

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**“CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA COMUNIDAD DE  
MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL  
RÍO JADIBAMBA, DISTRITO HUASMÍN – CELENDÍN”**

## **T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**NEYCER WALTER MEDINA INFANTE**

**ASESOR**

Ph.D. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**NEYCER WALTER MEDINA INFANTE**  
DNI: N° 47611580  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**
2. Asesor:  
**Ph.D. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL**  
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 MEDIANTE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO JADIBAMBA, DISTRITO HUASMÍN – CELENDÍN**
6. Fecha de evaluación: 22/03/2024
7. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 18%
9. Código Documento: oid:3117:341745873
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 14/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <b>Ph.D. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL</b> DNI: 26717244

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Celendín, a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, 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° 387-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO JADIBAMBA, DISTRITO HUASMÍN - CELENDÍN**", realizada por el Bachiller **NEYCER WALTER MEDINA INFANTE** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **quince** horas con **treinta** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, con calificativo de **DIECISEIS ( 16 )**; por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

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

ING° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori  
PRESIDENTE

Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna  
SECRETARIO

Ing. M. Cs. Adolfo Máximo Lopez Aylas  
VOCAL

Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal  
ASESOR

COPYRIGHT © 2024 by  
NEYCER WALTER MEDINA INFANTE  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho afecto a mis padres Salustiano Medina Cotrina, Fredesvinda Infante Vargas por darme la vida y brindarme todo el apoyo para culminar mi carrera profesional y a mis hermanas Elodia Medina Infante, Hilda Maribel Medina Infante por darme los ánimos y motivos para superarme.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero agradecimiento a todos quienes hicieron posible la culminación de esta investigación.

A mis padres y hermanas por el apoyo incondicional en el trabajo de este proyecto de investigación.

Mi agradecimiento muy especial a mi asesor, PhD. Manuel Roberto Roncal Rabanal por la confianza, dirección y revisión de este trabajo.

A los docentes y de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca por compartirme sus conocimientos experiencia y motivación.

También le doy mi agradecimiento a mi amiga Leila Yesica Aguirre Lozano por brindarme su apoyo en la identificación de los organismos macroinvertebrados.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPITULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Antecedentes .....	4
2.2 Marco Teórico .....	7
2.2.1 Calidad del Agua .....	7
2.2.2 Cuenca Hidrográfica.....	8
2.2.3 Calidad Biológica del Agua .....	9
2.2.4 Macroinvertebrados .....	9
2.2.5 Principales Órdenes de Macroinvertebrados.....	11
2.2.6 Índices Relacionados con la Calidad del Agua .....	12
2.2.7 Índices Bióticos .....	13
2.2.8 Parámetros Físicoquímicos del Agua .....	16
2.2.9 Variables Físicoquímicas del Agua .....	17
2.3 Definición de Términos.....	18
CAPITULO III.....	20

MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Ubicación.....	20
3.2 Materiales y Equipos.....	25
3.3 Metodología.....	27
CAPITULO IV .....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1 Familias de Macroinvertebrados Presentes en el Río Jadibamba del Distrito Huasmín	32
4.2 Calidad del Agua del Río Jadibamba Utilizando los Índices de Sensibilidad EPT, BMWP y ABI .....	39
4.3 Parámetros Fisicoquímicos de las Aguas del Río Jadibamba – Huasmín .....	41
4.3.1 pH .....	41
4.3.2 Conductividad Eléctrica.....	43
4.3.3 Oxígeno Disuelto.....	44
4.3.4 Dureza .....	48
4.3.5 Nitrito y Nitrato .....	49
4.3.6 Fluoruro y Cloruro.....	51
4.3.7 Temperatura .....	53
4.4 Análisis Estadístico ANOVA para las Poblaciones de Macroinvertebrados.....	54
4.5 Coeficiente de Relación Lineal Entre los Factores de la Presencia de Macroinvertebrados y Algunos Parámetros Fisicoquímicos .....	56
4.5.1 Relación Lineal para la Conductividad.....	56
4.5.2 Relación Lineal para el pH.....	59
4.5.3 Relación Lineal para la Temperatura.....	62
4.5.4 Relación Lineal para el Oxígeno .....	66
CAPITULO V.....	71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
5.1 Conclusiones .....	71
5.2 Recomendaciones .....	73
CAPITULO VI .....	74
REFERENCIAS.....	74
CAPITULO VII.....	86
ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación de calidad de agua según el índice EPT</i> .....	14
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP</i> .....	15
<b>Tabla 3</b> <i>Calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino ABI</i> .....	16
<b>Tabla 4</b> <i>Valores de parámetros de la categoría 3 del ECA nacional para el agua</i> .....	16
<b>Tabla 5</b> <i>Ubicación georreferenciada de los puntos de muestreo en el río Jadibamba, Celendín</i> .....	23
<b>Tabla 6</b> <i>Cuadro de ANOVA</i> .....	31
<b>Tabla 7</b> <i>Familias de macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín en la época de lluvia</i> .....	35
<b>Tabla 8</b> <i>Familias de macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín en la época de estiaje</i> .....	38
<b>Tabla 9</b> <i>Índices de sensibilidad EPT, BMWP y ABI</i> .....	40
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por época</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por familia</i> .....	55
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por punto</i> .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación de los puntos de muestreo</i> .....	24
<b>Figura 3</b> <i>Valores de pH</i> .....	43
<b>Figura 4</b> <i>Valores de Conductividad Eléctrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</i> .....	44
<b>Figura 5</b> <i>Valores de oxígeno disuelto</i> .....	47
<b>Figura 6</b> <i>Valores de dureza</i> .....	49
<b>Figura 7</b> <i>Valores de nitrito y nitrato</i> .....	51
<b>Figura 8</b> <i>Valores de fluoruro y cloruro</i> .....	53
<b>Figura 9</b> <i>Valores de temperatura</i> .....	54
<b>Figura 10</b> <i>Modelo de relación lineal conductividad y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje</i> .....	57
<b>Figura 11</b> <i>Modelo de relación lineal conductividad y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje</i> .....	58
<b>Figura 12</b> <i>Modelo de relación lineal conductividad y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje</i> .....	59
<b>Figura 13</b> <i>Modelo de relación lineal pH y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje</i> .....	60
<b>Figura 14</b> <i>Modelo de relación lineal pH y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje</i> .....	61
<b>Figura 15</b> <i>Modelo de relación lineal pH y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje</i> .....	62
<b>Figura 16</b> <i>Modelo de relación lineal temperatura y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje</i> .....	63
<b>Figura 17</b> <i>Modelo de relación lineal temperatura y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje</i> .....	64
<b>Figura 18</b> <i>Modelo de relación lineal temperatura y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje</i> .....	65

**Figura 19** *Modelo de relación lineal OD y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje..... 67*

**Figura 20** *Modelo de relación lineal OD y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje..... 69*

**Figura 21** *Modelo de relación lineal OD y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje..... 70*

## RESUMEN

El presente estudio está enfocado a evaluar la calidad del agua a través de la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores y algunos parámetros fisicoquímicos en el río Jadibamba del distrito Huasmín. Se recolectaron cinco muestras de agua en diferentes puntos a lo largo del río durante las épocas de lluvia y estiaje, para determinar la calidad del agua se utilizaron índices de sensibilidad como EPT, BMWP y ABI, además, se analizaron las propiedades fisicoquímicas de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, dureza, nitritos y nitratos. Los resultados revelaron que el 60,6% de los individuos pertenecen a la familia Hyalellidae y 21,0% a Baetidae, lo cual refleja una rica biodiversidad acuática, por otro lado, según el índice EPT, la mayoría de los puntos de muestreo se clasifican como "sin impacto", a excepción del punto P1 durante la época de lluvia. Sin embargo, el índice BMWP y ABI indican que existen áreas críticas, especialmente durante la temporada lluviosa. Los análisis fisicoquímicos muestran concentraciones moderadas de cloruros y nitratos en la temporada de lluvias, con valores adecuados de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto; se observa relación positiva entre el índice EPT y parámetros como temperatura y pH. Por lo que se puede concluir, que la calidad del agua del río Jadibamba del distrito Huasmín medida a través de la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores y algunos parámetros fisicoquímicos es moderada a crítica, dependiendo de los puntos de muestreo y la temporada.

**Palabras claves:** Río Jadibamba, macroinvertebrados, bioindicadores, parámetros fisicoquímicos, calidad del agua.

## ABSTRACT

This study focused on assessing the water quality of the Jadibamba River in the Huasmín district through the presence of macroinvertebrates as bioindicators and some physicochemical parameters. Five water samples were collected from different points along the river during rainy and dry seasons. To determine water quality, sensitivity indices such as EPT, BMWP, and ABI were used, along with the analysis of physicochemical properties like pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, temperature, hardness, nitrites, and nitrates. Results revealed that 60.6% of the individuals belong to the Hyalellidae family and 21.0% to the Baetidae family, reflecting a rich aquatic biodiversity. According to the EPT index, most sampling points were classified as "unimpacted," except for point 1 during the rainy season. However, the BMWP and ABI indices indicated critical areas, especially during the rainy season. Physicochemical analyses showed moderate concentrations of chlorides and nitrates during the rainy season, with adequate values for electrical conductivity and dissolved oxygen. A positive correlation was observed between the EPT index and parameters such as temperature and pH. It can be concluded that the water quality of the Jadibamba River in the Huasmín district, as measured through macroinvertebrates as bioindicators and some physicochemical parameters, is moderate to critical, depending on the sampling points and the season.

**Keywords:** Jadibamba River, macroinvertebrates, bioindicators, physicochemical parameters, water quality.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los ríos y arroyos son los componentes más importantes del ecosistema, ya que forman el medio del ciclo de energía y materia entre los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos (Liu et al., 2020). No obstante, en los últimos años, varios cuerpos de agua dulce se han visto afectados por diferentes procesos inducidos por el hombre, incluida la contaminación y la degradación del hábitat (Keke et al., 2021).

Hasta ahora, el rápido crecimiento poblacional ha llevado a una contaminación y degradación acumuladas de los ríos a través de descargas de aguas residuales urbanas, descargas de efluentes industriales y manufactureros y escorrentías agrícolas; lo que resulta en la disminución de la calidad del agua y la reducción de la diversidad de vida acuática (Wantzen et al., 2019).

La contaminación generada por la actividad humana en el agua se ha transformado en un desafío de gestión urgente en la parte en desarrollo del mundo, dado que los arroyos y ríos de esta región se han visto enormemente afectados por las actividades antropogénicas; en consecuencia, las funciones y dinámicas de la biodiversidad y los sistemas ecológicos en el mundo en desarrollo se han visto gravemente afectadas, como lo demuestran los registros de la mayoría de los cuerpos de agua en esta región (Franca et al., 2019).

Con base en lo expuesto previamente, la evaluación y el control de la contaminación del agua son desafíos importantes y generalizados en los países en desarrollo porque el agua puede favorecer indirectamente la transmisión de muchas enfermedades (Kumar et al., 2021). Por ello, se han desarrollado varios métodos para analizar el deterioro de la calidad del agua, tales como la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad, la materia suspendida, los nutrientes incluidos el amonio, los nitritos, los nitratos y los ortofosfatos y a veces, los microcontaminantes, se han medido de forma rutinaria en varios arroyos tropicales. Desafortunadamente, tales análisis son costosos y los estudios de rutina de las concentraciones de contaminantes (que pueden variar mucho, tanto temporal como espacialmente) en áreas tropicales son escasos y no pueden permitir la detección eficiente de contaminaciones difusas y/o episódicas cuando se basan únicamente en medidas únicas (Kengne et al., 2022).

Por lo que, agregar parámetros biológicos relacionados con la configuración y la composición de los grupos de agua a la evaluación fisicoquímica de los ríos, ha demostrado su eficacia para evaluar completamente el impacto de los factores estresantes antropogénicos (Banda et al., 2023). En este sentido, los conjuntos de invertebrados integran cambios ambientales a lo largo de varios meses, y examinar la estructura y composición de dichos conjuntos tiene el potencial de informar de manera relevante sobre el estado ecológico de los cuerpos de agua y demostrar los efectos de la degradación ambiental pasada y presente (Ali & Lafta, 2021).

En el distrito de Huasmín se puede apreciar que las aguas del río Jadibamba, son aprovechadas a lo largo de su recorrido para consumo de animales como también consumo humano y regadío, asimismo estas aguas posiblemente se encuentren alteradas por residuos bioquímicos que amenazan la calidad del agua. No obstante, hasta la fecha no se ha llevado a cabo ninguna investigación que ratifique esta circunstancia, por lo cual es esencial adquirir un conocimiento actualizado acerca de la calidad del agua en el río mediante un análisis biológico

y físico-químico, a partir de la presencia de macroinvertebrados, lo cual posibilitará una evaluación precisa de la calidad del agua. Además, esta información servirá para informar a la comunidad sobre la eventual contaminación del recurso hídrico.

La presente investigación se enfoca en el estudio de la calidad de agua del río Jadibamba, ya que, debido a las consecuencias ambientales ocasionadas por las acciones humanas los recursos hídricos se han visto afectados en su composición química, además permite mostrar el grado de la posible contaminación de este río, y profundizar los conocimientos teóricos sobre la importancia que tiene el agua para la vida, y así tener el cuidado de no contaminarlas. Además, ofrecerá una mirada integral sobre el daño ambiental producido por las actividades antrópicas que se realiza de una manera ilimitada, a fin de colaborar con la concientización de la población local.

En este contexto, el objetivo de la investigación es determinar la calidad del agua a través de la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores y algunos parámetros fisicoquímicos en el río Jadibamba del distrito Huasmín. Para lo cual, se desarrollaron los siguientes objetivos:

- Identificar las familias de macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín.
- Determinar la calidad del agua del río Jadibamba utilizando los índices de sensibilidad EPT, BMWP y ABI, estableciendo la calidad de la fuente.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos, como el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, dureza, nitritos y nitratos de las aguas del río Jadibamba – Huasmín.
- Determinar el coeficiente de relación lineal entre los factores de la presencia de macroinvertebrados y algunos parámetros fisicoquímicos.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes

A nivel internacional, se tiene el estudio de Tampo et al. (2021) evaluó la sensibilidad de métricas basadas en macroinvertebrados a nivel de familia y género en el río Zio. Se analizaron 21 parámetros de calidad del agua y datos de macroinvertebrados recolectados en tres períodos y 20 sitios de muestreo. A través de análisis de correspondencia canónica (CCA), factorial (FA) y de relación de Spearman, se identificó que la estructura y composición de los macroinvertebrados estaban influenciadas por perturbaciones humanas en la calidad del agua. Los macroinvertebrados se agruparon en taxones sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Odonata - EPTO), resilientes (Oligochaeta, Hirudinea, Diptera y Pulmonates - OHDP), y tolerantes (Prosobranchia, Bivalvia, Lepidoptera, Heteroptera y Coleoptera - PBLHC). Las métricas basadas en EPTO, como el índice multimétrico del río Zio (MMIZB), ASPT y BMWP, demostraron ser las más efectivas para discriminar gradientes de presión. El estudio concluyó que los macroinvertebrados son indicadores sensibles para programas de bioevaluación, incluso a niveles taxonómicos detallados (p. 1).

Así mismo se tiene el estudio de Kumar et al. (2021) analizó las variaciones estacionales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con las variables fisicoquímicas del río Mandakini, utilizando el índice de calidad del agua (WQI) para evaluar los cambios estacionales y su potencial uso futuro. Se analizaron muestras de agua de tres ubicaciones del río, valorando 14 parámetros de calidad del agua. Todos los parámetros estuvieron dentro de los límites de la OMS para agua potable, excepto la turbidez, que aumentó significativamente durante la temporada de lluvias. Se identificaron 12 taxones de macroinvertebrados, siendo *Philopotamus* sp. el predominante. El estudio concluyó que los desechos generados por el turismo y los químicos agrícolas son los principales responsables de la degradación de la calidad del agua en épocas de lluvias (p. 1844).

Así mismo se tiene el estudio de Vargas et al. (2023) evaluó la calidad del agua en el río Yanaquincha, en la Amazonía ecuatoriana, utilizando el índice BMWP-Col y parámetros fisicoquímicos. Se seleccionaron cinco sitios de muestreo clasificados en referencia, moderadamente impactados y gravemente impactados. Los resultados indicaron que la calidad del agua varió entre moderada, deficiente y mala, sin presencia de agua de buena calidad en ninguno de los sitios. Los sitios con calidad moderada mostraron mayor diversidad de familias de macroinvertebrados, siendo Chironomidae y Annelida las más abundantes. Las actividades humanas, como la disposición de desechos turísticos y químicos agrícolas, fueron identificadas como los principales factores que afectan la calidad del agua, especialmente en temporada de lluvias. El índice BMWP-Col se destacó como herramienta clave para evaluar la calidad biológica del agua y el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas fluviales (p. 1).

A nivel nacional, se tiene el estudio de Tarrillo (2019) realizó un estudio en el río Tingo, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2019, en el estudio realizado determino que

existe alteración de la calidad física y química de las aguas del río, registrado niveles altos de manganeso. Además, se observó un conteo total de 366 individuos, los cuales se distribuyeron en 3 categorías, 7 órdenes y 12 familias de macroinvertebrados. Notablemente, la clase Insecta emergió como la más predominante, abarcando el 99% de la población total. En cuanto a los puntos de muestreo E2 (ubicado a 50 metros aguas abajo de las descargas de la empresa CIA Minera Coimolache) y E3 (a 50 metros aguas abajo de las descargas de GOLDFIELDS), se concluyó que la ausencia de macroinvertebrados en el agua indica una calidad biológica extremadamente deficiente, lo que sugiere un alto grado de contaminación en estas aguas (p. 5).

Castañeda (2021) llevo a cabo un estudio en las aguas del río Grande en la localidad de Cortegana, ubicada en Celendín, Cajamarca, el cual tenía como objetivo principal determinar la calidad del río a través de la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos. Los resultados de la investigación concluyeron que, según los índices bióticos EPT, BMWP y ABI, la calidad del agua se clasifica como moderada. No obstante, en lo que respecta a los parámetros fisicoquímicos como el pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica y niveles de nitritos/nitratos, se observó que cumplen con los estándares establecidos, a excepción del pH en los puntos 4 y 5, donde se registraron valores de 8,51 y 8,52. Estos valores no cumplen con los ECAs nacionales destinados para aguas utilizadas en riego y consumo por animales. Durante el monitoreo realizado en noviembre de 2018, se detectaron condiciones de alcalinidad en el agua en estos puntos (p. ix).

Mientras que en el estudio de Ayala & Vera (2020), el cual tuvo como objetivo determinar la relación entre los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Lucas, en Cajamarca, durante los meses de septiembre de 2018 y febrero de 2019. En seis puntos de muestreo se identificaron 4 clases,

1 subclase, 6 órdenes y 13 familias de macroinvertebrados, evaluándose la riqueza, abundancia, frecuencia y diversidad. Se aplicaron los índices ABI y BMWP/Col., los cuales revelaron una predominancia de calidad "pésima" y "muy crítica" en la mayoría de los puntos monitoreados. Los parámetros fisicoquímicos analizados incluyeron temperatura, sólidos disueltos y suspendidos, pH, cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos, oxígeno disuelto, DQO, DBO5 y coliformes totales. Los parámetros que no cumplieron con la normativa fueron DQO, DBO5, oxígeno disuelto y coliformes totales, según los estándares ambientales para agua de categoría 3. Se observó una relación positiva entre oxígeno disuelto, pH y nitratos (p. 10).

De igual manera, en el estudio de Jáuregui (2019) se evaluó la calidad del agua del río Sendamal, ubicado en los distritos de Sucre, Sorochuco y Huasmín, provincia de Celendín, Cajamarca, Perú. Se establecieron nueve estaciones de monitoreo en dos periodos de 2018: estación húmeda (mayo) y estación seca (agosto). Se analizaron parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH, dureza, nitratos y nitritos, y temperatura. Además, se recolectaron macroinvertebrados bentónicos para determinar la biodiversidad a través de índices bióticos: EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), índice biótico andino (ABI) y el BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party). Los resultados indicaron que la calidad del agua varía según el periodo: moderadamente impactada en ambos periodos según el índice EPT, aceptable en general, aunque dudosa en la estación húmeda según el índice BMWP/Col, y buena en la estación seca, pero moderada en la húmeda según el índice ABI (p.1).

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 Calidad del Agua**

En todo el mundo, los cuerpos de agua superficiales pueden verse afectados por la contaminación, que puede tener tanto origen natural, como la presencia de sustancias

orgánicas naturales y la erosión de materiales particulados y sustancias disueltas, así como origen antropogénico, que incluye la descarga de aguas residuales de áreas residenciales, agricultura y actividades humanas como el transporte, entre otros (Montalvo et al., 2020).

La calidad del agua está principalmente influenciada por procesos naturales, como la erosión del sustrato mineral, fenómenos atmosféricos como la evapotranspiración, la sedimentación de sedimentos y sales, la liberación natural de materia orgánica y nutrientes del suelo debido a factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el entorno acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. Por lo tanto, para evaluar la calidad del agua, comúnmente se compara la información de las propiedades físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares o directrices establecidos para la calidad del agua (UN-WATER, 2018).

### ***2.2.2 Cuenca Hidrográfica***

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2020) define una cuenca hidrográfica como una región en el área de la Tierra que, en el supuesto de que no fuera capaz de absorber o permitir el paso del agua, las gotas de lluvia que caen en ella se dirigirían hacia un punto de drenaje central. Podríamos describirla como una especie de área de recolección natural del agua en la que esta fluye desde áreas más elevadas hacia un punto de salida común, desde donde se desplaza hacia otros lugares.

