, E. (2021). *Evaluación de la calidad del agua de un río tropical usando índices bióticos, fisicoquímicos y de diversidad*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]. Obtenido de <https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/220>
- Naiman, R., & Turner, M. (2019). Una perspectiva futura sobre los ecosistemas de agua dulce de América del Norte. *Ecological Applications*, 10, 958-970. doi:[https://www.researchgate.net/publication/346062638\\_A\\_FUTURE\\_PERSPECTIVE\\_ON\\_NORTH\\_AMERICA'S\\_FRESHWATER\\_ECOSYSTEMS](https://www.researchgate.net/publication/346062638_A_FUTURE_PERSPECTIVE_ON_NORTH_AMERICA'S_FRESHWATER_ECOSYSTEMS)
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (4 ed.). Obtenido de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>Palma
- Orozco, Y. V., Lesmes, C., & Segura, S. (2021). Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Gachaneca en Boyacá. *Prospectiva Científica*, 17(17), 35-41. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/359560770\\_Macroinvertebrados\\_Acuaticos\\_como\\_Bioindicadores\\_de\\_la\\_Calidad\\_del\\_Agua\\_en\\_la\\_Cuenca\\_del\\_Rio\\_Gachaneca\\_en\\_Boyaca\\_Prospectiva\\_Cientifica\\_ISSN1794-7774\\_Ano\\_17\\_No\\_17\\_2021](https://www.researchgate.net/publication/359560770_Macroinvertebrados_Acuaticos_como_Bioindicadores_de_la_Calidad_del_Agua_en_la_Cuenca_del_Rio_Gachaneca_en_Boyaca_Prospectiva_Cientifica_ISSN1794-7774_Ano_17_No_17_2021)
- Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos* (1 ed.). Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Palma-6/publication/318970118\\_GUIA\\_PARA\\_LA\\_IDENTIFICACION\\_DE\\_MACROINVERTEBRADOS\\_ACUATICOS\\_DE\\_CHILE/links/5988e63aaca27266ada4db7b/GUIA-PARA-LA-IDENTIFICACION-DE-MACROINVERTEBRADOS-ACUATICOS-DE-CHILE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Palma-6/publication/318970118_GUIA_PARA_LA_IDENTIFICACION_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUATICOS_DE_CHILE/links/5988e63aaca27266ada4db7b/GUIA-PARA-LA-IDENTIFICACION-DE-MACROINVERTEBRADOS-ACUATICOS-DE-CHILE.pdf)



- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., & Font, M. (2016). *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana* (1 ed.). Artes Gráficas SILVA. Retrieved from <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- Poblete Niño, E. D. (2013). *Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químico en la cuenca del río Chuyugual, La Libertad. Junio 2012-Diciembre 2012*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/278d0689-5715-4fdf-a670-49a8854954e5/content>
- Purihuamán, C., & Sánchez, E. (2022). Comunidades de macroinvertebrados bentónicos como bioindicador de calidad de agua en un sector del río Chotano, Perú. *Tecnología en Marcha*, 35(3), 117-127. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8557122>
- Quesada, F., Umaña, G., Springer, M., & Picado, J. (2020). Variación estacional y características físicoquímicas e hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 1-14. doi:<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68s2/0034-7744-rbt-68-s2-54.pdf>
- Quilca, J. A., & Avila, N. d. (2021). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, sub-cuenca del Río Shullcas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8612>
- Rincón, Teresa, M., & Soler, F. Y. (2021). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en el río Chicú, Cundinamarca, Colombia. *Hidrobiológica*, 31(1), 17-29. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v31n1/0188-8897-hbio-31-01-17.pdf>
- Rodríguez, A., Roldán, J., & Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas Altoandinas, La Libertad-Perú. *Rebiol, Universidad Nacional de Trujillo*, 41(1), 90-101. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Roldan Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia* (1 ed.). Impreades Presencia S.A. Obtenido de <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. doi:<https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/335>
- Roldán Pérez, G. A., & Ramírez Resirepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia* (2 ed.). Prinled and made in Colombia. Obtenido de <https://repositorio.accefyn.org.co/bitstream/001/71/1/ACCEFVN-AC-spa-2008-Fundamentos%20de%20limnolog%C3%ADa%20neotropical.pdf>

- Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 45-52. Retrieved from <https://searchworks.stanford.edu/view/5799477>
- Romero, D., & Tarrillo, H. (2017). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y 83 marzo 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad de Lambayeque]. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUDL\\_8e1f68a4a4eaffa23ecd1cf8b97cd6ff](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUDL_8e1f68a4a4eaffa23ecd1cf8b97cd6ff)
- Rosales, L. E., & Sánchez, S. (2013). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. *Revista Científica de FAREM- Estelí*(8), 66-75. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v0i8.2621>
- Salcedo Gustavson, S., Artica Cosme, L., & Andrea Trama, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la microcuenca San Alberto. 2(3). Oxapampa, Pasco, Peru: Apuntes de Ciencia & Sociedad. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5124791>
- Salcedo, S., Artica, L., & Trama, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes De Ciencia & Sociedad*, 3(2), 124-139. doi:<https://doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Sánchez, R., Cornejo, A., Boyero, L., & Santos, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del Río Capira, Panamá. *Tecnociencia*, 12(2), 57-70. Retrieved from <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/905>
- Sánchez, S., Polo, J., & Herrera, D. (2019). *Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de la calidad biológica del agua en la quebrada Miraflores, Chirinos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/123>
- Segnini, S. E. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*, 16(2), 45-63. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/284495760\\_El\\_uso\\_de\\_los\\_macroinvertebrados\\_bentonicos\\_como\\_indicadores\\_de\\_la\\_condicion\\_ecologica\\_de\\_los\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_corriente/link/568690c408ae1e63f1f58d5c/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY](https://www.researchgate.net/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cuerpos_de_agua_corriente/link/568690c408ae1e63f1f58d5c/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY)
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico*. doi:<https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*,