La importancia atribuida a la calidad del agua refleja claramente el nivel de desarrollo social de una comunidad, y cada vez es más evidente que la gestión adecuada de la tierra juega un rol esencial en la conservación del ciclo hidrológico, la preservación de los recursos hídricos en nuestro planeta, así como en el equilibrio y la calidad del entorno en las cuencas hidrográficas (Moreira et al., 2020).

El desafío común que se observa en las cuencas hidrográficas, particularmente en las áreas montañosas, resulta de las características físicas y naturales de estas zonas, así como de la inadecuada gestión que reciben. No obstante, los factores primordiales que provocan esta problemática incluyen la contaminación, el crecimiento demográfico y la intensificación de la transformación del terreno, lo que ha ocasionado alteraciones en el proceso natural de circulación del agua. Las modificaciones en la forma en que se utiliza la tierra introducen modificaciones en la hidrología de una cuenca; por ejemplo, actividades como la ganadería extensiva, la agricultura y la plantación de organismos foráneos pueden influir en las características del equilibrio hídrico en contraste con una cuenca que no ha sido objeto de modificaciones (Duque et al., 2019).

### ***2.2.3 Calidad Biológica del Agua***

Se establece que un entorno acuático exhibe una calidad biológica satisfactoria cuando posee atributos naturales que propician la prosperidad de las comunidades de organismos autóctonos. Esta excelencia biológica guarda una estrecha correspondencia con la finalidad de empleo del agua; cuanto mayor sea la diversidad de vida en un cuerpo de agua, mejor será su categoría biológica (Sánchez et al., 2018).

La calidad del agua puede ser vista como un marcador del funcionamiento apropiado de los ecosistemas y está definido por una serie de elementos abióticos y bióticos. Los parámetros abióticos incluyen la concentración de nutrientes, mientras que los parámetros bióticos incluyen las relaciones intra e interespecíficas, que en conjunto respaldan los servicios ecosistémicos como la producción pesquera artesanal (Duque et al., 2021).

### ***2.2.4 Macroinvertebrados***

Se considera como organismo invertebrado acuático a aquel que completa su ciclo vital total o parcialmente en el medio acuático y pueden ser observados a simple

vista o aquellos que son capturados y recopilados en un cuerpo de agua mediante una malla con una abertura de aproximadamente 0,5 mm. Estos organismos son comunes en cursos de agua como ríos y arroyos, y ocasionalmente se encuentran en algunos lagos, además tienen la capacidad de mantenerse en estado ninfal (juventud) durante varios años, pero en su fase adulta, su vida se reduce a tan solo unas horas o días, centrándose principalmente en la reproducción (IMTA, 2020).

Los macroinvertebrados son los organismos biológicos más empleados como indicadores de las condiciones de los ríos porque son diversos, longevos, bastante sedentarios y reaccionan rápida y a menudo de manera predecible a las presiones antropogénicas, además tienen una función significativa en el desarrollo adecuado de los ecosistemas de agua dulce y contribuyen a los ciclos del carbono y el nitrógeno al alimentarse de algas, detritos gruesos o partículas finas de materia orgánica y proporcionar alimento a niveles tróficos más altos. También son taxonómicamente diversos y relativamente fáciles de identificar (al menos a nivel de género o familia) (Kengne et al., 2022).

Los macroinvertebrados son comúnmente preferidos para la bioevaluación de ecosistemas acuáticos, destacándose por sobre otros grupos biológicos como los peces. Esta preferencia se debe principalmente a dos razones: En primer lugar, los beneficios de emplear macroinvertebrados bentónicos radican en su capacidad para indicar las condiciones ambientales a largo plazo debido a su ciclo de vida estacionario y su sensibilidad a cambios en la calidad del agua. En segundo lugar, la historia de su uso demuestra su eficacia para estudiar las repercusiones prolongadas de la contaminación antropogénica en los ríos (Namba et al., 2020). Algunas de estas ventajas incluyen:

La sensibilidad de los macroinvertebrados significa que el predominio de taxones sensibles a la contaminación en un sistema indica una buena calidad general del agua,

mientras que el predominio de taxones tolerantes a la contaminación muestra un sistema hídrico impactado (Zhou et al., 2020).

Otros investigadores han informado que las aguas estuarinas enriquecidas con nutrientes provenientes de desechos antropogénicos y descargas de ríos pueden afectar los conjuntos de invertebrados de dos maneras: (1) sometiendo a ciertas especies a estrés fisiológico y bajos niveles de OD, lo que resulta en una disminución en la presencia, abundancia y biomasa de ciertas especies y (2) aumentar inicialmente la productividad, desencadenando una cascada trófica, que finalmente resulta en un aumento en la abundancia y la biomasa de ciertas especies dominantes (Duque et al., 2021).

### ***2.2.5 Principales Órdenes de Macroinvertebrados***

- **Ephemeroptera:** tienen una amplia presencia global, salvo en la Antártida, colonizando entornos de agua dulce, ocasionalmente salobre. En los sistemas acuáticos de agua dulce, desempeñan un papel fundamental en las cadenas alimentarias al descomponer material orgánico y servir como fuente principal de alimento para otros seres vivos. Las familias Baetidae, Caenidae y Leptophlebiidae se encuentran en todo el mundo, mientras que Leptohyphidae tiene una distribución principalmente en América (Sartori & Brittain, 2015).
- **Odonata:** las especies de este orden se destacan por ser insectos hemimetábolos de tamaño medio. Su metamorfosis es gradual, con un período larval en ambiente acuático que varía entre 2 meses y 3 o 4 años, dependiendo de la especie, hasta alcanzar la madurez. La colocación de los huevos se lleva a cabo en el agua, a menudo sobre vegetación flotante o madera en descomposición y durante su fase larval, viven en medios acuáticos y poseen una aguda visión, lo que desempeña un papel esencial en su condición de depredadores (Pérez, 2016).

- **Plecoptera:** son un grupo de insectos neópteros y exopterigotas, con ninfas acuáticas y adultos que habitan en tierra firme y los adultos de los plecópteros tienen un tamaño que varía de pequeño a mediano, con una longitud corporal que se encuentra en el rango de 3 mm a 3,3 cm en las variedades de organismos presentes en la península ibérica, en general, las hembras tienden a tener un tamaño mayor que los machos y su cuerpo es alargado, carece de una cutícula rígida y presenta una apariencia aplanada (Tierno & López, 2015).
- **Neuroptera:** tanto las ninfas como los individuos adultos suelen ser depredadores, especialmente de insectos pequeños de estructura corporal blanda y capturan a sus presas utilizando sus mandíbulas y posteriormente absorben los contenidos de la cavidad corporal de dichas presas. Algunos grupos de estas ninfas excavan túneles en forma de embudo en suelos arenosos, en los que esperan ocultas a sus posibles presas que se acercan al borde del túnel (Misof, 2015).
- **Trichoptera:** este conjunto de insectos es extremadamente prolífico y variado en los entornos acuáticos, desempeñando funciones cruciales: Constituye el fundamento de la cadena alimentaria, descompone la materia orgánica y actúa como indicador de las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del agua (Duarte et al., 2020).
- **Díptera:** constituyen uno de los grupos de insectos más elaborados, numerosos y ampliamente esparcidos a nivel global y Tienen un papel importante en la cadena alimentaria y pueden tener impactos en la salud pública, ya que ciertos tipos actúan como portadores de microorganismos causantes de enfermedades que afectan a las personas; además la mayoría de estas especies tienen larvas que se desarrollan en medios acuáticos (Rojas et al., 2018).

### ***2.2.6 Índices Relacionados con la Calidad del Agua***

Suministran datos cruciales acerca de la condición de los recursos hídricos, lo cual es fundamental para orientar las decisiones de las entidades responsables del medio ambiente. Estos índices resultan provechosos al momento de analizar la excelencia del agua en diversas situaciones, tornando más accesible la comprensión de la información para el público en general. Asimismo, permiten visualizar y evaluar los cambios en las condiciones de la pureza o composición del agua a lo largo del tiempo y en diferentes áreas geográficas (Calvo, 2013).

### **2.2.7 Índices Bióticos**

La evaluación de la condición biótica en ecosistemas acuáticos es esencial para comprender su estado de salud y funcionamiento. Para lograrlo, se emplean diversas métricas de diversidad biológica. La riqueza taxonómica mide la diversidad de grupos taxonómicos presentes, mientras que la abundancia cuantifica la cantidad de especies específicas. Además, existen índices específicos para grupos taxonómicos particulares, como macroinvertebrados, las cuales combinadas ofrecen una visión completa del estado del agua y la salud del ecosistema, siendo esenciales para la gestión y conservación de recursos acuáticos (Almeida et al. 2023).

Los macroinvertebrados bentónicos son los indicadores biológicos más comúnmente empleados. Estos organismos engloban una amplia variedad de categorías taxonómicas que cubren una amplia gama de nichos ecológicos y presentan respuestas notables ante diversas alteraciones ambientales. Se consideran valiosos para la detección y el monitoreo de factores fisicoquímicos asociados a la contaminación, como la elevación de la temperatura, mineralización, contaminación orgánica, eutrofización y presencia de metales u otras sustancias nocivas (Rubio, 2018).

- **Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)**

Los órdenes EPT, en términos generales, son los grupos más representativos de la entomofauna que forma parte de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y tienen un alto potencial como indicadores de la salud del hábitat y la calidad del agua, y también juegan un rol importante en los ciclos de nutrientes y la transferencia de energía en estos ecosistemas. El orden Ephemeroptera, aunque es un grupo relativamente pequeño con alrededor de 3000 especies registradas en 400 géneros y 42 familias, es considerado significativo en este contexto (Rúa et al., 2019). El análisis ETP se obtiene mediante la aplicación de los criterios en la tabla 1:

**Tabla 1**

*Clasificación de calidad de agua según el índice EPT*

<b>EPT*</b>	<b>CALIDAD DEL AGUA</b>
>10	Sin impacto
6 -10	Levemente impactado
2-5	Moderadamente impactado
0- 1	Severamente impactado

\*EPT: *Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera*

Fuente: (Sartori & Brittain, 2015)

- **Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)**

El índice del grupo de trabajo de monitoreo biológico (BMWP) es un índice de calidad del agua utilizado para evaluar la salud general de un cuerpo de agua según la presencia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos, como insectos, moluscos y crustáceos. Estos organismos se utilizan como indicadores de la calidad del agua dada su alta sensibilidad a las perturbaciones en las condiciones fisicoquímicas del agua, así como a la contaminación y es un índice importante en la región neotropical porque utiliza invertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua. Sin embargo, este método se ha ajustado en varios países para desarrollar su propio índice biológico y

utiliza métricas (abundancia de especies y composición trófica) y valores de puntuación (1 más degradación y 10 menos degradación) para evaluar la condición del agua (Vargas et al., 2023).

Leaño & Pérez (2020) destacan que una de las ventajas de este indicador es que únicamente se necesita identificar las familias a nivel taxonómico, y el valor se calcula mediante la sumatoria de los puntos designados a cada familia presente en la zona de investigación. En la tabla 2 se proporcionan los intervalos que definen las categorías de calidad del agua, tal como se establecen en el índice denominado BMWP/Col, junto con la representación mediante colores correspondiente.

**Tabla 2**

*Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP*

<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>BMWP/Col</b>	<b>Significado</b>
I	Buena	>150 101 - 120	Aguas muy limpias, no contaminadas
II	Aceptable	61 - 100	Se evidencia algún efecto de contaminación
III	Dudosa	36 - 60	Aguas contaminadas
IV	Critica	16 - 35	Aguas muy contaminadas
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: Leaño & Pérez (2020)

- **Índice Biótico Andino (ABI)**

Es un método que posibilita la categorización de la salud ecológica de sistemas acuáticos en altitudes que superen los 2000 metros sobre el nivel del mar en la región andina. En este contexto, se considera un conjunto reducido de familias de macroinvertebrados, ya que la altitud restringe su distribución y sus niveles de adaptación a las perturbaciones ambientales son distintos en comparación con otras regiones del mundo (Meneses et al., 2019).

**Tabla 3***Calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino ABI*

Estado ecológico	
Muy bueno	>74
Bueno	45-74
Moderado	27-44
Malo	11-26
Pésimo	<11

Fuente: (Meneses et al., 2019).

**2.2.8 Parámetros Fisicoquímicos del Agua**

El MINAM (2017) en su decreto supremo N° 004-2017 en la categoría 3 establece que, para riego de vegetales y bebida de animales, deben cumplir con los valores indicados en los parámetros, para el pH un valor de 6,5 y 8,5 en las dos categorías, en conductividad eléctrica de 2500 y 5000 uS/cm, para cultivos y bebida de animales, un valor mínimo de oxígeno disuelto de 4 y 5 mg/L para cultivos de tallo alto y bajo como también para bebida de animales.

**Tabla 4***Valores de parámetros de la categoría 3 del ECA nacional para el agua*

Parámetros	Unidad medida	Riego de vegetales	Bebida de animales
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	>= 4	>= 5
Conductividad	uS/cm	250	500
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

Fuente: Extraído del -D. S N°004 – 2017 MINAM

### ***2.2.9 Variables Fisicoquímicas del Agua***

- **Potencial de hidrógeno (pH):** La presencia de iones de hidrógeno en una solución es un factor de relevancia sustancial tanto en el contexto de aguas naturales como en el de aguas residuales. La gama de concentraciones idóneas para el crecimiento y desarrollo óptimo de la mayoría de las formas de vida biológica es notablemente estrecha y crucial (Saravanan et al., 2021).
- **Temperatura:** Constituye una variable esencial en la investigación de la condición ambiental de los ambientes hídricos. De esta manera, la temperatura del agua influye en procesos de índole física (como densidad y viscosidad), química (como velocidades de reacción y solubilidad de gases) y biológica (como tasas de crecimiento y procesos metabólicos) (Larrea et al., 2022).
- **Oxígeno disuelto:** Es un examen de gran relevancia en la identificación de los niveles de contaminación del agua y en la supervisión del procesamiento de aguas residuales. En contextos industriales, la concentración de oxígeno disuelto adquiere una importancia fundamental en vista de su vínculo con los procesos corrosivos. Incluso, cantidades mínimas de oxígeno en el agua utilizada en calderas y como suministro de alimentación pueden desencadenar corrosión significativa (Larrea et al., 2022).
- **Conductividad:** Es un parámetro de relevancia que se emplea para estimar la concentración de sales disueltas en el agua y el suelo. Estas sales abarcan los nutrientes vegetales presentes de forma natural en el agua y el suelo, así como los fertilizantes aplicados y otros minerales solubles. El agua destilada, por su parte, no conduce electricidad. Cuando los compuestos de sales se mezclan y se incorporan en el agua, se separan en iones, lo que implica iones cargados positivamente conocidos como cationes y iones con carga negativa denominados aniones (Schaper et al., 2022).

- **Nitrato y Nitrito:** El término nitrito se refiere a la sal que se forma cuando el ácido nitroso se une a una base; en el caso del nitrito, se trata específicamente de una sal que surge a través de la combinación de ácido nitroso con una base y su presencia puede manifestarse en la naturaleza por la reducción de nitrato en un ambiente anaeróbico o por la oxidación del amoníaco o las aminas (Raheem, 2020).
- **Dureza:** No es de gran relevancia desde el enfoque sanitario; a pesar de ello, debido a las consecuencias económicas y las incomodidades que provoca en la población, el proceso de suavización del agua se lleva a cabo con regularidad. En sus inicios, se destacó por la capacidad que posee el agua para causar la precipitación del jabón (Vaillant, 2019).

### **2.3 Definición de Términos**

- **Calidad del agua:** Corresponde a propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua que establecen su adecuación para un propósito particular (UN-WATER, 2018).
- **Cuenca hidrográfica:** Es una región geográfica delimitada por límites topográficos donde todas las aguas de lluvia y escorrentía fluyen hacia un punto común, como un río, lago o mar (IMTA, 2020).
- **Macroinvertebrados:** Son organismos invertebrados que viven en hábitats acuáticos y son utilizados como indicadores de la condición del agua debido a sus respuestas sensibles a los cambios en sus características (Kengne et al., 2022).
- **Índices bióticos:** Son métricas utilizadas para evaluar la salud de un ecosistema acuático en función de la presencia y abundancia de organismos vivos, como macroinvertebrados (Almeida et al. 2023).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** Es un indicativo del nivel de acidez, neutralidad o alcalinidad del agua, y es un valor importante, dado que puede afectar la disponibilidad de nutrientes y la vida acuática (Saravanan et al., 2021).

- Oxígeno disuelto: Se hace referencia a la concentración de este elemento en forma molecular presente en los cuerpos de agua (Larrea et al., 2022).
- Conductividad eléctrica: Es una evaluación de la habilidad del agua para conducir electricidad y está vinculada a la cantidad de sales que se hallan disueltas en el agua (Schaper et al., 2022).
- Nitrato y Nitrito: Son compuestos nitrogenados que pueden estar presentes en el agua y a menudo se relacionan con la contaminación por nutrientes, como la agricultura y la descarga de aguas residuales (Raheem, 2020).
- Dureza del agua: Es la medida de la cantidad de minerales, particularmente de calcio y magnesio, que se encuentran en el cuerpo hídrico (Vaillant, 2019).
- Índice de Calidad del Agua (ICA): Permite medir la condición del agua en función de varios parámetros físicos, químicos y biológicos y proporciona una medida cuantitativa de la condición del agua (Almeida et al. 2023)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación

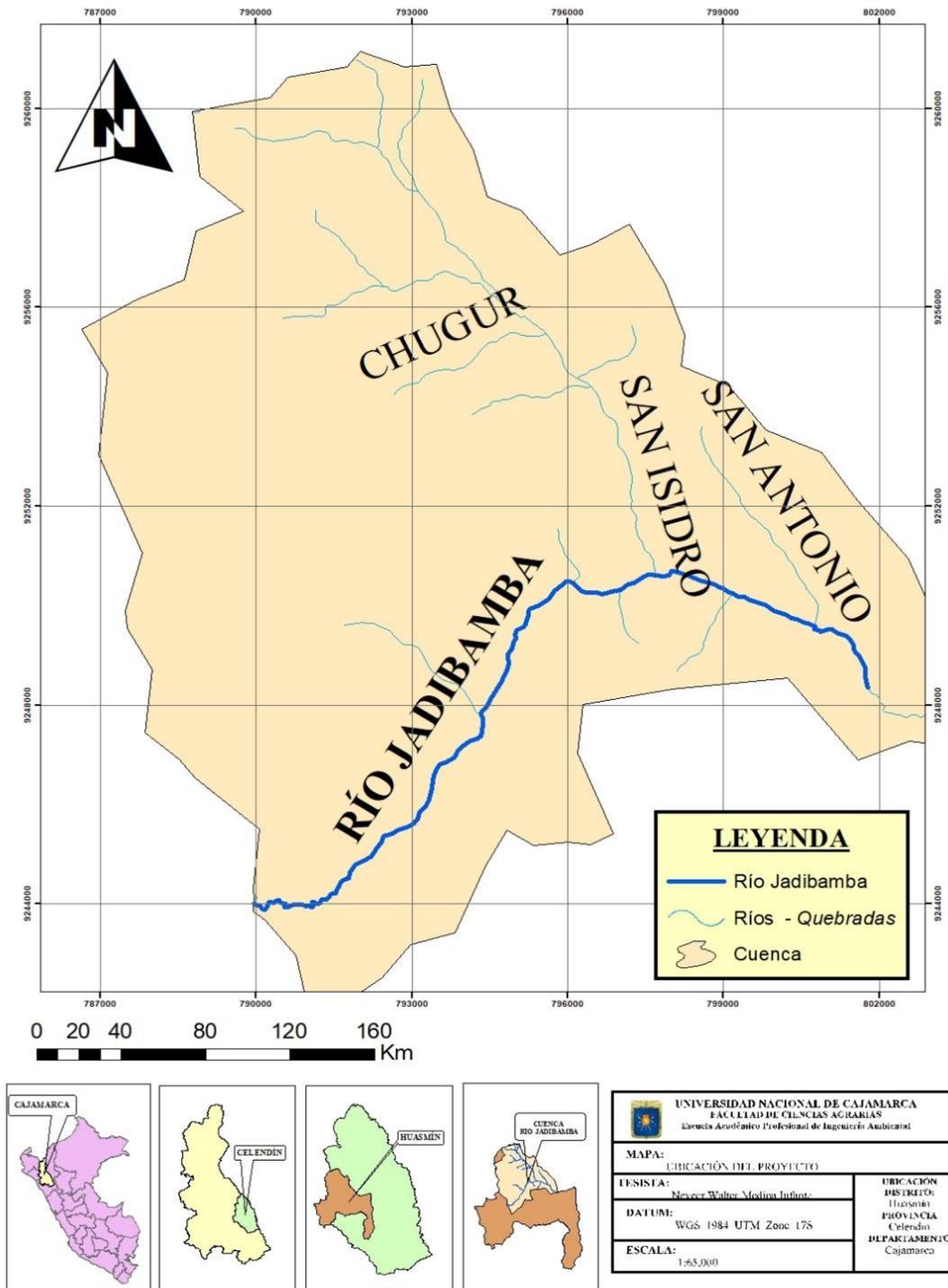
El estudio se ha llevado a cabo en el río Jadibamba, ubicado entre los centros poblados (Vista Alegre, Santa Rosa, Lagunas y Jerez) en el distrito de Huasmín, Provincia de Celendín, Cajamarca, el cual se encuentra al Oeste de la ciudad de Celendín, en la provincia homónima de la región Cajamarca, a una distancia de 18 km por una carretera afirmada desde la ciudad de Celendín y forma parte de las microcuencas de los ríos Sendamal y Jadibamba, que son subcuencas del río Llangas, este último perteneciente a la cuenca del río Marañón. El área de estudio abarca una extensión de 437.50 km<sup>2</sup>, lo que representa el 16,6 % del territorio total de la provincia (Municipalidad Distrital de Huasmín , 2020).