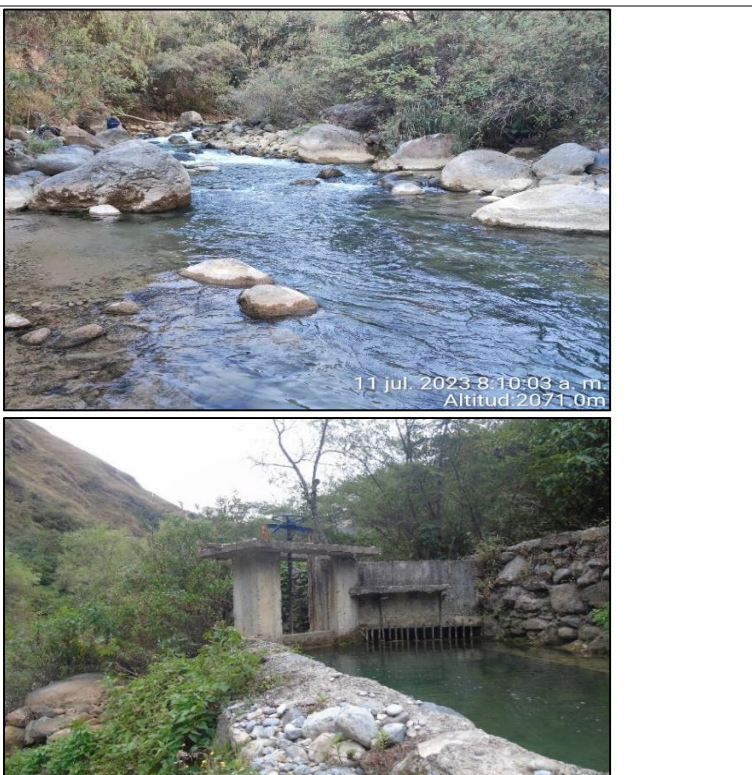
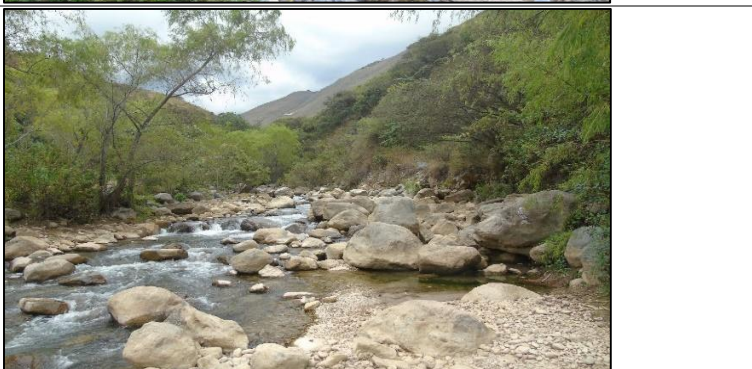
- 31(1), 1-12. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Tarrillo Campos, E. E. (2020). *Evaluación de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores del estado ecológico del río Tingo, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2019*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Obtenido de <https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/763311ca-b851-4342-9fc3-02dc60e69c81/content>
- Torralba, A., & Ocharan, F. (2017). Comparación del muestreo de macroinvertebrados bentónicos fluviales con muestreador surber y con red manual en ríos de Aragón. *Limnetica*, 26, 13-24. doi:<https://ddd.uab.cat/record/27957>
- Viale Estremadoyro, A. (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas* (1 ed.). Realidades S.A. Obtenido de [https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/Manual\\_estadisticas\\_ambientales.pdf](https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/Manual_estadisticas_ambientales.pdf)
- Vilca-Carhuapoma, E. (2022). Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú: una revisión. *South Sustainability*, 3(2), 1-8. doi:[https://www.researchgate.net/publication/366579336\\_Uso\\_de\\_los\\_macroinvertebrados\\_como\\_indicadores\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_agua\\_en\\_ecosistemas\\_loticos\\_en\\_el\\_Peru\\_una\\_revision](https://www.researchgate.net/publication/366579336_Uso_de_los_macroinvertebrados_como_indicadores_de_la_calidad_de_agua_en_ecosistemas_loticos_en_el_Peru_una_revision)
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., & Mellado, A. (2002). Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. *Limnetica*, 21(4), 149-173. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Zamora-Munoz/publication/287954205\\_Multivariate\\_approach\\_in\\_the\\_exploration\\_of\\_the\\_environmental\\_tolerance\\_of\\_macroinvertebrate\\_families\\_in\\_the\\_Mediterranean\\_rivers\\_for\\_the\\_GUADALMED\\_project/links/5681912808ae1e](https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Zamora-Munoz/publication/287954205_Multivariate_approach_in_the_exploration_of_the_environmental_tolerance_of_macroinvertebrate_families_in_the_Mediterranean_rivers_for_the_GUADALMED_project/links/5681912808ae1e)
- Zamora González, H. (2015). Macroinvertebrados acuáticos registrados durante la época de lluvias en tres ríos del piedemonte llanero colombiano. *Revista Colombiana de Ciencias Animal*, 7(2), 139-147. Obtenido de <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/download/243/284/747>
- Zeng, Y., Chang, F., Wen, X., Duan, L., Zhang, Y., Liu, Q., & Zhang, H. (2022). Seasonal Variation in the Water Quality and Eutrophication of Lake Xingyun in Southwestern China. *Water*, 14(1), 3677-3682. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/365380705\\_Seasonal\\_Variation\\_in\\_the\\_Water\\_Quality\\_and\\_Eutrophication\\_of\\_Lake\\_Xingyun\\_in\\_Southwestern\\_China](https://www.researchgate.net/publication/365380705_Seasonal_Variation_in_the_Water_Quality_and_Eutrophication_of_Lake_Xingyun_in_Southwestern_China)
- Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H., & Yao, X. (2020). Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22, 1-11. Obtenido