Desde una perspectiva geográfica, el distrito de Huasmín se ubica aproximadamente entre las coordenadas de 78.241667S y 6.833611O, con una altitud de 2,550 metros sobre el nivel del mar (m snm) en la capital distrital. Limita al Norte con los distritos de la Libertad de Pallan, Miguel Iglesias y Bambamarca; al Sur con los distritos de Sorochuco y Sucre; al Este con Celendín y José Gálvez; y al Oeste con las provincias de Cajamarca y Hualgayoc (Municipalidad Distrital de Huasmín , 2020).

Para llegar al distrito de Huasmín desde la ciudad de Cajamarca, se requiere aproximadamente 3 horas en vehículo motorizado. Se sigue la ruta principal de la carretera asfaltada que conecta Cajamarca con Celendín. Luego, se continúa por la ruta que lleva de Celendín a Huasmín. La salida de esta ruta se encuentra al oeste de la provincia de Celendín, específicamente por la avenida el Cumbe. Durante el recorrido, se pasa por el Centro Poblado el Tingo y el Caserío Paltarume, y finalmente se llega al distrito capital de Huasmín.

**Figura 1**

*Mapa de ubicación de la zona de estudio*



A continuación, se presenta la ubicación georreferenciada de los puntos de muestreo en el río Jadibamba:

**Tabla 5**

*Ubicación georreferenciada de los puntos de muestreo en el río Jadibamba, Celendín*

P.M	REFERENCIA DE ESTACIÓN DEL MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ESTACIÓN DEL MUESTREO		
		ESTE	NORTE	ALTITUD (m)
P1	Ubicado en el nacimiento del río	0791942	9244781	3590
P2	Ubicado aguas abajo del puente de Pampa Verde	0792424	9245272	3530
P3	Ubicado aguas abajo del puente peatonal Alto Vista Alegre	0794322	9247473	3256
P4	Ubicado aguas abajo del puente de Tacarpo	0796804	9250261	2185
P5	Ubicado a 100 m aguas abajo de la intersección del río Jadibamba y el río San Isidro	0797799	9250568	2063

- P1 nacimiento del río: Este punto, situado en el nacimiento del río Jadibamba, representa la fuente principal de agua con un elevado potencial para el consumo humano y animal en la comunidad de Pampa Verde. La calidad del agua en este sitio es crucial, dado que sirve como punto de partida para el flujo del río, afectando a todas las áreas aguas abajo. Además, su proximidad a fuentes naturales podría reflejar la calidad del agua en su estado más puro y sin alteraciones, lo que lo convierte en un sitio estratégico para evaluar el impacto de actividades humanas y naturales a lo largo del río.
- P2 aguas abajo del puente de Pampa Verde: Este punto está situado en una zona donde existen pequeños grupos de viviendas y un punto de encuentro comunitario para el acceso al agua. La elección de este punto como sitio de muestreo permite evaluar cómo las actividades humanas cercanas pueden influir en la calidad del agua, proporcionando un panorama sobre la interacción entre el uso humano del río y su estado ecológico.
- P3 aguas abajo del puente Peatonal Alto Vista Alegre: Localizado aguas abajo del puente peatonal en Alto Vista Alegre, este punto se seleccionó debido a su fácil acceso. Monitorear la calidad del agua aquí es vital para comprender los efectos de la población

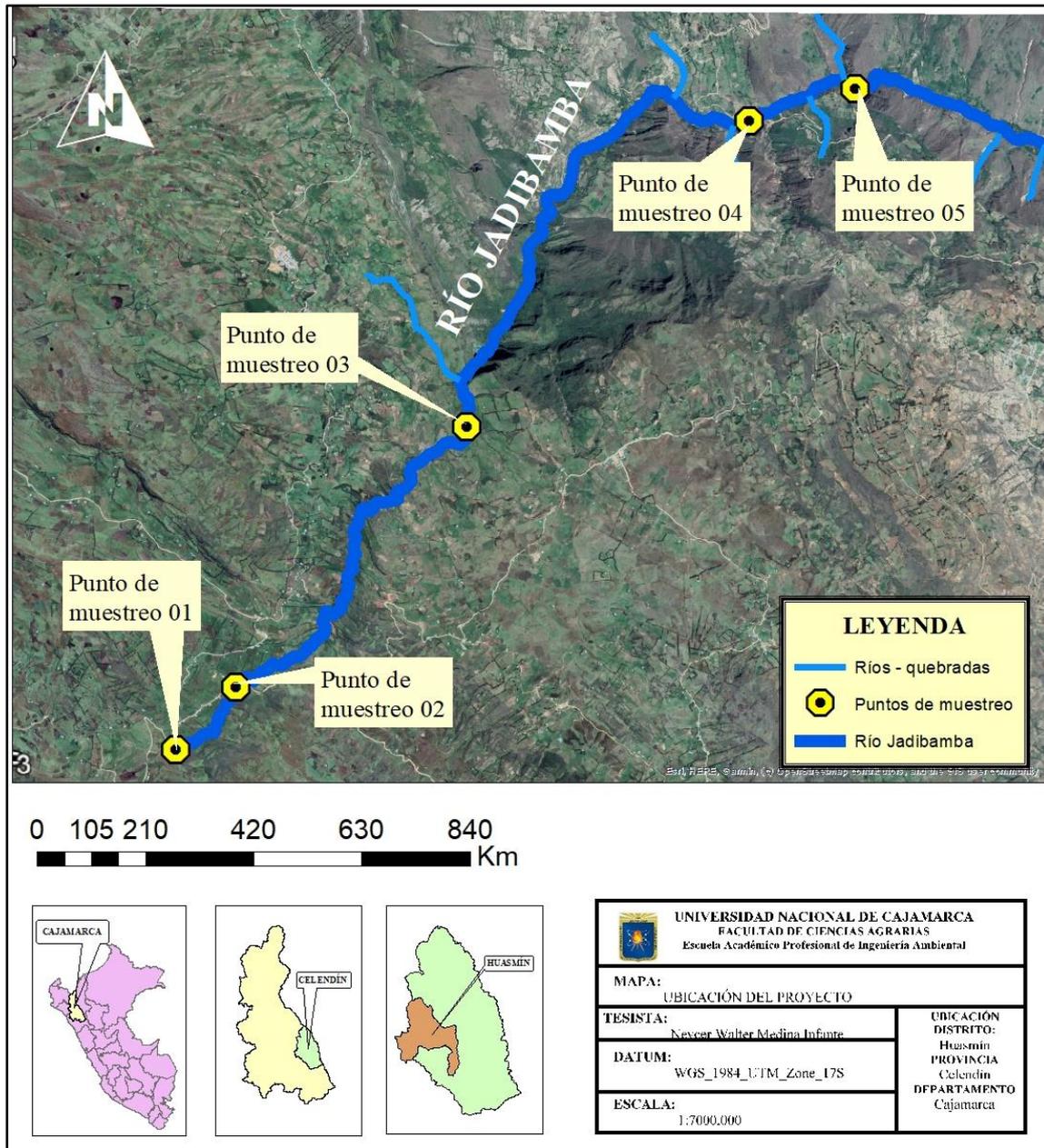
en la ribera del río y su impacto en los recursos hídricos disponibles tanto para el consumo como para actividades recreativas y domésticas.

- P4 aguas abajo del puente de Tacarpo: Este sitio de monitoreo se eligió por ser una zona con una notable estabilidad ambiental y demográfica, marcada por la presencia continua de viviendas.
- P5 100 metros aguas abajo de la unión del río Jadibamba y el río San Isidro: Siguiendo las recomendaciones del MINAM (2017), este punto se localiza 100 metros aguas abajo de la confluencia del río Jadibamba con el río San Isidro. Este enfoque metodológico busca evitar las alteraciones hidrodinámicas y de calidad del agua que pueden ocurrir en el punto exacto de unión de dos cuerpos de agua. Monitorear este sitio permite evaluar cómo la mezcla de flujos de dos ríos afecta la calidad del agua y la biodiversidad acuática, proporcionando datos esenciales para entender la dinámica fluvial y los procesos ecológicos en zonas de confluencia.

En las áreas cercanas a los puntos de muestreo a lo largo del río Jadibamba predominan las labores ganaderas y agrícolas como actividades principales debido a la falta de poblados cercanos que puedan tener una influencia significativa en la calidad del agua del río. A pesar de ser actividades esenciales para la subsistencia de las comunidades locales, pueden generar impactos negativos como el aporte de nutrientes y sedimentos al río debido al manejo de animales y al uso de fertilizantes en los cultivos. En la figura 2, se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en el río Jadibamba, Huasmín, Celendín:

## **Figura 2**

*Ubicación de los puntos de muestreo*



### 3.2 Materiales y Equipos

- Estereoscopio marca OLYMPUS
- Cajas petry
- Lapicero de tinta indeleble
- Pinzas entomológicas
- Alcohol de 70°
- Recipientes plásticos

- g) Malla Suber
- h) Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos
- i) Papel toalla
- **Materiales y equipos de laboratorio para análisis fisicoquímico**
  - a) Cooler
  - b) Gel enfriantes
  - c) Frascos Winkler de 300 ml
  - d) Parafina
  - e) Frascos de 500 ml
  - f) Termómetro
- **Materiales de campo**
  - a) Protección personal (mandil, guantes quirúrgicos, botas, mascarilla)
  - b) Alcohol 70°
  - c) Bandeja de color blanco
  - d) Red Surber
  - e) Bolsas ziploc
  - f) Recipientes plásticos o de vidrio
  - g) Libreta de campo
  - h) Lápices
  - i) Lapicero
  - j) Cámara fotográfica
  - k) Linterna de mano
  - l) GPS Garmin (serie 76CsX)

### 3.3 Metodología

El procedimiento que se llevó a cabo para la toma de muestras de agua y su posterior análisis en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca se ajusta a buenas prácticas de muestreo y análisis. La obtención de las muestras se llevó a cabo de acuerdo con el protocolo de monitoreo elegido, que incluye parámetros como el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, la dureza, los nitratos y los nitritos. Estas muestras se transportaron en un lapso de 12 horas después de haber sido recolectadas, con el propósito de mantener inalteradas las propiedades del agua (ANA , 2016).

En la toma de muestras se procedió al equipamiento con botas de jebe y guantes desechables para garantizar la higiene y evitar contaminaciones cruzadas.

#### **Identificación del punto de muestreo:**

Se identificaron los puntos de muestreo en el río Jadibamba, registrando información relevante en una ficha de identificación. Además, se registraron los parámetros a medir y se tomaron las coordenadas geográficas con la ayuda de un GPS para garantizar la precisión en la ubicación de las muestras.

Toma de muestra de agua superficial:

- Se procedió a la ubicación en el punto medio de la corriente principal del río, evitando áreas con aguas estancadas o poco profundas, para obtener muestras representativas.
- Se utilizó un recipiente adecuado, se retiró la tapa y contratapa del recipiente, evitando el contacto con su interior, el cual fue previamente enjuagado tres veces para evitar contaminaciones.
- El recipiente se sumergió en dirección opuesta al flujo del agua para evitar la remoción del sedimento, garantizando la captura de agua más representativa.

- Se agregaron los preservantes adecuados de acuerdo a los parámetros de medición correspondientes en el recipiente. Luego, se etiquetó la muestra y se protegió la etiqueta con cinta adhesiva transparente para evitar que se borre la información durante el transporte y almacenamiento.
- Finalmente las muestras se colocaron en un cooler con un refrigerante (ice pack) para mantener la temperatura y asegurar que llegaran al laboratorio en condiciones adecuadas de conservación para su posterior análisis.

### **Técnicas de recolección de muestras para macroinvertebrados**

El procedimiento utilizado corresponde al método de recolección, identificación y análisis de comunidades biológicas, que abarca el perifiton, los bentos (macroinvertebrados) y el necton (peces) en cuerpos de agua dulce de Perú (MINAM, 2014).

La estrategia seleccionada para la obtención de muestras fue de naturaleza cualitativa y se implementó utilizando una Red Surber modificada con una abertura de malla de 500  $\mu\text{m}$ . Esta red se posicionó en el lecho del río en sentido contrario al flujo de agua, y se emplearon guantes resistentes para remover el fondo del río manualmente. El material retirado se recopiló en la red, incluyendo cualquier larva presente (MINAM 2014).

El procedimiento constituyó los siguientes pasos:

- La red Súrber fue ubicada en el fondo del río, en contra de la corriente. Esta ubicación permitió capturar los macroinvertebrados que habitan en el lecho del río.
- Con las manos se procedió a remover cuidadosamente el material del fondo del río a una profundidad de 5 cm. Esta acción permitió exponer a los macroinvertebrados bentónicos que se encontraban en ese estrato, quedando atrapados en la red Súrber.

- Posteriormente se recogió la muestra la cual fue depositada en una bandeja blanca para facilitar la observación y selección de macroinvertebrados.
- Los macroinvertebrados recolectados se depositaron en frascos pequeños de plástico con tapa de rosca. Cada frasco fue debidamente rotulado para identificar la ubicación del muestreo. Los macroinvertebrados se preservaron en alcohol al 70% para mantener su integridad y evitar su deterioro hasta que fueran identificados y clasificados en el laboratorio.
- En el laboratorio, se procedió a la identificación de los macroinvertebrados recolectados (la cual se hizo con la ayuda de un especialista). Este proceso se realizó de acuerdo a las siguientes guías de identificación:
  - Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2013) Guía para la evolución de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macro invertebrados bentónicos
  - León & Ospina, (2007) Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos
  - Confederación hidrográfica del Ebro (2009) Guía de campo de macroinvertebrados acuáticos.
- Se aplicaron los índices ABI (Aplasticity Biotic Index), EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) y BMWP/col (Biological Monitoring Working Party for Colombia) según las guías de clasificación establecidas. Estos índices se basan en la presencia y abundancia de ciertos grupos de macroinvertebrados y se utilizan para evaluar la calidad del agua.
- Se tuvo en cuenta evitar la toma de muestras después de lluvias intensas, ya que las condiciones climáticas pueden generar variaciones en la comunidad de macroinvertebrados. Las lluvias intensas pueden causar la pérdida de organismos

locales o la llegada de nuevos arrastrados por la corriente, lo que podría afectar la representatividad de las muestras.

En la etapa de análisis en el escritorio, se elaboraron tablas de evaluación de las especies utilizando el protocolo CERA según Gamarra et al. (2018) y Roldan (2012) para cada índice EPT, ABI, BMWP, obteniendo el promedio de resultados de cada índice biótico por cada punto y época de muestreo, para su determinación general se realizó diseños de tablas, luego, se llevó a cabo una evaluación de la relación entre los parámetros fisicoquímicos.

Los resultados se tabularon utilizando el software Microsoft Excel, además los datos sobre la condición del agua se organizaron en tablas y gráficos. Luego, con el apoyo del software SPSS IBM en su última versión (2022), se llevó a cabo la determinación de la normalidad de los datos mediante el análisis de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se realizó el análisis de varianza correspondiente, con el objetivo de identificar posibles diferencias significativas entre las medias relacionadas con las distintas ubicaciones de muestreo en relación con la categoría taxonómica de la familia de macroinvertebrados, los índices determinados y los parámetros fisicoquímicos.

Finalmente, se llevaron a cabo los análisis de coeficiente de relación lineal ANOVA, con el fin de determinar si existía una relación directamente proporcional entre la presencia de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos. La prueba de hipótesis nula tiene como objetivo determinar si el modelo explica de manera significativa una parte sustancial de la variabilidad de  $Y$ , y esto implica verificar que:

$$H_0: = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

Siendo  $\beta$  los coeficientes de regresión, en este sentido, la prueba de hipótesis nula estará en función de las expresiones mostradas en la siguiente tabla:

**Tabla 6***Cuadro de ANOVA*

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F
Regresión	$SCR = \sum_i (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	k	$MCR = \frac{SCR}{k}$	$F = \frac{MCR}{MCE}$
Error	$SCE = \sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	n-k-1	$MCE = \frac{SCE}{n-k-1}$	
Total	$SCT = \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$	n-1		

SCR: Suma de cuadrados de la regresión, SCE: Suma de cuadrados residual, SCT: Suma de cuadrados total.

Coefficiente de determinación: corresponde al valor estadístico que establece la proporción de variación explicada por la regresión y es una medida del nivel de asociación lineal entre x e y:

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT}; 0 \leq R^2 \leq 1$$

Si  $R^2 = 0 \Rightarrow SCR = 0 \Rightarrow$  el modelo no aporta ninguna explicación sobre  $Y$  en función de  $X$ .

Si  $R^2 = 1 \Rightarrow SCR = SCT \Rightarrow$  Ajuste ideal:  $Y$  está directamente relacionado con  $X$  de manera funcional.

Un valor de  $R^2$  cercano a 0  $\Rightarrow$  La recta tiene una capacidad limitada para explicar.

Un valor de  $R^2$  próximo a 1  $\Rightarrow$  La recta tiene una capacidad alta para explicar.

Contraste de regresión

$H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta_1 \neq 0$

Una vez que se ha establecido un nivel de significancia  $\alpha$ , se rechaza  $H_0$  si  $F_{exp} > F_{\alpha, 1, n-2}$ .

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Familias de Macroinvertebrados Presentes en el Río Jadibamba del Distrito Huasmín

Según se observa en la tabla 7 durante la época de lluvia, se identificaron 985 individuos, los cuales pertenecen a 3 clases (Oligochaeta, Insecta y Malacostraca), 8 órdenes (Amphipoda, Trichoptera, Coleoptera, Haplotaxida, Ephemeroptera, Diptera, Plecoptera y Megaloptera) y 12 familias, siendo la más representativa la Hyalellidae con un 60,6% de las especies identificadas las cuales se encuentran en el punto de muestreo P1 y P2 principalmente, lo que sugiere una presencia significativa de estos crustáceos en el ecosistema acuático, seguida de Baetidae con un 21,0%, además se observa que los puntos de muestreo P1 y P2 son los que tienen mayor cantidad de especies con el 30,4% y el 38,7% respectivamente.

Estas diferencias entre los puntos, se debe a que el primero representa un área menos afectada por la actividad humana al encontrarse en la fuente del río y ofrece condiciones más favorables para la vida debido a una mayor oxigenación y menor contaminación ambiental; esto propicia la presencia de macroinvertebrados sensibles como los Hyalellidae y Baetidae. Por otro lado el P2 se encuentra aguas abajo en una

zona aún poco influenciada por el hombre y puede beneficiarse del flujo constante de nutrientes provenientes de la fuente y de los aportes naturales del entorno circundante; lo que también favorece una gran diversidad de especies.

Así mismo, el orden Amphipoda fue el más abundante, representando el 60,6% de la población total de macroinvertebrados, dado que estas especies prefieren hábitats en aguas limpias y bien oxigenadas de temperatura moderada como las secciones superiores del río Jadibamba donde encuentran condiciones óptimas para su supervivencia. Su dieta como detritívoros y filtradores se ve beneficiada por la presencia de materia orgánica proveniente de la vegetación de las orillas en los sitios de muestreo 1 y 2; esto contribuye a su alta abundancia en estas áreas (Carretero et al., 2012).

Le siguieron en importancia los órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera, contribuyendo con el 5,8%, 6,1% y 21,0% respectivamente. Estos resultados indican una diversidad significativa de órdenes de macroinvertebrados en el ecosistema del río durante la temporada de lluvia, lo que sugiere un ambiente acuático saludable y variado en esta región.

Por otro lado, también se destaca la predominancia de dos clases principales, Malacostraca e Insecta, que en conjunto constituyen más del 90% de la población de organismos muestreados. Dentro de la clase Malacostraca, el orden Amphipoda se revela como el más sobresaliente, representando el 60,6% del total, lo que sugiere que los organismos de este orden son los más comunes en los puntos de muestreo. Por otro lado, la clase Insecta muestra una mayor diversidad en términos de órdenes, con destacadas contribuciones de los órdenes Trichoptera y Coleoptera, que aportan un 4,8% y un 5,5% del total, respectivamente

Las clases Malacostraca e Insecta destacan por su alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que les permite prosperar en diversos microhábitats del río

Jadibamba. Su abundancia también se ve favorecida por la variedad de recursos alimenticios disponibles, ya que los Malacostraca, como los Amphipoda, son detritívoros, y muchos Insecta actúan como herbívoros, depredadores o filtradores, aprovechando la materia orgánica, algas y otros organismos presentes en el ecosistema (Tarrillo, 2019).

En el presente estudio durante la temporada de lluvias, se observó una predominancia de la clase Malacostraca, particularmente del orden Amphipoda, que representó el 60,6% de la población total de macroinvertebrados. Este hallazgo es consistente con la importancia de los ambientes acuáticos saludables y variados, ya que una abundancia elevada de ciertos grupos puede indicar una respuesta a las condiciones ambientales específicas de los puntos de muestreo. Similarmente, en el estudio de Escadon & Cáceres (2022) en la microcuenca del río San Francisco en Gualaceo Ecuador, se encontró una alta representación de los órdenes Ephemeroptera y Hemíptera durante la temporada lluviosa, lo que podría sugerir una tendencia regional hacia la abundancia de estos órdenes en periodos húmedos.

Por otro lado, los hallazgos de este estudio también destacaron una significativa presencia del orden Ephemeroptera (21,0%), lo cual es paralelo a los resultados de Escadon & Cáceres (2022), donde Ephemeroptera fue el orden más abundante en la temporada lluviosa. Esto podría indicar la importancia de estos organismos como bioindicadores de la calidad del agua, reflejando posiblemente aguas de buena calidad durante periodos de mayor precipitación.

En contraste, el estudio de Tarrillo (2019) en el río Tingo, muestra una diversidad taxonómica mayor, con representación significativa de la clase Insecta y, dentro de esta, un predominio del orden Diptera. Esta diferencia en la composición de macroinvertebrados podría deberse a variaciones en las características fisicoquímicas de los ríos estudiados.

Además, es relevante destacar la importancia de las familias Hyalellidae y Baetidae en el presente estudio, lo cual no solo resaltan la diversidad intra-orden, sino también sugieren posibles diferencias en las adaptaciones ecológicas de estos grupos a las condiciones ambientales de los puntos de muestreo. Estas observaciones son fundamentales para entender las dinámicas de las comunidades acuáticas y para implementar estrategias de conservación efectivas.

**Tabla 7**

*Familias de macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín en la época de lluvia*

Clase	Orden	Familia	Número de individuos en cada punto de muestreo					Total	
			P1	P2	P3	P4	P5	f	%
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	272	296	29			597	60,6%
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	1	8	38			47	4,8%
Insecta	Coleoptera	Elmidae	21	20	13			54	5,5%
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	5	2	1			8	0,8%
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae		44	38	82	43	207	21,0%
Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae		1				1	0,1%
Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae		6	3			9	0,9%
Insecta	Coleoptera	Scirtidae		2				2	0,2%
Insecta	Diptera	Simuliidae		2	14			16	1,6%
Insecta	Plecoptera	Perlidae			12	11	14	37	3,8%
Insecta	Megaloptera	Corydalidae				1	2	3	0,3%
Insecta	Coleoptera	Psephenidae					4	4	0,4%
		Total f	299	381	148	94	63	985	100,0%
		Total %	30,4	38,7	15,0	9,5	6,4		

El análisis de los muestreos de estiaje en el río Jadibamba como se muestra en la Tabla 8, que identificó un total de 1219 individuos, los cuales pertenecen a 4 clases (Malacostraca, Insecta, Oligochaeta, Gastropoda), 8 orden (Amphipoda, Ephemeroptera, Haplotaxida, Coleoptera, Diptera, Trichoptera, Pulmonata, Plecoptera) y 8 familias; obteniendo una importante dominancia de la familia Hyalellidae (62,8%) y una considerable presencia de la familia Leptoceridae (16,2%).

Lo cual es consistente con lo observado en estudios similares en otros sistemas acuáticos, reflejando patrones de resistencia y adaptación a diferentes condiciones. Por ejemplo, el estudio de Cedeño & Romero (2021) mostró cómo las variaciones en el caudal del río, influenciadas por la precipitación, afectan significativamente la abundancia de macroinvertebrados. En períodos de menor caudal, como en nuestro muestreo de estiaje, se registra una mayor abundancia de organismos, lo que sugiere que condiciones más estables y menos turbias podrían ser beneficiosas para especies como las de la familia Hyalellidae y Leptoceridae.

Comparativamente, los resultados de Orozco et al. (2021) durante la temporada seca y lluviosa en la cuenca del río Gachaneca también resaltan la flexibilidad y adaptabilidad de los macroinvertebrados, particularmente del Phylum Arthropoda, que fue predominante en ambos períodos. Esto subraya la importancia de los artrópodos como indicadores de calidad del agua, dado su número y diversidad en distintos entornos acuáticos.

El predominio de la clase Insecta en el presente estudio, con seis órdenes y ocho familias, destaca su importancia ecológica y su potencial uso como bioindicadores. Este patrón es consistente con los hallazgos de Orozco et al. (2021), donde la clase Insecta también fue predominante, demostrando su relevancia para la evaluación de la salud ecológica de los cuerpos de agua.

Además, la presencia exclusiva de la familia Hyalellidae dentro del orden Amphipoda en el presente estudio indica una posible especialización o adaptación a las condiciones específicas del río Jadibamba durante el estiaje, lo cual podría ser un indicativo de estabilidad ambiental o de un nicho ecológico particularmente favorable para esta familia. Esta observación es crucial para entender las dinámicas poblacionales y las interacciones ecológicas en el ecosistema fluvial.

La mayor abundancia en los puntos de muestreo P1 (30,4%) y P2 (38,7%) puede atribuirse a la menor presión antropogénica y a la mayor disponibilidad de nutrientes provenientes de la vegetación ribereña. En contraste, los puntos aguas abajo presentan una menor diversidad y abundancia debido a las posibles alteraciones ambientales derivadas del impacto humano. La presencia de otras familias dentro de la clase Insecta, como Leptoceridae (4,8%) y Elmidae (5,5%), refuerza la interpretación de que estos grupos son indicadores de calidad ambiental en sistemas fluviales variados y estables.

Estos resultados subrayan la utilidad de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, mostrando una relación clara entre su distribución, la riqueza taxonómica y las condiciones ambientales específicas de cada punto. En este sentido, la alta representatividad de familias como Hyalellidae y Baetidae en los puntos menos alterados subraya la necesidad de conservar estos microhábitats clave para el equilibrio ecológico del río Jadibamba.

Finalmente, es importante señalar que según Sánchez et al. (2018), un entorno acuático con alta diversidad biológica presenta una mejor categoría biológica, lo que correlaciona directamente con la finalidad del uso del agua y su capacidad para respaldar servicios ecosistémicos. Además, como lo destaca 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.

Por lo que, este análisis no solo caracteriza las dinámicas ecológicas del río Jadibamba, sino que también proporciona herramientas para la bioevaluación del agua, indispensable para implementar medidas de gestión y conservación que garanticen la sostenibilidad de estos recursos en el tiempo.

**Tabla 8**

*Familias de macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín en la época de estiaje*

Clase	Orden	Familia	Muestreo en época de estiaje					F	%
			Número de individuos en cada punto de muestreo						
			P1	P2	P3	P4	P5		
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	281	462	23			766	62,8%
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	11	4	13	57	44	129	10,6%
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	5	3	1			9	0,7%
Insecta	Coleoptera	Elmidae	18	25				43	3,5%
Insecta	Diptera	Simuliidae		8				8	0,7%
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	34	68	95			197	16,2%
Gastropoda	Pulmonata	Physidae		2				2	0,2%
Insecta	Plecoptera	Perlidae			32	18	15	65	5,3%
		Total f	349	572	164	75	59	1219	100,0%
		Total %	28,6%	46,9%	13,5%	6,2%	4,8%		

Por otro lado, en relación a las diferencias observadas entre la época de estiaje y la de lluvias en el río Jadibamba radican principalmente en la abundancia, diversidad y distribución de los macroinvertebrados. Durante la época de estiaje se registraron 1,219 individuos pertenecientes a 4 clases y 8 órdenes, con una dominancia notable de la familia Hyalellidae (62,8%) y una considerable representación de Leptoceridae (16,2%). En contraste, en la época de lluvias se identificaron 985 individuos de 3 clases y 8 órdenes, donde Hyalellidae también dominó (60,6%), pero con una mayor diversidad relativa en órdenes como Ephemeroptera (21,0%).

La mayor abundancia durante el estiaje puede atribuirse a la estabilidad del flujo y menor turbidez, que favorecen condiciones óptimas para especies como Hyalellidae. Por otro lado, la temporada de lluvias, caracterizada por el arrastre de sedimentos y nutrientes, beneficia a especies detritívoras y adaptadas a condiciones dinámicas, como las de Ephemeroptera.

## **4.2 Calidad del Agua del Río Jadibamba Utilizando los Índices de Sensibilidad EPT, BMWP y ABI**

Los resultados obtenidos a partir de los índices de sensibilidad EPT, BMWP, y ABI destacan diferencias en la calidad del agua entre los puntos de muestreo y las épocas evaluadas (lluvia y estiaje). Estas variaciones reflejan las condiciones locales y los posibles impactos ambientales en el río Jadibamba.

### **Índice EPT**

El índice EPT evidenció que, salvo el punto P1 durante la época de lluvia, los puntos evaluados presentan una calidad de agua clasificada como "sin impacto". Esto resalta la capacidad del río para mantener una buena calidad ecológica en la mayoría de sus tramos, en contraste con estudios previos como el de Bulnes (2019), donde se observaron calidades de agua mayormente "mala" o "regular". Sin embargo, la anomalía en el punto P1, con un índice de 1, podría atribuirse a una fuente de contaminación localizada o un evento puntual que no afectó significativamente las áreas aguas abajo. Este hallazgo coincide con lo reportado por Gallo y Quinanluisa (2023) en el río Cutuchi, donde también se observaron zonas específicas con índices bajos de calidad ecológica debido a impactos puntuales.

### **Índice BMWP**

El índice BMWP mostró una distribución más heterogénea en la calidad del agua. Durante la época de lluvia, los puntos P1, P4 y P5 evidenciaron condiciones críticas, con valores que reflejan una alta contaminación, mientras que los puntos P2 y P3 presentaron una calidad dudosa. Durante el estiaje, la mayoría de los puntos mantuvieron una calidad crítica, excepto el punto P2, que alcanzó una clasificación dudosa. Este patrón podría estar relacionado con la menor capacidad de dilución del río en periodos de bajo caudal, intensificando los efectos de la contaminación acumulada. Ramírez et al. (2019) sugieren

que, en algunos ecosistemas, las variaciones estacionales pueden tener menor impacto en la calidad del agua, pero en el presente estudio, la estacionalidad parece jugar un papel relevante. Además, Vilca (2022) subraya la importancia de ajustar los índices a las condiciones locales para mejorar la precisión en la evaluación de la calidad del agua, lo que podría ser relevante para los puntos críticos identificados.

### Índice ABI

El índice ABI reflejó una mayor variabilidad en la calidad del agua entre los puntos de muestreo. Durante la época de lluvia, los puntos P1, P4 y P5 mostraron una calidad de agua mala, mientras que los puntos P2 y P3 alcanzaron una calidad buena. En el estiaje, la calidad del agua se mantuvo mayoritariamente en rangos de moderada a mala, destacando nuevamente el punto P2 con una leve mejora. Esta variabilidad puede atribuirse a factores locales, como la presencia de fuentes de contaminación o la capacidad limitada del río para resistir impactos en periodos de bajo caudal. Según Zeng et al. (2022), las lluvias intensas pueden aumentar la cantidad de sedimentos y contaminantes arrastrados al río, mientras que la estabilidad del estiaje no siempre garantiza una mejor calidad debido a la acumulación de contaminantes no diluidos.

**Tabla 9**

*Índices de sensibilidad EPT, BMWP y ABI*

Punto	Época	EPT	Significado EPT	BMWP	Significado BMWP	ABI	Significado ABI
P1	Lluvia	1	Severamente impactada	21	Crítica	22	Malo
P2	Lluvia	59	Sin impacto	60	Dudosa	54	Bueno
P3	Lluvia	91	Sin impacto	54	Dudosa	51	Bueno
P4	Lluvia	93	Sin impacto	23	Crítica	20	Malo
P5	Lluvia	57	Sin impacto	33	Crítica	25	Malo
P1	Estiaje	45	Sin impacto	28	Crítica	26	Malo
P2	Estiaje	72	Sin impacto	39	Dudosa	34	Moderado
P3	Estiaje	140	Sin impacto	32	Crítica	31	Moderado
P4	Estiaje	75	Sin impacto	17	Crítica	14	Malo
P5	Estiaje	59	Sin impacto	17	Crítica	14	Malo

Los resultados obtenidos a través de los índices bióticos en el estudio de Jáuregui, (2019) permitieron determinar que la calidad del agua del río Sendamal varía entre las estaciones monitoreadas. Según el índice EPT, en ambas estaciones (seca y húmeda), el río presentó una calidad de agua moderadamente impactada. El índice BMWP/Col mostró una calidad aceptable en general, pero con una clasificación de calidad dudosa durante la época húmeda debido al incremento de factores contaminantes. Por su parte, el índice ABI indicó que en la estación seca la calidad del agua es buena, mientras que en la estación húmeda desciende a una clasificación de calidad moderada, evidenciando las diferencias en las condiciones ambientales y antrópicas que influyen en el ecosistema.

Las diferencias entre las estaciones seca y húmeda se deben al arrastre de contaminantes durante las lluvias, que incrementa la contaminación en la estación húmeda, y a la relativa estabilidad en la estación seca, que permite una mejor calidad del agua. Factores como la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto también fluctúan, afectando la biodiversidad de macroinvertebrados. Estos organismos 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.

### **4.3 Parámetros Físicoquímicos de las Aguas del Río Jadibamba – Huasmín**

#### **4.3.1 pH**

La variación del pH en los diferentes puntos de muestreo del río Jadibamba durante las épocas de lluvias y estiaje muestra cómo interactúan factores locales y estacionales. En época de lluvias suele descender el pH en lugares como P1 y P2 debido al aumento del caudal que diluye minerales y compuestos alcalinos; además de llevar consigo materia orgánica y sedimentos que pueden acidificar el agua. Sin embargo, en zonas de mayor influencia humana

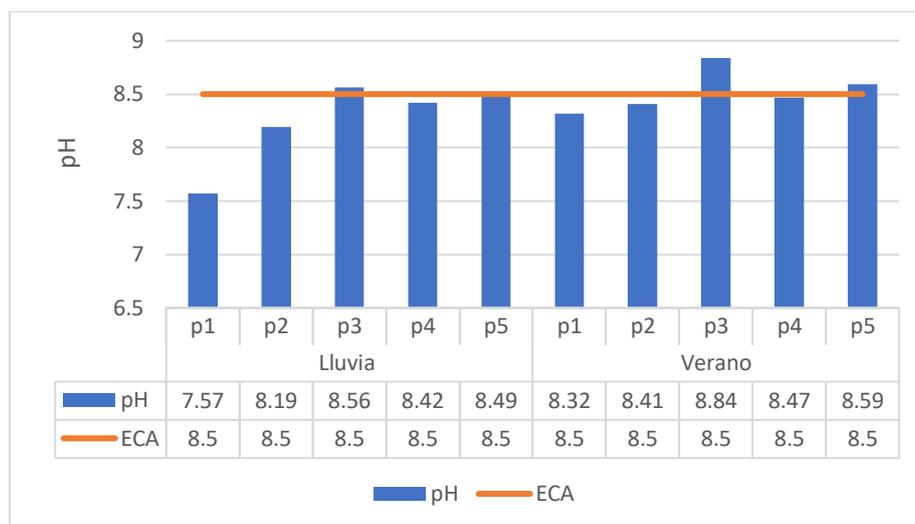
como P3, el nivel de acidez puede ser más cambiante debido a la entrada de aguas fluviales y sustancias alcalinas de las zonas pobladas.

Durante la época de estiaje, se observan incrementos en el pH en áreas como P3, P4 y P5 debido a una menor dilución y mayor concentración de minerales disueltos como los carbonatos comunes en zonas de baja precipitación. Este fenómeno también puede ser afectado por un aumento en el crecimiento de algas debido a la reducción de la turbidez en el agua que lleva a un incremento en el pH al facilitarse la fotosíntesis.

En general, el pH más estable durante la temporada seca en lugares como P4 muestra la influencia de zonas pobladas que tienen una menor variabilidad ambiental, en contraste, la combinación de flujos en P5 durante ambos periodos podría ocasionar fluctuaciones adicionales.

Sin embargo, la mayor parte de los valores registrados se encuentran por debajo del ECA nacional de 8,5, destinado para agua de riego y bebida de animales, categoría 3, así como para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1), de acuerdo con el D.S N° 004-2017-MINAM. Este patrón sugiere una influencia estacional significativa influenciada por características geológicas locales que podrían estar contribuyendo a la concentración de minerales disueltos como los carbonatos durante períodos de menor precipitación.

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 3***Valores de pH*

#### 4.3.2 Conductividad Eléctrica

Los resultados de la conductividad eléctrica en los puntos de muestreo durante las estaciones de lluvia y estiaje muestran variaciones que están dentro de los límites permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3. Durante la estación de lluvias, los valores oscilan entre 296,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 400,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que en estiaje estos se mantienen ligeramente más bajos, variando entre 311,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 357  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esta variación podría reflejar la mayor dilución de sales y minerales durante la estación lluviosa, un fenómeno también documentado por Bulnes (2019), quien sugiere que un mayor volumen de agua contribuye a una menor concentración de iones.

Sin embargo, se observa una variabilidad notable entre los puntos, con valores más altos en la temporada de lluvias, alcanzando hasta 400,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el punto 04, comparados con un rango más bajo en estiaje, donde los valores oscilan entre 311,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 357  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

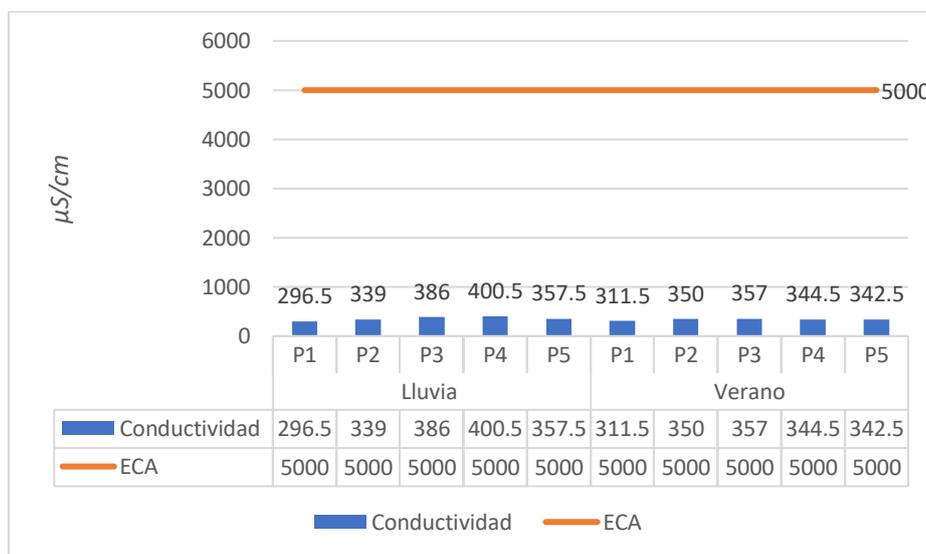
Esta dilución parece ser menos efectiva en el punto 04 durante la temporada de lluvias, donde la conductividad más alta puede indicar una concentración más elevada de sales disueltas, posiblemente debido a influencias antropogénicas o a características geológicas

locales que favorecen la lixiviación de minerales en el sitio. Comparativamente, el trabajo de Szwarc et al. (2023) sugieren que la variabilidad en la conductividad eléctrica puede ser un indicativo de la heterogeneidad en las prácticas de manejo del uso del suelo, como la agricultura, que afecta la calidad del agua en diferentes puntos a lo largo de un sistema fluvial.

Aunque los valores registrados indican que el agua podría ser adecuada para usos como el riego y el consumo animal sin necesidad de tratamiento adicional para reducir la salinidad, la variabilidad observada destaca la necesidad de un monitoreo continuo, el cual permitiría a identificar cambios significativos que puedan surgir de la actividad humana o de alteraciones en el entorno natural, permitiendo intervenciones oportunas para la gestión y preservación de la calidad del agua.

#### Figura 4

Valores de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )



#### 4.3.3 Oxígeno Disuelto

Los datos de oxígeno disuelto presentados para las temporadas de lluvia y estiaje en los distintos puntos de muestreo indican que todos los valores superan el mínimo establecido por los ECA, que es de 4 mg/L. Durante la temporada de lluvia, los valores varían de 6,4 a 7,5

mg/L, mientras que en estiaje aumentan, oscilando de 7,1 a 8,4 mg/L. Este aumento puede estar asociado a la baja temperatura del agua, que favorece una mayor solubilidad del oxígeno, así como a una probable disminución en la actividad biológica que consume oxígeno, como la descomposición de materia orgánica.

El punto P3 muestra el mayor nivel de oxígeno disuelto en estiaje con 8,4 mg/L, lo que podría indicar condiciones óptimas de hábitat para una amplia diversidad de especies acuáticas, al estar dentro del rango de 7-8 mg/L, en este sentido, para la sobrevivencia de muchas especies acuáticas. Los puntos que presentan valores de 8 mg/L o superiores durante el estiaje, como P2, P3 y P5, podrían representar zonas con menor influencia antropogénica o con una dinámica fluvial que favorece una mejor oxigenación.

Es importante destacar que, la presión atmosférica, la temperatura y la altura sobre el nivel del mar son factores determinantes en los niveles de oxígeno disuelto. Dado que los puntos de muestreo están por encima de los 2000 m snm, la presión parcial de oxígeno es más baja, lo que normalmente reduciría los niveles de oxígeno disuelto. Sin embargo, los valores obtenidos sugieren que estos cuerpos de agua mantienen una calidad que cumple con los estándares establecidos, lo que es positivo para el ecosistema acuático y su uso potencial por comunidades humanas y la fauna.

En cuanto a las comunidades de macroinvertebrados, que son indicadores clave de la calidad del agua, la presencia de oxígeno disuelto influye directamente en su diversidad y abundancia. Los niveles registrados sugieren que hay una capacidad de soporte para una variedad de especies, aunque aquellas que toleran bajos niveles de oxígeno, podrían ser más dominantes en ciertos puntos, especialmente si se considera la presencia de materia orgánica. Esto refleja la capacidad de adaptación de algunas especies a ambientes con diferentes concentraciones de oxígeno, lo cual es un factor importante en la estructuración de comunidades acuáticas. Por lo tanto, estos resultados son indicativos de un sistema

relativamente saludable, aunque sería beneficioso realizar un seguimiento continuo y detallado para entender mejor las dinámicas estacionales y su impacto en la biodiversidad acuática y la calidad del agua.

Durante la época de lluvia, el P1 muestra una alta abundancia de Hyalellidae, similar al P2, pero la diversidad de otros grupos como Ephemeroptera y Plecoptera es más baja en comparación con la temporada de estiaje. Esto puede sugerir que las condiciones de oxígeno disuelto son estables y adecuadas para Hyalellidae pero no óptimas para otros grupos más sensibles.