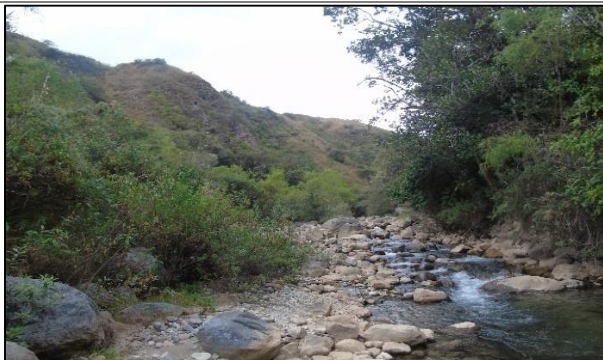
de <https://pdf.sciencedirectassets.com/306541/1-s2.0-S2351989420X00023/1-s2.0-S2351989419309357/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEBoaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCZEIeeeeFoa%2BNiZlG%2BE10MZrZHvFPd6vxYcKhr01g%2B%2FQIhAIQmCucR4cbthVNG6szl8lhanKO55plrdkso>

## CAPÍTULO VII

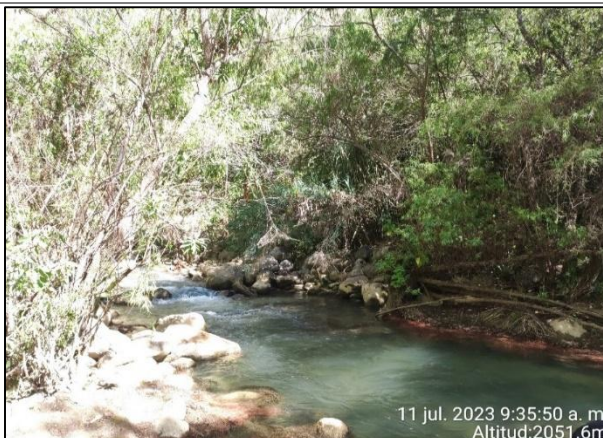
### ANEXOS

#### Anexo 1. Ubicación de los puntos de monitoreo.

DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
<p><b>Punto 1:</b> Ubicado en la parte alta de la cuenca del río Cantange antes de la bocatoma de las piscigranjas. Presencia de arbustos nativos de la zona y chacras a los alrededores.</p>	 <p>The top photograph shows a river with a rocky bed and water flowing over the stones. The bottom photograph shows a concrete dam structure (bocatoma) with water behind it.</p>
<p><b>Punto 2:</b> Ubicado después de la bocatoma de las piscigranjas. Presencia de arbustos nativos de la zona y chacras a los alrededores.</p>	 <p>The photograph shows the river flowing through a rocky bed, surrounded by green vegetation and hills in the background.</p>



**Punto 3:** Ubicado en la unión del desfogue de la piscigranja con el rio cantange. Presencia de arbustos nativos de la zona y chacras a los alrededores.



**Punto 4:** Ubicado aguas abajo Presencia de arbustos nativos de la zona y chacras a los alrededores.





**Punto 5:** Ubicado antes de la bocatoma de la central hidroeléctrica Cantange.



**Punto 6:** Ubicado aguas abajo de la captación de la bocatoma de la central hidroeléctrica Cantange.

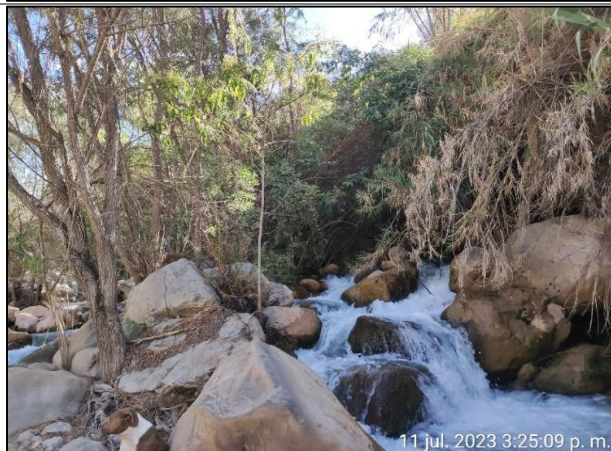




**Punto 7:** Ubicado aguas arriba de la unión de la bocatoma. Presencia a los alrededores de vegetación como son Hualangos.