En el estiaje, el aumento en la diversidad y la abundancia de grupos sensibles como los Ephemeroptera y Trichoptera en puntos como el P1 y P2 sugiere que el nivel de oxígeno disuelto es más alto y más favorable para una gama más amplia de macroinvertebrados. Esto se corrobora con los datos de oxígeno disuelto previamente discutidos, donde los puntos durante el estiaje mostraron niveles más altos que en la época de lluvia.

El P3 es notable tanto en lluvia como en estiaje por la presencia de familias como Leptoceridae y Leptophlebiidae, conocidas por preferir aguas más limpias y oxigenadas. La presencia de estos grupos indica buenos niveles de oxígeno disuelto y una menor influencia de contaminación o materia orgánica que de otro modo reduciría la concentración de oxígeno en el agua. Los puntos P4 y P5 presentan una menor abundancia y diversidad en ambas estaciones, lo que podría reflejar una menor calidad de oxígeno disuelto o mayores fluctuaciones en las condiciones ambientales que afectan a las especies más sensibles.

En relación con otros estudios, los valores reportados por Ayala & Vera (2020) no cumplían con la normativa, sugiriendo una calidad del agua inferior y posibles impactos negativos en la biodiversidad acuática, el presente estudio muestra una situación más favorable, donde los niveles superiores durante el estiaje podrían favorecer a un espectro más amplio de macroinvertebrados y otras formas de vida acuática.



#### **4.3.4 Dureza**

Durante la temporada de lluvia, los valores oscilan entre 121,4 y 175,3 mg/L, con el punto P4 mostrando la mayor dureza. Estos valores son significativamente menores que el ECA establecido de 500 mg/L, lo que indica que el agua de lluvia contribuye a la reducción de la dureza en el agua, posiblemente debido a la dilución de los iones de calcio y magnesio.

El agua de lluvia típicamente tiene bajos niveles de dureza ya que no ha tenido tiempo de interactuar con el suelo o rocas que podrían aportar minerales, por lo que, la disminución general de la dureza durante la temporada de lluvias puede ser atribuida a la dilución de los iones disueltos debido al mayor volumen de agua.

En contraste, durante el estiaje, cuando hay menos precipitación para diluir los minerales, se podría esperar un aumento en la concentración de iones que contribuyen a la dureza del agua. Sin embargo, los datos presentados muestran que la dureza disminuye en el punto P1 de 121,4 mg/L durante la lluvia a 110,5 mg/L en el estiaje, mientras que los otros puntos experimentan un aumento moderado o mantienen valores similares. Esto podría deberse a procesos naturales que afectan la disolución de minerales o a la intervención humana que altera la composición mineral del agua en esa área específica.

El punto P2 muestra una dureza más alta en estiaje que en la temporada de lluvias, lo que sugiere una influencia significativa de la geología local o la disminución de la dilución por las precipitaciones en esa área. Los puntos P3, P4 y P5 también reflejan una dureza relativamente alta en estiaje, lo cual podría estar influenciado por la evaporación y la menor entrada de agua.

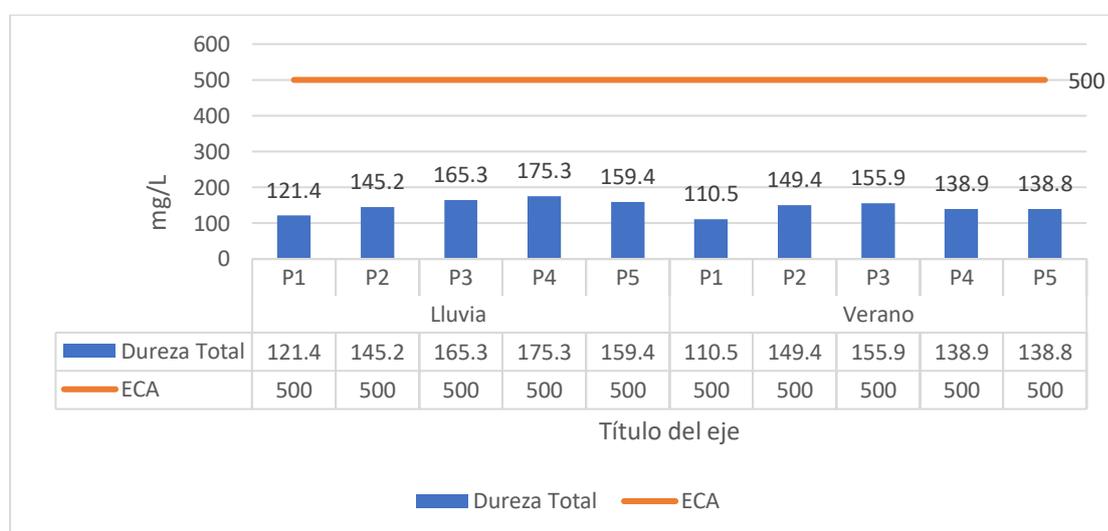
Esta dinámica de variación estacional de la dureza del agua es coherente con las observaciones de otros estudios, como el de Escobar (2021), que subraya la relevancia de la dureza del agua en su utilidad para diferentes propósitos, desde aplicaciones domésticas hasta agrícolas, y su impacto en la salud de los ecosistemas acuáticos. Aunque la dureza en sí misma

no constituye un contaminante, influye significativamente en la eficacia de los tratamientos de agua y en la biodisponibilidad de nutrientes y metales, afectando así a la vida acuática.

El análisis detallado de los niveles de dureza durante ambas estaciones revela que, pese a que el agua se mantiene dentro de un rango de blanda a moderadamente dura, es crucial considerar cómo los cambios estacionales y las actividades humanas influyen en estos parámetros. Por lo tanto, la gestión de los recursos hídricos debe incluir estrategias que mitiguen los efectos de la evaporación y la reducida dilución durante el estiaje, así como las actividades antropogénicas que alteran la composición mineral del agua.

**Figura 6**

*Valores de dureza*



#### 4.3.5 Nitrito y Nitrato

Los resultados muestran que, durante la época de lluvias, las concentraciones de nitratos oscilan desde el Límite de Cuantificación del Método (LCM), lo que indica niveles extremadamente bajos que no pueden ser medidos con precisión, hasta un máximo de 1 mg/L. El punto P3 presenta la concentración más alta de nitratos (1 mg/L), y es también el único punto donde se detectaron nitritos (0,06 mg/L), lo que indica un proceso activo de nitrificación, donde los nitritos se convierten en nitratos más estables, lo cual podría relacionarse con la

entrada de nutrientes por las lluvias, las cuales pueden arrastrar compuestos nitrogenados de la tierra a los cuerpos de agua.

En el estiaje, las concentraciones de nitritos permanecen por debajo del LCM en todos los puntos de muestreo, lo que sugiere que la conversión de nitritos a nitratos es efectiva o que hay una baja aportación de fuentes de nitritos. Los niveles de nitratos disminuyen en algunos puntos comparados con la temporada de lluvia, como en P1, donde disminuyen de 0,422 mg/L a 0,1 mg/L, pero aumentan o se mantienen en otros, como en P3 donde se mantiene en 1 mg/L. Estas variaciones pueden deberse a la menor dilución de los nitratos por la falta de lluvias o a la liberación continua de nitratos desde fuentes como el suelo o aguas subterráneas.

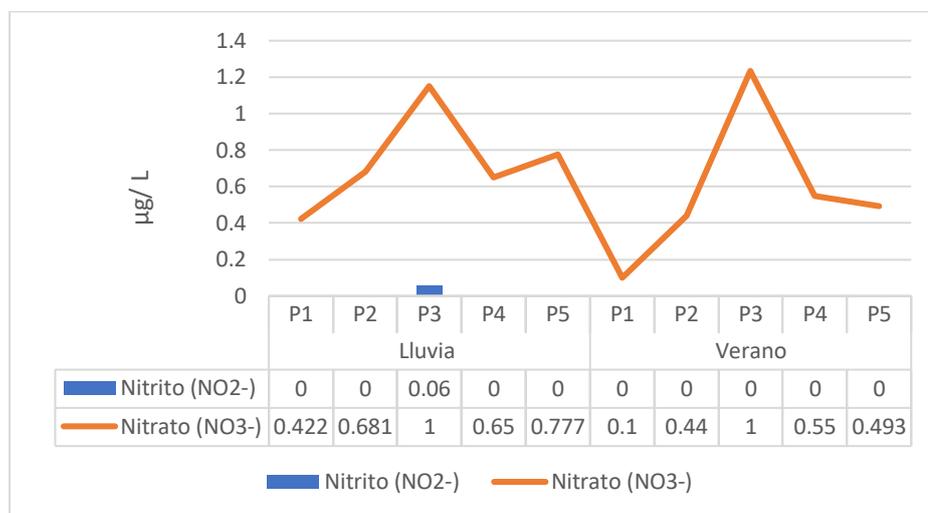
Los niveles detectables de nitratos observados en la presente investigación en todas las estaciones y en varios puntos de muestreo sugieren una influencia antropogénica continua, probablemente relacionada con prácticas agrícolas como el uso intensivo de fertilizantes, una fuente común de nitrógeno. Aunque estos niveles se mantienen por debajo de los estándares de calidad ambiental, es importante considerar las implicaciones subyacentes de estos hallazgos.

En este sentido, la investigación de Quesada et al. (2020) señala que un incremento en la concentración de nitratos durante la temporada de lluvias puede llevar a una disminución en la abundancia de organismos acuáticos sensibles, específicamente aquellos pertenecientes al grupo EPT, lo cual revela que aunque estos minerales no excedan los límites legales, pueden estar ejerciendo presiones negativas sobre especies vulnerables.

Además, el estudio de Bolaños et al. (2017) resalta que la presencia de nitritos y nitratos, indican un ciclo de nitrógeno activo y saludable, sin embargo debe ser considerado para prevenir impactos adversos a largo plazo en los ecosistemas acuáticos, especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad de la biodiversidad acuática y la calidad del agua para usos humanos y de vida silvestre.

**Figura 7**

Valores de nitrito y nitrato



#### 4.3.6 Fluoruro y Cloruro

Los resultados obtenidos en la presente investigación durante la temporada de lluvia muestran que los niveles de fluoruro permanecen consistentemente bajos (entre 0,041 y 0,06 mg/L en todos los puntos de muestreo), lo que sugiere una fuente constante y probablemente natural, como la erosión de minerales del suelo o la roca. Estos niveles, que se mantienen por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), son beneficiosos tanto para la salud humana como para la ambiental, minimizando los efectos adversos conocidos de altas concentraciones de fluoruro que, según Dieu & Valens (2020), pueden reducir significativamente la biodiversidad en ecosistemas acuáticos al afectar la viabilidad de los macroinvertebrados acuáticos.

En contraste, los niveles de cloruro muestran una variabilidad más significativa, especialmente en los puntos P3 y P5 durante la temporada de lluvia, con concentraciones que alcanzan hasta 1 mg/L. Este patrón sugiere una posible influencia antropogénica, posiblemente relacionada con descargas de aguas residuales urbanas o agrícolas, donde el cloruro, común en detergentes y fertilizantes, se introduce en los cuerpos de agua.

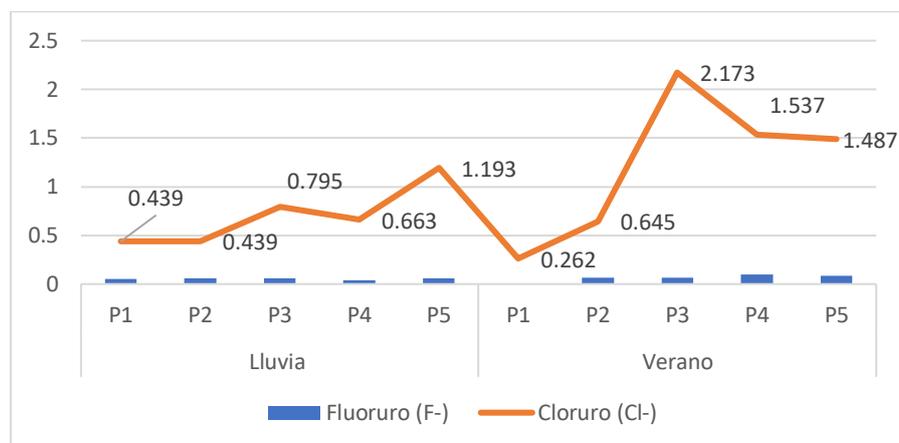
Durante el estiaje, se observa una disminución en los niveles de fluoruro en el punto P1 hasta niveles por debajo del LCM, fenómeno que podría estar relacionado con un aumento en la evaporación y una reducción en la dilución debido a la disminución del flujo de agua. En cambio, en otros puntos, se registra un ligero aumento en las concentraciones de fluoruro, reflejando la concentración de minerales en un volumen de agua reducido.

El cloruro presenta una dinámica interesante en el estiaje, especialmente en los puntos P3 y P4, donde las concentraciones alcanzan hasta 2 mg/L, notablemente más altas que en la temporada de lluvia. Este aumento podría deberse tanto a una menor dilución por la reducción del volumen de agua como a aportes adicionales de fuentes antropogénicas durante la estación seca. Este fenómeno resalta la necesidad de monitorear las fuentes antropogénicas de contaminación, especialmente en periodos de bajo caudal, donde los efectos de concentración pueden exacerbar la toxicidad potencial para la biota acuática.

Soucek & Kennedy (2005) destacan cómo las altas concentraciones de cloruro pueden afectar adversamente a la comunidad de macroinvertebrados, alterando la salinidad del hábitat acuático y afectando la supervivencia y reproducción de estos organismos. Los cambios en la salinidad también pueden influir en la disponibilidad de alimentos y recursos, alterando así la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.

## Figura 8

Valores de fluoruro y cloruro



### 4.3.7 Temperatura

Durante la temporada de lluvia, los registros de temperatura varían de 12,6 °C en el punto P2 hasta 15,4 °C en P4, condiciones que favorecen la solubilidad del oxígeno en el agua, esencial para sostener una rica biodiversidad acuática. Esta disminución en la temperatura puede ser atribuida a una mayor cobertura nubosa y precipitaciones frecuentes que refrescan la superficie del agua. En contraste, el estiaje presenta un incremento en las temperaturas, alcanzando hasta 17,7 °C en P4, fenómeno que, según Roldán (2012), reduce la capacidad del agua para retener oxígeno disuelto debido a la mayor insolación y menor precipitación.

Esta variabilidad térmica es significativa y debe considerarse cuidadosamente en el manejo de los recursos hídricos, especialmente en relación con las especies acuáticas sensibles a los cambios de temperatura. Si bien las temperaturas registradas cumplen con los límites de los ECA, categoría 3, que permiten una variación de hasta 3 °C respecto al promedio mensual multianual, la monitorización continua es crucial.

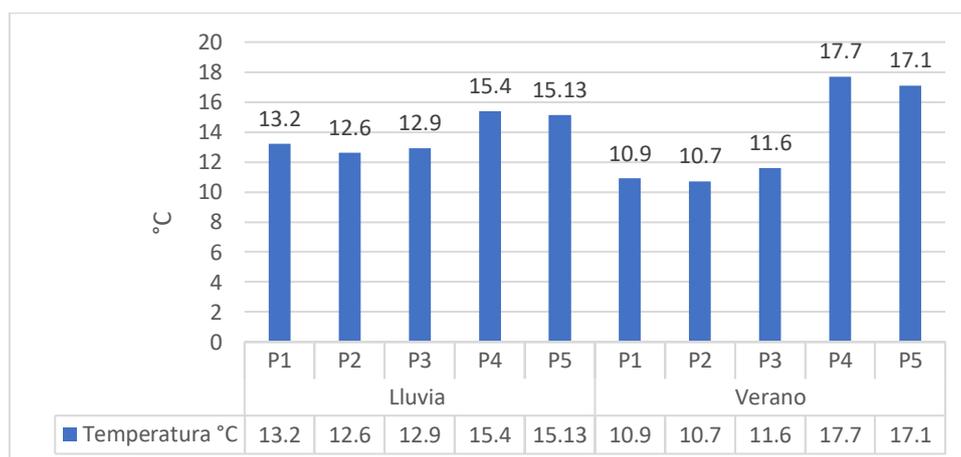
Los estudios de Zeng et al. (2022) apuntan a que cambios en la temperatura debido a variaciones en la profundidad del agua pueden llevar a modificaciones en la turbidez, el pH y los niveles de oxígeno disuelto (OD), todos factores que influyen directamente en la comunidad

de macroinvertebrados acuáticos. Estos organismos, cruciales para la cadena alimenticia acuática, muestran sensibilidad a cambios en la calidad del agua, lo que se refleja en su distribución y abundancia.

Además, Bravo & Restrepo (2021) enfatizan que un aumento en la temperatura disminuye la capacidad de solubilización de gases en el agua, lo cual afecta directamente la disponibilidad de oxígeno disuelto, un parámetro crítico para la supervivencia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

### Figura 9

*Valores de temperatura*



#### 4.4 Análisis Estadístico ANOVA para las Poblaciones de Macroinvertebrados

A continuación, se presentan los resultados correspondientes del ANOVA para las poblaciones de macroinvertebrados en función de la época, familia y el punto de muestreo (Anexo 1).

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por época*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	99681,321a	2	49840,661	6,221	0,004
Época	99681,321	2	49840,661	6,221	0,004
Error	392560,679	49	8011,442		
Total	492242,000	51			

a. R al cuadrado = 0,203 (R al cuadrado ajustada = 0,170)

Los resultados del ANOVA muestran que existen diferencias estadísticas significativas en relación al número de individuos macroinvertebrados, por época (lluvia/ estiaje), dado que el valor de p es menor de 0,05.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por familia*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	337581,017a	16	21098,814	4,775	0,000
familia	337581,017	16	21098,814	4,775	0,000
Error	154660,983	35	4418,885		
Total	492242,000	51			

a. R al cuadrado = 0,686 (R al cuadrado ajustada = 0,542)

Los resultados del ANOVA muestran que existen diferencias estadísticas significativas en relación al número de individuos macroinvertebrados, por familia dado que el valor de p es menor de 0,05.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para las poblaciones de macroinvertebrados por punto*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	118084,284a	5	23616,857	2,904	0,023
Punto	118084,284	5	23616,857	2,904	0,023
Error	374157,716	46	8133,863		
Total	492242,000	51			

a. R al cuadrado = 0,240 (R al cuadrado ajustada = 0,157)

Los resultados del ANOVA muestran que existen diferencias estadísticas significativas en relación al número de individuos macroinvertebrados, por punto dado que el valor de p es menor de 0,05.

## **4.5 Coeficiente de Relación Lineal Entre los Factores de la Presencia de Macroinvertebrados y Algunos Parámetros Físicoquímicos**

### ***4.5.1 Relación Lineal para la Conductividad***

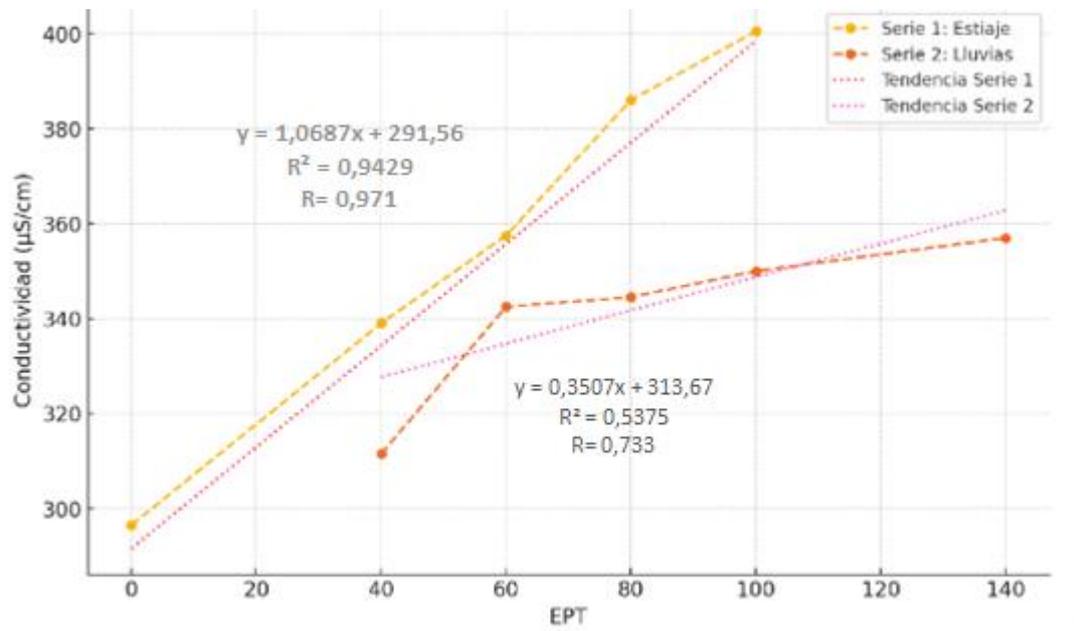
#### **EPT**

En el análisis de la relación entre la conductividad y el índice EPT durante la época de lluvia (Figura 10), se observa una relación fuerte y positiva entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,971. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9429 indica que aproximadamente el 94,29% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=1,0687x+291,56$ , muestra que, por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el EPT aumente en 1,0687 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre la conductividad y el EPT, también muestra una asociación positiva, aunque más moderada, con un coeficiente de relación (R) de 0,733. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,5375 revela que aproximadamente el 53,75% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,3507x+313,67$ , indica que, por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el EPT aumente en 0,3507 unidades en promedio.

**Figura 10**

*Modelo de relación lineal conductividad y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje*



### **BMWP**

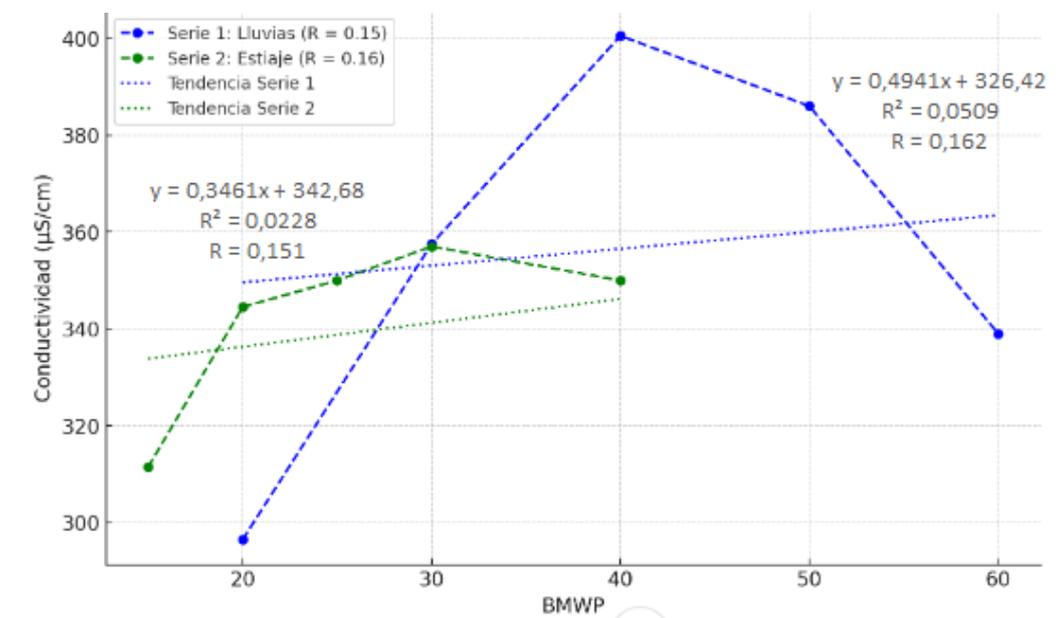
En el análisis de la relación entre la conductividad y el índice BMWP durante la época de lluvia (Figura 11), se observa una asociación débil entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,151. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0228 indica que aproximadamente el 2,28% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,3461x+342,68$ , establece que por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el BMWP aumente en 0,3461 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre la conductividad y el BMWP también muestra una asociación débil, con un coeficiente de relación (R) de 0,162. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0509 revela que aproximadamente el 5,09% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,4941x+326,42$ ,

sugiere que por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el BMWP aumente en 0,4941 unidades en promedio.

### Figura 11

*Modelo de relación lineal conductividad y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje*



### ABI

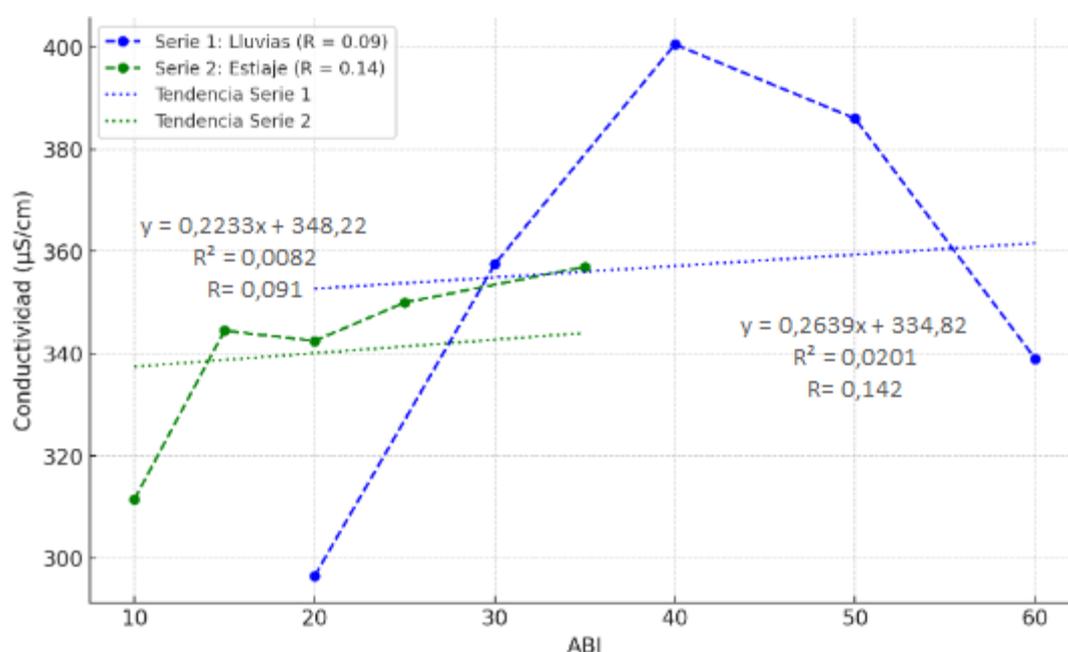
En el análisis de la relación entre la conductividad y el índice ABI durante la época de lluvia (Figura 12), se observa una relación débil y positiva entre ambas variables. El coeficiente de relación (R) de 0,091 indica una relación positiva débil entre la conductividad y el ABI. Sin embargo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0082 revela que solo aproximadamente el 0,82% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,2233x+348,22$ , muestra que por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el ABI aumente en 0,2233 unidades en promedio.

En el análisis de la relación entre la conductividad y el índice ABI durante la época de estiaje, se observa una relación débil y positiva con un coeficiente de relación (R) de 0,142.

Sin embargo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0201 revela que solo aproximadamente el 2,01% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en la conductividad durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,2639x+334,82$ , establece que por cada unidad de aumento en la conductividad, se espera que el ABI aumente en 0,2639 unidades en promedio.

**Figura 12**

*Modelo de relación lineal conductividad y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje*



#### 4.5.2 Relación Lineal para el pH

##### EPT

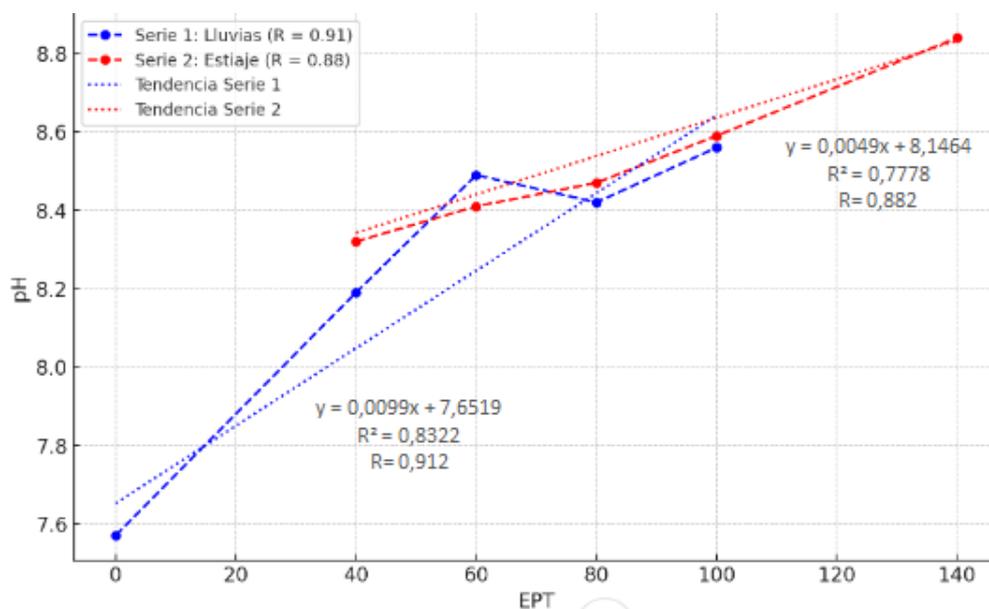
En el análisis de la relación entre el pH y el índice EPT durante la época de lluvia (Figura 13), se observa una relación fuerte y positiva entre ambas variables, con un coeficiente de relación ( $R$ ) de 0,912. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,8322 indica que aproximadamente el 83,22% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en el pH durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de

regresión,  $y=0,0099x+7,6519$ , establece que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el EPT aumente en 0,0099 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre el pH y el EPT, también muestra una relación positiva, aunque ligeramente más débil, con un coeficiente de relación (R) de 0,882. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,7778 revela que aproximadamente el 77,78% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en el pH durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0049x+8,1464$ , indica que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el EPT aumente en 0,0049 unidades en promedio.

**Figura 13**

*Modelo de relación lineal pH y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje*



### **BNWP**

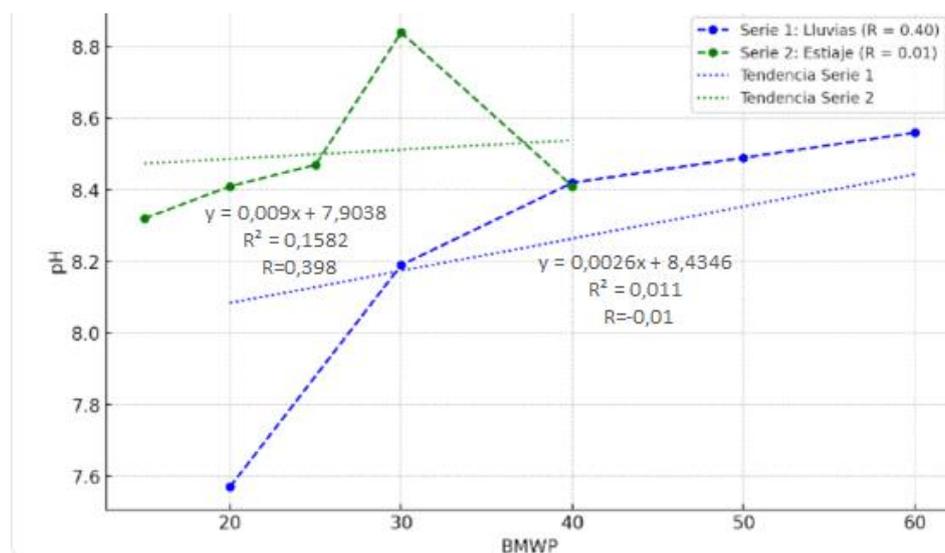
En el análisis de la relación entre el pH y el índice BMWP durante la época de lluvia (Figura 14), se observa una relación moderada entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,398. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,1582 indica que aproximadamente el 15,82% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la

variabilidad en el pH durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,009x+7,9038$ , sugiere que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el BMWP aumente en 0,009 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre el pH y el BMW, muestra una asociación débil y negativa, con un coeficiente de relación (R) de -0,014. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,011 revela que aproximadamente el 1,1% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en el pH durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0026x+8,4346$ , sugiere que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el BMWP disminuya en 0,0026 unidades en promedio.

### Figura 14

*Modelo de relación lineal pH y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje*



### ABI

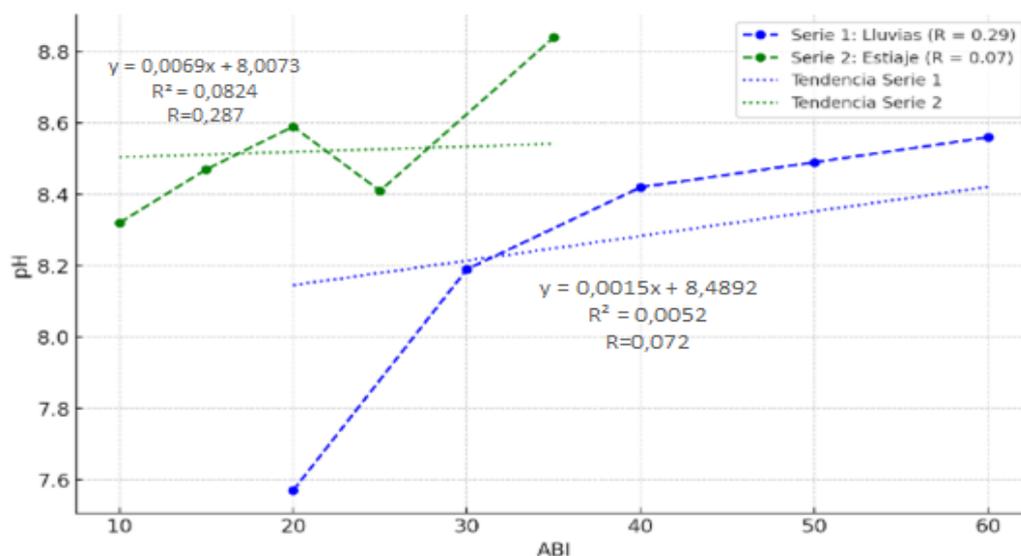
En el análisis de la relación entre el pH y el índice ABI durante la época de lluvia (Figura 15), se observa una relación débil y positiva entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,287. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0824 indica que aproximadamente el 8,24% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad

en el pH durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0069x+8,0073$ , muestra que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el ABI aumente en 0,0069 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre el pH y el ABI también muestra una asociación débil y positiva, con un coeficiente de relación (R) de 0,072. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0052 revela que aproximadamente el 0,52% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en el pH durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0015x+8,4892$ , indica que por cada unidad de aumento en el pH, se espera que el ABI aumente en 0,0015 unidades en promedio.

**Figura 15**

*Modelo de relación lineal pH y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje*



#### 4.5.3 Relación Lineal para la Temperatura

##### EPT

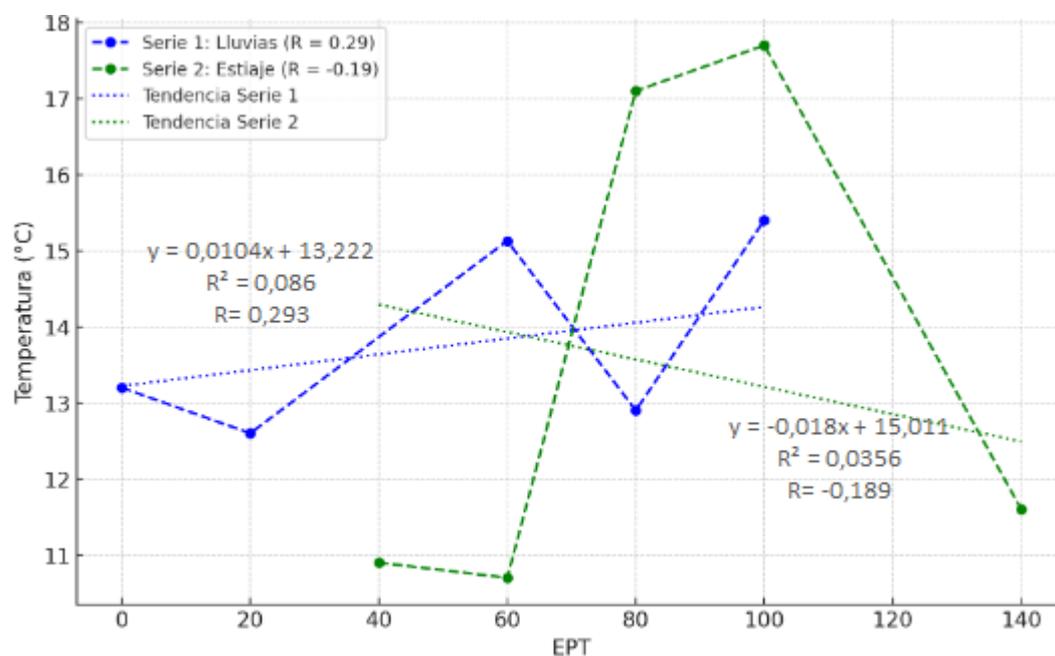
En el análisis de la relación entre la temperatura y el índice EPT durante la época de lluvia (Figura 16), se observa una relación débil y positiva entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,293. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,086 indica que

aproximadamente el 8,6% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0104x+13,222$ , sugiere que por cada unidad de aumento en la temperatura, se espera que el EPT aumente en 0,0104 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre la temperatura y el EPT, muestra una asociación débil y negativa, con un coeficiente de relación (R) de -0,189. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0356 revela que aproximadamente el 3,56% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=-0,018x+15,011$ , indica que por cada unidad de aumento en la temperatura, se espera que el EPT disminuya en 0,018 unidades en promedio.

**Figura 16**

*Modelo de relación lineal temperatura y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje*



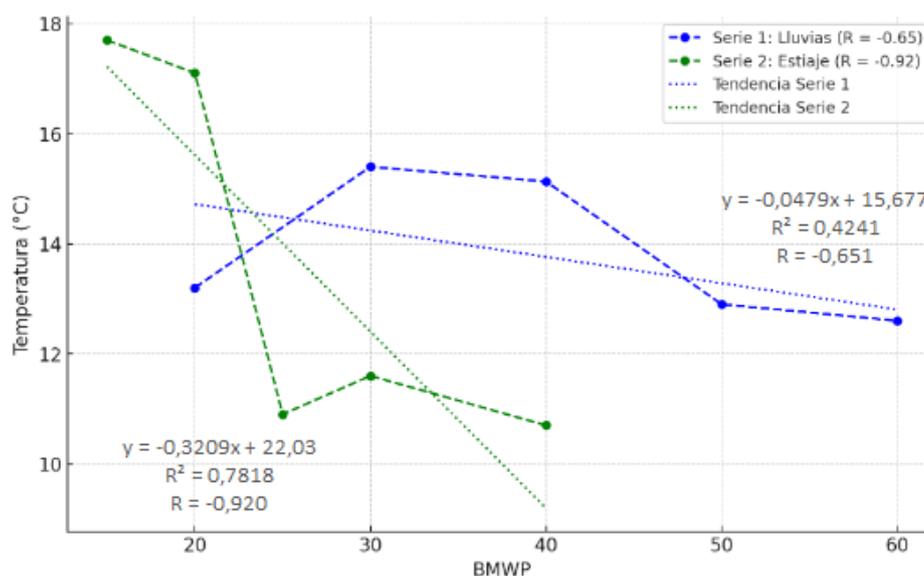
## BMWP

En el análisis de la relación entre la temperatura y el índice BMWP durante la época de lluvia (Figura 17), se observa una relación moderada y negativa entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de -0,651. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,4241 indica que aproximadamente el 42,41% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y = -0,0479x + 15,677$ , determina que por cada unidad de aumento en la temperatura, se espera que el BMWP disminuya en 0,0479 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre la temperatura y el BMWP, muestra una asociación fuerte y negativa, con un coeficiente de relación (R) de -0,920. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,7818 revela que aproximadamente el 78,18% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y = -0,3209x + 22,03$ , establece que por cada unidad de aumento en la temperatura, se espera que el BMWP disminuya en 0,3209 unidades en promedio.

### Figura 17

*Modelo de relación lineal temperatura y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje*



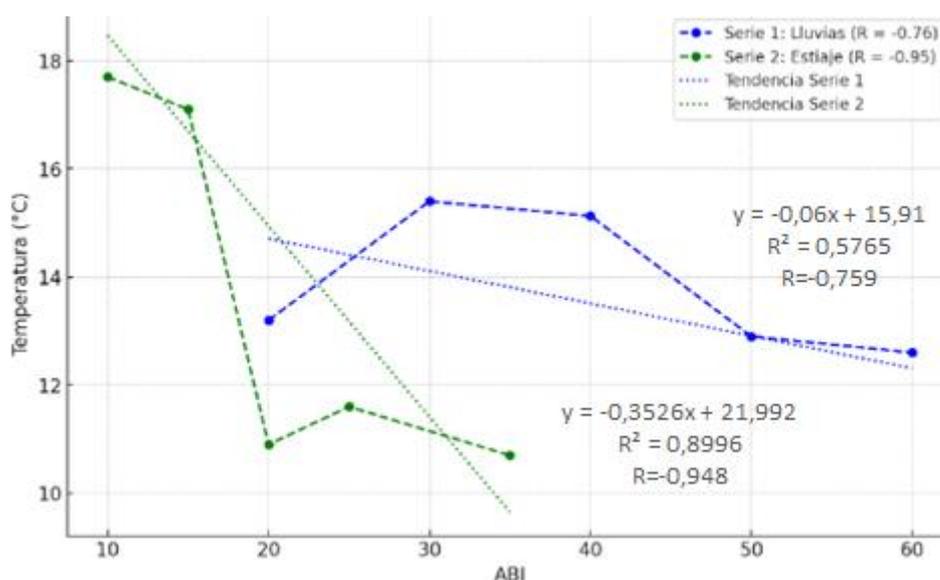
## ABI

En el análisis de la relación entre la temperatura y el índice ABI durante la época de estiaje (Figura 18), se observa una relación moderada y negativa entre ambas variables con un coeficiente de relación (R) de -0,0201. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,5765 revela que aproximadamente el 57,65% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura durante la época de estiaje y la ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y = -0,06x + 15,91$ , muestra que, por cada unidad de aumento en la Temperatura, se espera que el ABI disminuya en 0,06 unidades en promedio.

Por otro lado, la relación entre la temperatura y el ABI durante la época de estiaje, muestra una asociación más fuerte y negativa, con un coeficiente de relación (R) de -0,948, además, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,8996 revela que aproximadamente el 89,96% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura y la ecuación lineal obtenida del análisis de  $y = -0,3526x + 21,992$ , muestra que por cada unidad de aumento en la temperatura, se espera que el ABI disminuya en 0,3526 unidades en promedio.

### Figura 18

*Modelo de relación lineal temperatura y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje*



#### **4.5.4 Relación Lineal para el Oxígeno**

##### **EPT**

En el análisis de la relación entre el OD y el índice EPT durante la época de lluvia (Figura 19), se observa una relación moderada y positiva entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de 0,685. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,4687 indica que aproximadamente el 46,87% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0103x+6,3785$ , establece que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el EPT aumente en 0,0103 unidades en promedio.

Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre el OD y el EPT, también muestra una asociación moderada y positiva, con un coeficiente de relación (R) de 0,574. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,3299 revela que aproximadamente el 32,99% de la variabilidad en el EPT puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0096x+7,0471$ , determina que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el EPT aumente en 0,0096 unidades en promedio.

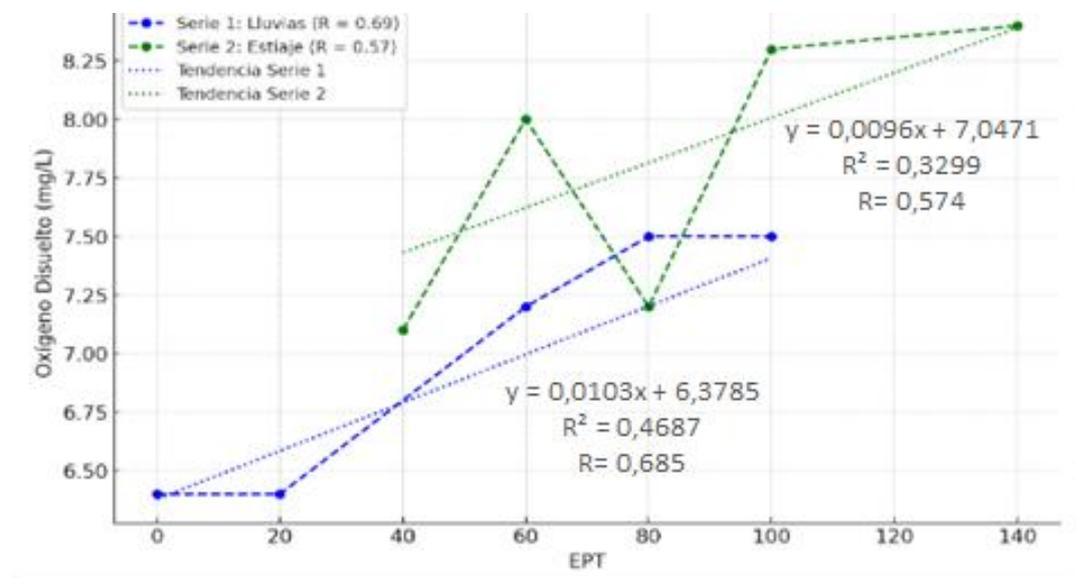
Estos resultados son similares a los obtenidos por Ayala & Vera (2020) desarrollado en el río San Lucas, provincia de Cajamarca, durante septiembre de 2018 y febrero de 2019, y en el cual se obtuvo una relación positiva, para OD, pH y nitratos con respecto a los indicadores biológicos.

Estos resultados no son similares a los obtenidos en el estudio de Cruz & Itriago (2022) establece una relación positiva inversa entre los parámetros fisicoquímicos y el índice EPT, tanto en la época lluviosa como en la seca, estableciendo que cuando la temperatura, el pH y el OD disminuyen, la comunidad de macroinvertebrados tiende a aumentar, y viceversa, cuando estos parámetros aumentan, la comunidad de macroinvertebrados tiende a disminuir;

por otro lado, también se obtuvo en este estudio que existe una relación positiva entre los parámetros fisicoquímicos el índice BMWP durante la época de lluvias, lo que sugiere que a medida que los valores de pH, oxígeno disuelto y temperatura aumentan, la presencia de comunidades de macroinvertebrados también tiende a aumentar, además, esta relación positiva se mantuvo consistente en ambas épocas (lluviosa y seca), lo cual es contrario al presente estudio.

### Figura 19

*Modelo de relación lineal OD y el Índice EPT en época de lluvia y estiaje*



### BMWP

En el análisis de la relación entre el OD y el índice BMWP durante la época de lluvia (Figura 20), se observa una relación débil y negativa entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de -0,244., este bajo valor sugiere que los análisis lineales pueden no ser la mejor forma de explicar la relación entre el oxígeno disuelto y el BMWP, ya que su interacción podría estar influenciada por otros factores ambientales o dinámicas no lineales, por lo que puede ser necesario utilizar modelos multivariados o no lineales.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0596 indica que aproximadamente el 5,96% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=-0,0077x+7,2927$ , sugiere que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el BMWP disminuya en 0,0077 unidades en promedio.

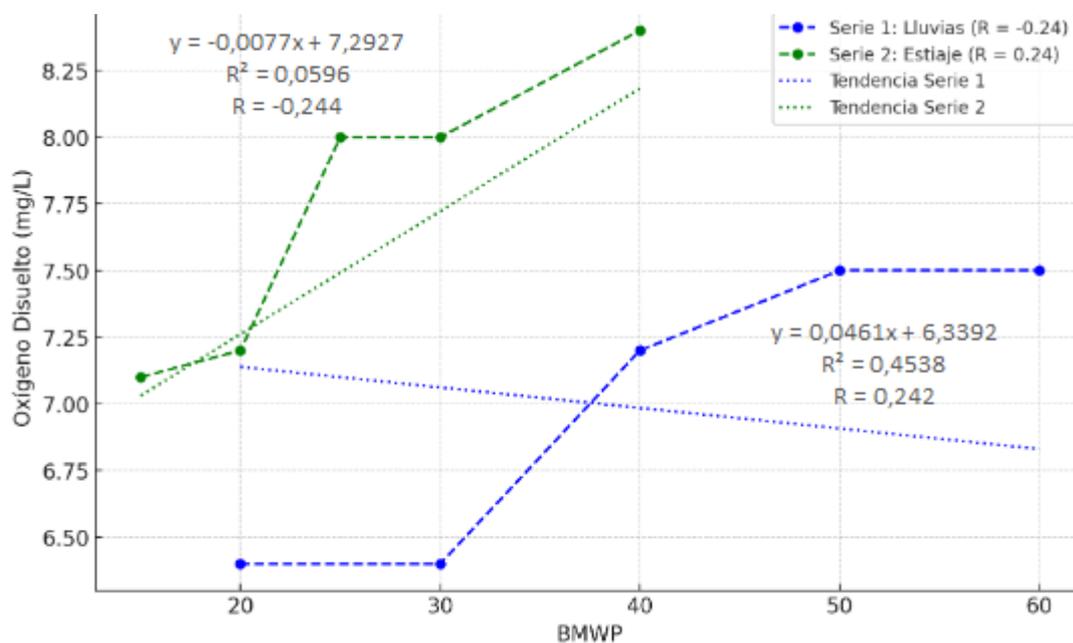
Por otro lado, durante la época de estiaje, la relación entre el OD y el BMWP, muestra una asociación moderada y positiva, con un coeficiente de relación ( $R$ ) de 0,242. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,4538 revela que aproximadamente el 45,38% de la variabilidad en el BMWP puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0461x+6,3392$ , sugiere que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el BMWP aumente en 0,0461 unidades en promedio.

Estos resultados son concordantes con el estudio de Fernández (2020) en el cual el índice biológico BMWP/Col mostró una relación positiva con la temperatura y el oxígeno disuelto, con coeficientes de relación de 0,65 y 0,69, respectivamente. En contraste, se observó una relación negativa con el pH, con un coeficiente de relación de -0,70.

No obstante, contradicen a los obtenidos en el estudio de Cruz & Itriago (2022) en el cual se obtuvo que existe una relación positiva entre los parámetros fisicoquímicos el índice BMWP durante la época de lluvias, lo que sugiere que a medida que los valores de pH, oxígeno disuelto y temperatura aumentan, la presencia de comunidades de macroinvertebrados también tiende a aumentar, además, esta relación positiva se mantuvo consistente en ambas épocas (lluviosa y seca), lo cual es contrario al presente estudio.

**Figura 20**

*Modelo de relación lineal OD y el Índice BMWP en época de lluvia y estiaje*



## ABI

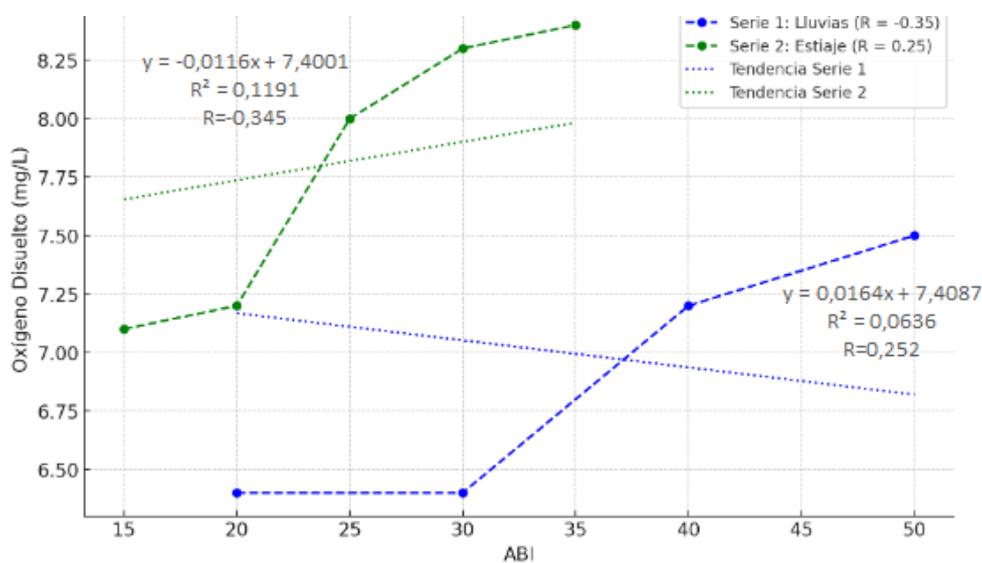
En el análisis de la relación entre el OD y el índice ABI durante la época de lluvia (Figura 21), se observa una relación débil y negativa entre ambas variables, con un coeficiente de relación (R) de -0,345, este bajo valor sugiere que los análisis lineales pueden no ser la mejor forma de explicar la relación entre el oxígeno disuelto y el BMWP, ya que su interacción podría estar influenciada por otros factores ambientales o dinámicas no lineales, por lo que puede ser necesario utilizar modelos multivariados o no lineales.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,1191 indica que aproximadamente el 11,91% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de lluvia. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y = -0,0116x + 7,4001$ , muestra que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el ABI disminuya en 0,0116 unidades en promedio.

En contraste, durante la época de estiaje, la relación entre el OD y el ABI, muestra una asociación débil y positiva, con un coeficiente de relación (R) de 0,252. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,0636 revela que aproximadamente el 6,36% de la variabilidad en el ABI puede ser explicada por la variabilidad en el OD durante la época de estiaje. La ecuación lineal obtenida del análisis de regresión,  $y=0,0164x+7,4087$ , indica que por cada unidad de aumento en el OD, se espera que el ABI aumente en 0,0164 unidades en promedio.

### Figura 21

*Modelo de relación lineal OD y el Índice ABI en época de lluvia y estiaje*



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La calidad del agua del río Jadibamba, basada en la evaluación con macroinvertebrados como bioindicadores y el análisis de parámetros fisicoquímicos, mostró contrastes significativos. Según el índice EPT, la calidad del agua fue clasificada como "sin impacto". Sin embargo, los índices BMWP y ABI revelaron que algunos puntos presentaron aguas muy contaminadas, especialmente durante la época de lluvias. Los parámetros fisicoquímicos, como oxígeno disuelto, pH y conductividad, mostraron variaciones estacionales, con mejores condiciones en los puntos más cercanos a la fuente del río y mayor deterioro aguas abajo. En general, la calidad del agua varió entre buena a crítica, la cual se identificó especialmente en zonas aguas abajo donde las actividades humanas, tienen un impacto significativo durante la época de lluvias.
- El 60,6% de las familias de Macroinvertebrados presentes en el río Jadibamba del distrito Huasmín, pertenecen a la familia Hyalellidae, mientras que el 21,0% a Baetidae, lo cual refleja una rica biodiversidad acuática y subrayan la importancia del río como hábitat para diferentes grupos taxonómicos, especialmente durante la época de lluvia.

- La calidad del agua del río Jadibamba utilizando los índices de sensibilidad EPT, BMWP y ABI, indicó variaciones considerables entre los puntos de muestreo y entre las estaciones del año. Los índices de EPT mostraron que la mayoría de los puntos durante la temporada de lluvias y estiaje estaban sin impacto. Sin embargo, los índices BMWP y ABI revelaron que algunos puntos presentaron aguas muy contaminadas, especialmente durante la época de lluvias, estas diferencias se deben a que el índice EPT se centra exclusivamente en macroinvertebrados sensibles como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. Por otro lado, los índices BMWP y ABI incluyen una mayor diversidad de taxones, abarcando tanto especies sensibles como aquellas más tolerantes a condiciones degradadas
- Los parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los límites óptimos para la vida acuática. El pH varió de 8,84 en estiaje a 7,65 en lluvia, sugiriendo condiciones más alcalinas en estiaje, mientras que la conductividad mostró una mayor concentración de iones durante la lluvia, con valores hasta 400,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- El coeficiente de relación lineal entre los factores de la presencia de macroinvertebrados y algunos parámetros fisicoquímicos, reveló una relación fuerte entre el índice EPT y la conductividad ( $R = 0,971$ ) durante la lluvia, indicando que casi el 94% de la variabilidad del índice EPT podría explicarse por cambios en la conductividad. Similarmente, la temperatura y el oxígeno disuelto mostraron relaciones significativas con los índices biológicos, destacando su influencia en la distribución y salud de los macroinvertebrados en el río.

## 5.2 Recomendaciones

- Implementar un programa de gestión integrada de la cuenca del río Jadibamba, que incluya la identificación y el manejo de fuentes de contaminación, especialmente agrícolas y urbanas, el cual debería enfocarse en mejorar la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y en fomentar prácticas agrícolas que reduzcan el escurrimiento de pesticidas y fertilizantes hacia el río, particularmente durante la temporada de lluvias.
- Desarrollar iniciativas de restauración ecológica en áreas críticas a lo largo del río Jadibamba, especialmente en las zonas de muestreo que mostraron índices de calidad del agua bajos, los cuales pueden incluir la reforestación de riberas, la instalación de zonas buffer y la creación de humedales artificiales para mejorar la filtración natural y aumentar la biodiversidad de macroinvertebrados, contribuyendo así a la salud general del ecosistema fluvial.

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS

- Ali, H., & Lafta, S. (2021). Impact of Physicochemical Parameters on Macroinvertebrates distribution attached to aquatic plants. *Ist international virtual conference of environmental sciences*, 722, 1-13. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/722/1/012045/pdf>
- Almeida, J., Lima, M., Sampaio, J., Ribeiro, D., Justino, A., & Schlemmer, L. (2023). Assessing physical habitat structure and biological condition in eastern Amazonia stream sites. *Water Biology and Security*, 2(2), 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277273512200172X>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en cuerpos Naturales de Agua Superficial*. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos del Ministerio de Agricultura.
- Ayala, C., & Vera, G. (2020). *MACroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su relación con los parámetros fisicoquímicos de agua del río San Lucas, Cajamarca, 2018 - 2019*. Cajamarca - Perú. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://core.ac.uk/download/pdf/328898843.pdf>

- Banda, K., Ngwenya, V., Mulema, M., Chomba, I., Chomba, M., & Nyambe, I. (2023). Influence of water quality on benthic macroinvertebrates in a groundwater-dependent wetland. *Sec. Environmental Water Quality*, 5, 1-9. <https://www.frontiersin.org/journals/water/articles/10.3389/frwa.2023.1177724/full>
- 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*, 3(4), 15-27. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Bravo, L., & Restrepo, G. (2021). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. doi:10.18359/rfcb.5432
- Bulnes, L. (2019). *Macroinvertebrados bentónicos, indicadores de la calidad ecológica del agua en dos ríos de Lima con distintas actividades productiva*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4264/bulnes-herrera-lizbeth-lilian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calvo, G. (2013). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos Ciencia y Tecnología*, 8(1). doi:10.22335/rfct.v8i1.306
- Castañeda, D. (2021). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande en la localidad de Cortegana- Celendín – Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00>
- Cedeño, A., & Romero, B. (2021). *Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el Río Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2020 – 2021*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10614>

- Croijmans, L., Jong, F. D., & Prins, H. (2021). Oxygen is a better predictor of macroinvertebrate richness than temperature—a systematic review. *Environ. Res. Lett.*, *16*, 1-24. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab9b42/pdf>
- Cruz, J., & Itriago, J. (2022). *Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Mosca Del Cantón Junín* [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.esпам.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1923/TTMA87D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Confederación hidrográfica del Ebro. (2009). Guía de campo de macroinvertebrados acuáticos. [https://mariomairal.com/wp-content/uploads/2021/01/Guia-Macroinvertebrados\\_CHE-2008.pdf](https://mariomairal.com/wp-content/uploads/2021/01/Guia-Macroinvertebrados_CHE-2008.pdf)
- Dieu, N., & Valens, H. (2020). The Use of Aquatic Macro-Invertebrate and Physico-Chemical Parameters for Water Quality Analysis in Wetlands of Kigali City. *East African Journal of Science and Technology*, *10*(3), 91-104. <https://www.researchgate.net/publication/362348076>
- Duarte, E., Ramos, E., & Reinoso, G. (2020). Composición y estructura del ensamblaje de larvas del orden Trichoptera (Arthropoda: Insecta) en la quebrada Las Perlas, Ibagué, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, *4*(171). <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/index>
- Duque, G., Gamboa, D., Molina, A., & Cogua, P. (2021). Influence of water quality on the macroinvertebrate community in a tropical estuary (Buenaventura Bay). *Integrated Environmental Assessment and Management*, *18*(3), 796-812. <https://doi.org/10.1002/ieam.4521>

- Duque, P., Cajamarca, R., Wemple, B., & Delgado, M. (2019). Estimación del balance hídrico de una Cuenca Andina Tropical. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 56-69. <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/29.2019.05>
- Escadon, C., & Cáceres, M. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco Gualaceo* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Escobar, A. (2021). *Dinamismo biológico de macroinvertebrados acuáticos del río Gala del cantón Camilo Ponce Enríquez*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15317/1/236T0562.pdf>
- Fernández, J. (2020). *Análisis de calidad de agua a través de macroinvertebrados en el balneario “la playita del guasmo”, del Golfo De Guayaquil*. [Tesis de Pregrado, Universidad Agraria Del Ecuador].
- Franca, J., Solar, R., & Hughes, R. (2019). Callisto Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. *Ambio*, 48(8), 867-878. doi:10.1007/s13280-018-1122-z
- Flores, D. (2014). *Guía para la Vigilancia Ambiental con Macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca*.  
[https://grufides.org/sites/default/files//documentos/publicaciones/Gu%C3%ADa%20de%20vigilancia%20ambiental%20con%20MIB\\_Puka%20Tika\\_GRUFIDES\\_0.pdf](https://grufides.org/sites/default/files//documentos/publicaciones/Gu%C3%ADa%20de%20vigilancia%20ambiental%20con%20MIB_Puka%20Tika_GRUFIDES_0.pdf)
- Gallo, O., & Quinanluisa, L. (2023). *Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Cutuchi, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24372/1/TTS1183.pdf>
- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C., & Avila, A. (2018). Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la

microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*.