**Punto 8:** Ubicado unión río Cantange con el desfogue del agua captada por la hidroeléctrica.







**Anexo 2.** Panel fotográfico de toma de muestras.

---

## PANEL FOTOGRÁFICO

---



1. Rio Cantange en temporadas seca y lluviosa.

---



2. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Celendín.



3. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca con presencia de Biólogo Marco Alfredo Sánchez Pena.
-



4. Muestras de macroinvertebrados recolectadas del río Cantango temporada lluvia.



5. Recolección de muestras de agua que serán analizadas por el laboratorio regional del agua Cajamarca y analizar los parámetros fisicoquímicos.
-

**Anexo 3.** Familias de macroinvertebrados colectados.

---

**Clase:** Gasteropoda  
**Orden:** Basommatophora  
**Familia:** Physidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Gasteropoda  
**Familia:** Physidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Diptera  
**Familia:** Blepharoceridae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Odonata  
**Familia:** Elmidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Naucoridae  
**Familia:** Hemiptera (Heteroptera)



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Ephemeroptera  
**Familia:** Baetidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Trichoptera  
**Familia:** Hydropsychidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** tricoptera  
**Familia:** hydropsychidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Diptera  
**Familia:** Ceratopogonidae



---

**Clase:** Gasteropoda  
**Orden:** Basommatophora  
**Familia:** Physidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Diptera  
**Familia:** Chironomidae



---

**Clase:** Insecta  
**Orden:** Diptera  
**Familia:** Simuliidae



Anexo 4. Taxonomía de los macroinvertebrados.

### Conoce a tu bichito

**Vida animal diversa**

Los MIB como todo ser vivo, como nosotros, son parte de una organización taxonómica. Es decir, son parte de grupos de animales parecidos entre sí que nos ayudan a comprender su vida. Así, tenemos desde el Reino hasta la Especie, que es el nivel más detallado de ser vivo que encontramos. En los Índices de Calidad de Agua con MIB nos pedirán hasta el nivel de "Familia".

Es por donde respiran. Pueden ser como púlvos (también)

Partes de una pata.

**Ejemplo**

Reino	Animal
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Familia	Elmidae
Género	Neoelmis
Especie	Neoelmis

**Los MIB se parecen a...**

Araña	Camaron	Lusano	Escarabajo	Bulbo	Caracol	Lusano con patas

**BICHNOS DEL RIO**

Fuente. Flores (2014)



**Anexo 5.** Informes de los resultados de los parámetros físicoquímicos analizados en el laboratorio regional de Cajamarca.

**A. Primer monitoreo**



**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 07230622**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **CARLOS ALBERTO YNFANTE VALLE**  
Dirección **-**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **cynfantev14@unc.edu.pe**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **11.07.23** Hora de Muestreo **7:00 - 16:30**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**  
Procedimiento de Muestreo **-**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **08**  
Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
Referencia de la Muestra: **RÍO CANTANGE - CELENDÍN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-624** Cadena de Custodia **CC - 0622 - 23**  
Fecha y Hora de Recepción **12.07.23 09:30** Inicio de Ensayo **12.07.23 09:45**  
Reporte Resultado **21.07.23 16:30**

Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 21 de julio de 2023



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 07230622

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Código Laboratorio			07230622-01	07230622-02	07230622-03	07230622-04	07230622-05	07230622-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río
Localización de la Muestra			N: 9225200 E: 820654	N: 9225499 E: 820702	N: 9225785 E: 820874	N: 9225985 E: 821087	N: 9226420 E: 822552	N: 9228449 E: 822801
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F)	mg/L	0.0380	0.100	0.094	0.106	0.092	0.112	0.110
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	2.812	2.757	2.819	2.814	2.404	2.307
Nitrato (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br)	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.948	0.879	0.916	0.812	0.823	0.763
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	4.770	4.732	4.845	4.696	6.131	6.380
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.50	7.37	7.55	7.84	7.50	7.61	7.41
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	0.15	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aceites y Grasas	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

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

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			P-7	P-8	-	-	-	-
Código Laboratorio			07230622-7	07230622-8	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra			N: 9229688 E: 826048	N: 9229754 E: 825927	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F)	mg/L	0.0380	0.108	0.124	-	-	-	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	2.988	2.269	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br)	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.330	0.789	-	-	-	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	6.318	14.89	-	-	-	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.50	7.14	7.90	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	0.15	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	-	-	-	-

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



Cajamarca, 21 de julio de 2023



**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 07230622**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrito, Fosfato, N-NO <sub>2</sub> , N-NO <sub>3</sub> , P-PO <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH <sub>3</sub> D, 24th Ed. 2023: Nitrogen (Ammonia), Ammonia-Selective Electrode Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and

**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 o 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.
  - ✓ 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, 21 de julio de 2023

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**B. Segundo monitoreo.**

**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 01240019****DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **CARLOS ALBERTO YNFANTE VALLE**

Dirección -

Persona de contacto - Correo electrónico **cynfantev14@unc.edu.pe**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **10.01.24** Hora de Muestreo **7:00 - 15:25**

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

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **08**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos**

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

Referencia de la Muestra: **RÍO CANTANGE - CELENDIN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-031** Cadena de Custodia **CC - 0019 - 24**

Fecha y Hora de Recepción **11.01.24 07:50** Inicio de Ensayo **11.01.24 08:05**

Reporte Resultado **22.01.24 16:30**

Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

**Cajamarca, 22 de Enero de 2024**



**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 01240019**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Código Laboratorio			01240019-01	01240019-02	01240019-03	01240019-04	01240019-05	01240019-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río
Localización de la Muestra			N: 9225200 E: 820654	N: 9225499 E: 820702	N: 9225785 E: 820874	N: 9225985 E: 821087	N: 9226420 E: 822552	N: 9226448 E: 822801
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	0.074	0.070	0.072	0.070	0.073	0.069
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	1.205	1.176	1.164	1.142	1.162	1.212
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.118	1.007	0.346	1.106	0.926	0.948
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	2.907	3.077	2.950	3.012	3.527	3.550
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.50	4.90	5.55	7.11	6.07	7.12	6.35
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	0.15	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aceites y Grasas	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	8.24	7.62	<LCM	6.50	<LCM	5.18
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

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

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			P-7	P-8	-	-	-	-
Código Laboratorio			01240019-07	01240019-08	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	-	-
Localización de la Muestra			N: 9228668 E: 826048	N: 9228794 E: 826427	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	0.070	0.078	-	-	-	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	1.263	1.358	-	-	-	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.562	0.467	-	-	-	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	3.508	5.52	-	-	-	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.50	7.32	7.23	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	0.15	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	1.7	<LCM	<LCM	-	-	-	-

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

Cajamarca, 22 de Enero de 2024



**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 01240019**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO <sub>2</sub> , N-NO <sub>3</sub> , P-PO <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 24 th Ed. 2023: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Nitrógeno Amomiacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH <sub>3</sub> D, 24th Ed. 2023: Nitrogen (Ammonia), Ammonia-Selective Electrode Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and

**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 de cada 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 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, 22 de Enero de 2024

**LABORATORIO REGIONAL**  
**DEL AGUA**

## Anexo 6. Certificado de calibración de multiparámetro HANNA INSTRUMENTS

HI98129.

HANNA instruments	
Instrument:	HI98129
S/N:	07070677111
Software version:	1.03
Description:	pH/EC/TDS/Temperature Waterproof Tester
Made in:	ROMANIA

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO9001.

The following tests have been performed according with the reference from the Quality Check Procedure of the meter.


The results are listed below:\*

Calibration Points	Results
7.01 pH	Passed
4.01 pH	Passed
1413 $\mu$ S/cm	Passed

Testing Points	Reading Values
10.01 pH	9.98 pH
2764 $\mu$ S/cm	2772 $\mu$ S/cm
25.0 °C	24.7 °C

\* All the above measurements were done at 25 °C with the current configuration.

Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2022.02.16      Inspector: Corina Pop  
 Title: Engineer  
 Signature: 

IQC\_HI98129\_rev.0.1\_June 2019      Page 1 of 1  
CS178109 07/20

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive  
 Woonsocket, RI 02895  
[www.hannainst.com](http://www.hannainst.com)