<https://www.researchgate.net/publication/323782141>

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación (6.a ed.)*. McGRAW-HILL. [https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

[Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua . (22 de 05 de 2020). *Que macroinvertebrado eres. Jurídicas IMTA. Consultado el 22 de mayo de 2022.*

<https://www.gob.mx/imta/articulos/que-macroinvertebrado-eres>

Keke, U., Arimoro, F., Ayanwale, A., & Odume, O. (2021). Edegbene Weak Relationships among macroinvertebrates beta diversity ( $\beta$ ), river status, and environmental correlates in a tropical biodiversity hotspot *Ecol. Indic.*, 129(8). doi:10.1016/j.ecolind.2021.107868

Kengne, J., Menbohan, S., Meyer, A., Leprêtre, A., & Usseglio, P. (2022). Relationships between Physico-Chemical Parameters and Taxonomic Structure of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Streams of West Cameroon. *Water*, 14(1490), 1490. <https://doi.org/10.3390/w14091490>

Kumar, R., Kumari, R., Prasad, C., Deep, A., Singh, N., Namtak, S., . . . Ramchander Merugu. (2021). Influence of water quality on the diversity of macroinvertebrates in the Mandakini River in India. *Water Supply*, 1844-1904. doi:10.2166/ws.2021.020

Larrea, J., Romeu, B., Lugo, D., & Rojas, M. (2022). Fundamental aspects of water quality monitoring: the alمندares river as a case study. *Rev. CENIC Cienc. Biol.*, 53(2), 148-159. <https://www.researchgate.net/publication/366371216>

- Leaño, J., & Pérez, D. (2020). Determinación de la calidad del agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Revista ActaNova*, 9(4).  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892020000100007](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100007)
- Léon, A., & Ospina, R. (2007). *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.  
<https://searchworks.stanford.edu/view/7723381>
- Liu, X., Zhang, J., Shi, W., Wang, M., & Chen, K. (2020). Wang Priority pollutants in water and sediments of a river for control basing on benthic macroinvertebrate community structure *Water. Polymer Interncional* , 69(12), 1267-1274. doi:10.3390/w11061267
- Meneses, Y., Castro, M., & Jaramillo, Á. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. Y ABI. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 299-310.  
<https://www.redalyc.org/journal/3190/319060771010/html/>
- MINAM. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales de Perú*. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agu>

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. (2013). *Guía para la evolución de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macro invertebrados bentónicos*.  
<https://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/81>
- Misof, R. (2015). Orden Neuroptera s.s. (Planipennia). *Revista IDE@ - SEA*, 58, 1-12.  
[http://sea-entomologia.org/IDE@/revista\\_58.pdf](http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_58.pdf)
- Montalvo, F., Robles, V., Duque, P., & González, K. (2020). An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology student. *In 2020 IEEE World Conference*.
- Mora, G., Medina, C., Polo, J., & Revilla, M. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarca (La Libertad, Perú). *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 85 –98. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.10>
- Moreira, A., Mirándola, P., Luiz, A., & Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85.  
<https://www.redalyc.org/journal/2818/281863455006/html/>
- Municipalidad Distrital de Huasmín. (2020). *Presupuesto Institucional Apertura*.  
[https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016\\_2021/Consejo\\_Directivo/Documentos\\_Otras\\_Instituciones/OFICIO-001-2020-MDH-A-.pdf](https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Consejo_Directivo/Documentos_Otras_Instituciones/OFICIO-001-2020-MDH-A-.pdf)
- Namba, H., Iwasaki, Y., Heino, J., & Matsuda, H. (2020). What to Survey? A Systematic review of the choice of biological groups in assessing ecological impacts of metals in running waters *Environ. Toxicol. Chem.*, 1-8. doi:10.1002/etc.4810
- Orozco, C., & Ocasio, M. (2023). Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality: A Study of an Ecosystem Regulation Service in a Tropical River. *Ecologies*, 4(2), 209-228. <https://doi.org/10.3390/ecologies4020015>

- Orozco, Y., González, J., Fabián, C., & Segura, S. (2021). Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Gachaneca en Boyacá. *Prospectiva Científica*. ISSN:1794-7774. Año 17 / No 17 / 2021. *Prospectiva Científica*, 175-186.
- [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)
- Pérez, A. (2016). *Macroinvertebrados Bentónicos de la Provincia de Orellana. Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la Provincia de Orellana*. Asociación Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- Quesada, F., Umaña, G., Springer, M., & Picado, J. (2020). Variación estacional y características fisicoquímicas e hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical. *Rev. biol. trop*, 68. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442020000600054](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442020000600054)
- Raheem, D. (2020). Studying the Concentrations of Nitrite and Nitrate of Tigris River Water in Baghdad and Their Suitability to the Conditions Permitted Internationally Studying the Concentrations of Nitrite and Nitrate of Tigris River Water in Baghdad and Their Suitability. *Materials science and Engineering*, 870(1), 110-119. 10.1088/1757-899X/870/1/012025
- Rahman, A., Jahanara, I., & Nahar, Y. (2021). Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. *Water Science and Engineering*, 14(2), 139-148. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.06.006>

- Ramírez, S., González, R., Calderón, D., Jaramillo, Á., & Mesa, D. (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos. *Avances Investigación en Ingeniería*. doi: 10.18041/1794-4953/avances.1.5191
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI). *Rev. biol. trop.*, 62(2). [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000600017](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600017)
- Rodríguez, A., Roldán, J., & Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, la LIBERTAD-PERÚ. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 41(1), 91-101. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Rojas, M., Forero, A., & Reinoso, G. (2018). Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical, Natagaima, Tolima – Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(30). <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/151>
- Roldán, G. (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Bogotá. <https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37633>
- Rúa, G., Tamaris, C., & Carmen, M. (2019). Composición y distribución de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Insecta) en ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de ciencias*, 19(2). <https://doi.org/10.25100/rc.v19i2.6270>
- Rubio, M. (2018). Estudio de Determinación de Índices Bióticos en 88 Puntos de los ríos de Navarra. *Gobierno de Navarra. Salvajina sector Popayán*. <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/731FC92E-FFF0-4E49-9EE8->

90355CD4694F/408913/MEMORIADELAREDEDECALIDADBIOLOGICADEAGU  
ASSUPERFICIAL.pdf

Sánchez, M., Medina, J., Avendaño, L., & Guillin, N. (2018). *Análisis de la Calidad Biológica de las Fuentes Hídricas Estudiadas*. Gobierno de Colombia.

[https://corponor.gov.co/calidad\\_agua/2019/5\\_DOCUMENTOS\\_RESUMEN\\_CALIDAD\\_BIOLOGICA\\_DEL\\_AGUA/2\\_ANALISIS\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_BIOLOGICA\\_DEL\\_AGUA\\_PRESENTACION.pdf](https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA_PRESENTACION.pdf)

Sartori, M., & Brittain, J. E. (2015). *Order Ephemeroptera*. In: Thorp, J. & Rodgers, D. C. (Eds.). *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology 4th Edition* (pp. 873–891). New York: Academic Press.

Schaper, J., Cirpka, O., Lewandowski, J., & Zarfl, C. (2022). Electrical conductivity fluctuations as a tracer to determine time-dependent transport characteristics in hyporheic sediments. *Hydrology and Earth System Sciences*.  
<https://hess.copernicus.org/preprints/hess-2023-141/>

Soucek, D., & Kennedy, A. (2005). Effects of Hardness, Chloride, and Acclimation on the Acute Toxicity of Sulfate to Freshwater Invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(5), 1204-10. doi:10.1897/04-142.1

Szwarc, A., Martens, K., Meissner, W., & Namiotko, T. (2023). Evidence for Conductivity- and Macroinvertebrate-Driven Segregation of Ostracod Assemblages in Endorheic Depression Wetlands in North West Province of South Africa. *Diversity*, 15(5).  
<https://doi.org/10.3390/d15050614>

OBTampo, L., Kaboré, I., Alhassan, E., Ouéda, A., Bawa, L., & Djaneye, G. (2021). Benthic Macroinvertebrates as Ecological Indicators: Their Sensitivity to the Water Quality and Human Disturbances in a Tropical River. *Front. Water*, 3.  
<https://doi.org/10.3389/frwa.2021.662765>

- Tarrillo, E. (2019). *Evaluación de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores del estado ecológico del río Tingo, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca - 2019*.  
<https://core.ac.uk/reader/551494311>
- Tierno, L., & López, A. (2015). Orden Plecóptera. *Revista IDEA – SEA*, 43, 1-14. [https://sea-entomologia.org/IDEA@/revista\\_43.pdf](https://sea-entomologia.org/IDEA@/revista_43.pdf)
- UN-WATER. (2018). *Progresos en la calidad del agua: prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras constataciones sobre el indicador 6.3.2 de los ODS, 2018. ONU Medio Ambiente en representación de ONU-Agua*.  
[https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/10/SDG6\\_Indicator\\_Report\\_632-progress-on-ambient-water-quality-2018\\_ES.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/10/SDG6_Indicator_Report_632-progress-on-ambient-water-quality-2018_ES.pdf)
- Vaillant, N. (2019). *Agua, dureza y magnetismo* [Tesis de Pregrado, Universidad Habana].  
[https://www.researchgate.net/publication/337113835\\_Monografia\\_Agua\\_dureza\\_y\\_magnetismo\\_MsC\\_Ing\\_Nuria\\_de\\_los\\_Angeles\\_Vaillant\\_Lopez](https://www.researchgate.net/publication/337113835_Monografia_Agua_dureza_y_magnetismo_MsC_Ing_Nuria_de_los_Angeles_Vaillant_Lopez)
- Vargas, T., Suárez, S., Morales, V., Vargas, Y., Tinoco, L., Viera, W., & Vásquez, W. (2023). Ecological River Water Quality Based on Macroinvertebrates Present in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 15(5790), 1-9. <https://doi.org/10.3390/su15075790>
- Vilca, 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), 1-11.  
[doi:10.21142/SS-0302-2022-e060](https://doi.org/10.21142/SS-0302-2022-e060)
- Wantzen, K., Alves, C., Badiane, S., Bala, R., Blettler, M., Callisto, M., . . . Zingraff-Ham., A. (2019). Urban stream and wetland restoration in the global south—a DPSIR analysis. *Sustainability*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/su11184975>
- Xu, W., Duan, L., X. W., Li, H., Li, D., Zhang, Y., & Zhang, H. (2020). Effects of Seasonal Variation on Water Quality Parameters and Eutrophication in Lake Yangzong. *Water*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/w14172732>

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(22). <https://doi.org/10.3390/w14223677>

Zhou, O., 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. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419309357>

## CAPITULO VII

## ANEXOS

**Anexo 1.** Resultados de la identificación por época, familia y numero de macroinvertebrados

Época	clase	orden	familia	Punto	Número de macroinvertebrados
lluvia	malacostraca	Amphipoda	hyaellidae	P1	272
lluvia	insecta	trichoptera	leptoceridae	P1	1
lluvia	insecta	coleoptera	elmidae	P1	21
lluvia	clitellata	tubificinae	naididae	P1	5
lluvia	insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	P1	
lluvia	insecta	trichoptera	philopotamidae	P1	
lluvia	insecta	trichoptera	Helicopsychidae	P1	
lluvia	insecta	coleoptera	limnichidae	P1	
lluvia	insecta	diptera	simuliidae	P1	
lluvia	insecta	plecoptera	gripopterigidae	P1	
lluvia	insecta	epheroptera	leptophlebiidae	P1	
lluvia	insecta	megaloptera	coryalidae	P1	
lluvia	insecta	coleoptera	psephemidae	P1	
Estiaje	malacostraca	amphipoda	hyaellidae	P1	281
Estiaje	insecta	ephemeroptera	baetidae	P1	11
Estiaje	clitellata	tubificinae	naididae	P1	5
Estiaje	insecta	coleoptera	elmidae	P1	18
Estiaje	insecta	diptera	simuliidae	P1	
Estiaje	insecta	trichoptera	leptoceridae	P1	34
Estiaje	gastropoda	basommatophora	physidae	P1	
Estiaje	insecta	plecoptera	perlidae	P1	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptohyphidae	P1	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptophlebiidae	P1	
lluvia	malacostraca	Amphipoda	hyaellidae	P2	296
lluvia	insecta	trichoptera	leptoceridae	P2	8
lluvia	insecta	coleoptera	elmidae	P2	20
lluvia	clitellata	tubificinae	naididae	P2	2
lluvia	insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	P2	44

---

lluvia	insecta	trichoptera	philopotamidae	P2	1
lluvia	insecta	trichoptera	Helicopsychidae	P2	6
lluvia	insecta	coleoptera	limnichidae	P2	2
lluvia	insecta	diptera	simuliidae	P2	2
lluvia	insecta	plecoptera	gripopterigidae	P2	
lluvia	insecta	epheroptera	leptophlebiidae	P2	
lluvia	insecta	megaloptera	coryalidae	P2	
lluvia	insecta	coleoptera	psephemidae	P2	
Estiaje	malacostraca	amphipoda	hyalellidae	P2	462
Estiaje	insecta	ephemeroptera	baetidae	P2	4
Estiaje	clitellata	tubificinae	naididae	P2	3
Estiaje	insecta	coleoptera	elmidae	P2	25
Estiaje	insecta	diptera	simuliidae	P2	8
Estiaje	insecta	trichoptera	leptoceridae	P2	68
Estiaje	gastropoda	basommatophora	physidae	P2	2
Estiaje	insecta	plecoptera	perlidae	P2	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptohyphidae	P2	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptophlebiidae	P2	
lluvia	malacostraca	Amphipoda	hyalellidae	P3	29
lluvia	insecta	trichoptera	leptoceridae	P3	38
lluvia	insecta	coleoptera	elmidae	P3	13
lluvia	clitellata	tubificinae	naididae	P3	1
lluvia	insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	P3	
lluvia	insecta	trichoptera	philopotamidae	P3	
lluvia	insecta	trichoptera	Helicopsychidae	P3	3
lluvia	insecta	coleoptera	limnichidae	P3	
lluvia	insecta	diptera	simuliidae	P3	14
lluvia	insecta	plecoptera	gripopterigidae	P3	12
lluvia	insecta	epheroptera	leptophlebiidae	P3	44
lluvia	insecta	megaloptera	coryalidae	P3	
lluvia	insecta	coleoptera	psephemidae	P3	
Estiaje	malacostraca	amphipoda	hyalellidae	P3	23
Estiaje	insecta	ephemeroptera	baetidae	P3	
Estiaje	clitellata	tubificinae	naididae	P3	1
Estiaje	insecta	coleoptera	elmidae	P3	
Estiaje	insecta	diptera	simuliidae	P3	
Estiaje	insecta	trichoptera	leptoceridae	P3	95
Estiaje	gastropoda	basommatophora	physidae	P3	
Estiaje	insecta	plecoptera	perlidae	P3	32
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptohyphidae	P3	13
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptophlebiidae	P3	
lluvia	malacostraca	Amphipoda	hyalellidae	P4	
lluvia	insecta	trichoptera	leptoceridae	P4	
lluvia	insecta	coleoptera	elmidae	P4	
lluvia	clitellata	tubificinae	naididae	P4	
lluvia	insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	P4	
lluvia	insecta	trichoptera	philopotamidae	P4	
lluvia	insecta	trichoptera	Helicopsychidae	P4	

---

---

lluvia	insecta	coleoptera	limnichidae	P4	
lluvia	insecta	diptera	simuliidae	P4	
lluvia	insecta	plecoptera	gripopterigidae	P4	11
lluvia	insecta	epheroptera	leptophlebiidae	P4	82
lluvia	insecta	megaloptera	coryalidae	P4	1
lluvia	insecta	coleoptera	psephemidae	P4	
Estiaje	malacostraca	amphipoda	hyalellidae	P4	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	baetidae	P4	
Estiaje	clitellata	tubificinae	naididae	P4	
Estiaje	insecta	coleoptera	elmidae	P4	
Estiaje	insecta	diptera	simuliidae	P4	
Estiaje	insecta	trichoptera	leptoceridae	P4	
Estiaje	gastropoda	basommatophora	physidae	P4	
Estiaje	insecta	plecoptera	perlidae	P4	18
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptohyphidae	P4	14
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptophlebiidae	P4	43
lluvia	malacostraca	Amphipoda	hyalellidae	P5	
lluvia	insecta	trichoptera	leptoceridae	P5	
lluvia	insecta	coleoptera	elmidae	P5	
lluvia	clitellata	tubificinae	naididae	P5	
lluvia	insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	P5	
lluvia	insecta	trichoptera	philopotamidae	P5	
lluvia	insecta	trichoptera	Helicopsychidae	P5	
lluvia	insecta	coleoptera	limnichidae	P5	
lluvia	insecta	diptera	simuliidae	P5	
lluvia	insecta	plecoptera	gripopterigidae	P5	14
lluvia	insecta	epheroptera	leptophlebiidae	P5	43
lluvia	insecta	megaloptera	coryalidae	P5	2
lluvia	insecta	coleoptera	psephemidae	P5	4
Estiaje	malacostraca	amphipoda	hyalellidae	P5	
Estiaje	insecta	ephemeroptera	baetidae	P5	
Estiaje	clitellata	tubificinae	naididae	P5	
Estiaje	insecta	coleoptera	elmidae	P5	
Estiaje	insecta	diptera	simuliidae	P5	
Estiaje	insecta	trichoptera	leptoceridae	P5	
Estiaje	gastropoda	basommatophora	physidae	P5	
Estiaje	insecta	plecoptera	perlidae	P5	15
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptohyphidae	P5	8
Estiaje	insecta	ephemeroptera	leptophlebiidae	P5	36

---

**Anexo 2.** Puntajes de las familias de macro-invertebrados para el índice BMWP/ col de acuerdo a los valores originales del BMWP, ajustados por Roldán (2012) para Colombia, Alba torcedor y Sánchez Ortega (1998).

Familia	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Gripopterygidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemerae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Enagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae, Hydropsychidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libelulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Limoniidae, Hydrometridae, Noteridae, Dolichopodidae, Hidracarina	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Ostracoda	3
Culicidae, Ephidridae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán, 2012)

**Anexo 3.** Puntuaciones del Índice Biótico Andino (ABI) para las familias de macroinvertebrados bentónicos.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Turbellaria		5
Hidrudinea		5
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
	Sphaeriidae	3
Bivalvia		
Amphipoda	Hyalellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7

	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae (Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1
Collembola	Collembola	0
Acari	Hidracarina	4
Annelida	Annelida	
	Oligocheata	1
Tricladia/Seriata	Planariidae	5
Haplotaxida	Haplotaxidae	3
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1
Veneroida	Sphaeriidae	3
Megaloptera	Corydalidae	6
Hydroida	Hydriidae	10

Fuente: Ríos et al. (2014)

## Anexo 4. Resultados fisicoquímicos



**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 05230300****DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	NEYCER WALTER MEDINA INFANTE		
Dirección	-		
Persona de contacto	NEYCER WALTER MEDINA INFANTE	Correo electrónico	<a href="mailto:mnwmedinai12@unc.edu.pe">mnwmedinai12@unc.edu.pe</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>17.05.23</b>	Hora de Muestreo	<b>16:20 a 18:30</b>
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	05		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Huasmin- Celendin		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	<b>SC-401</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 0300 - 23</b>	
Fecha y Hora de Recepción	<b>18.05.23</b>	<b>07:58</b>	Inicio de Ensayo	<b>18.05.23 08:10</b>
Reporte Resultado	<b>29.05.23</b>	<b>15:40</b>		

**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230300**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			Naciente del Río	Puente Pampa Verde	Puente Vista Alegre Alto	Puente Tacarpo	Puente Succhubamba	-
Código Laboratorio			05230300-01	05230300-02	05230300-03	05230300-04	05230300-05	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-
Localización de la Muestra			N:9244781; E:0791942	N:9245272; E:0792424	N:9247473; E:0794322	N:9250261; E:0796804	N:9250568; E:0797799	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	0.053	0.060	0.057	0.041	0.057	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	0.439	0.439	0.795	0.663	1.193	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	0.060	<LCM	<LCM	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.422	0.681	1.152	0.650	0.777	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	7.505	5.971	4.447	2.969	4.071	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	296.5	339.0	386.0	400.5	357.5	-
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1.04	121.4	145.2	165.3	175.3	159.4	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	6.4	6.4	7.2	7.5	7.5	-

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

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por  
LOPEZ LEON Freddy Humberto  
FAU 20453744168 soft  
Motivo: Viso en señal de  
conformidad  
Fecha: 29/05/2023 04:48 p. m.



**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 08230849**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **NEYCER WALTER MEDINA INFANTE**

Dirección -

Persona de contacto **NEYCER WALTER MEDINA INFANTE** Correo electrónico [mnwmedinai12@unc.edu.pe](mailto:mnwmedinai12@unc.edu.pe)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **09.08.23** Hora de Muestreo **9:15 a 13:50**

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

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **05**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos**

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

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

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-1069** Cadena de Custodia **CC - 0849 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **10.08.23 07:50** Inicio de Ensayo **10.08.23 08:05**

Reporte Resultado **21.08.23 16:30**

**LABORATORIO REGIONAL**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 08230849**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	Naciente del Río		Puente Pampa Verde	Puente Vista Alegre Alto	Puente Tacarpo	Puente Succhubamba	-	
Código Laboratorio	08230849-01		08230849-02	08230849-03	08230849-04	08230849-05	-	
Matriz	Natural		Natural	Natural	Natural	Natural	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	
Localización de la Muestra	Pampa Verde		Pampa Verde	Vista Alegre Alto	Tacarpo	Succhubamba	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	<LCM	0.067	0.065	0.098	0.088	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	0.262	0.645	2.173	1.537	1.487	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.100	0.440	1.234	0.550	0.493	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	3.664	8.686	3.774	11.25	10.93	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	311.5	350.0	357.0	344.5	342.5	-
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1.04	110.5	149.4	155.9	138.9	138.8	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	7.1	8.0	8.4	7.2	8.3	-

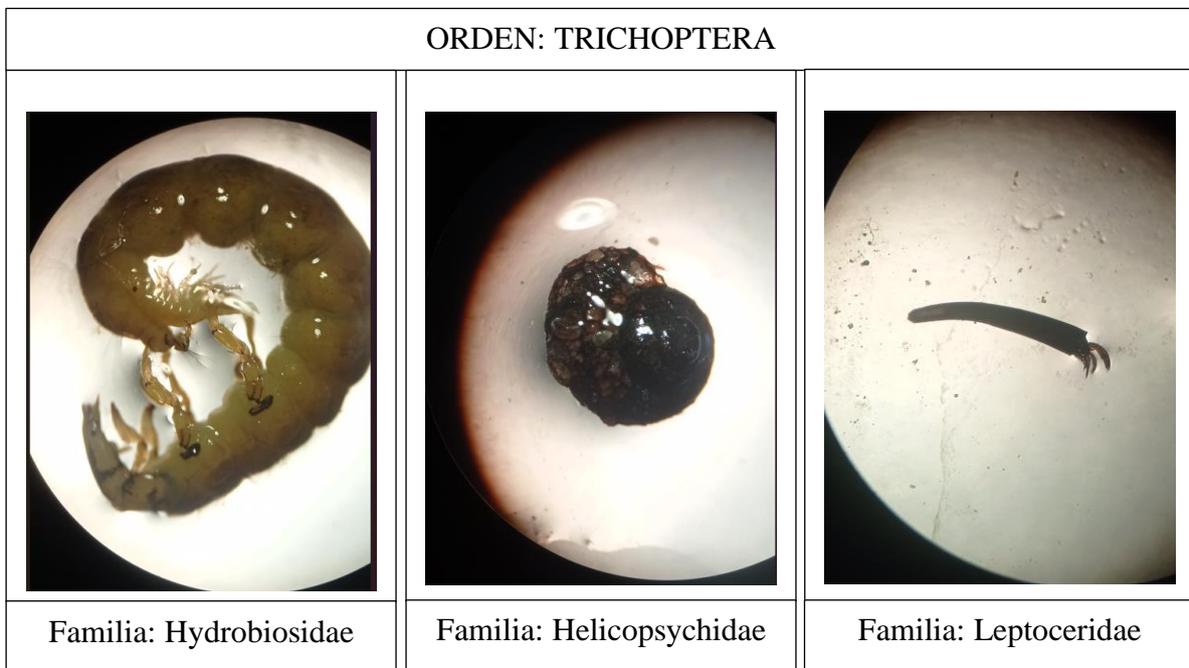
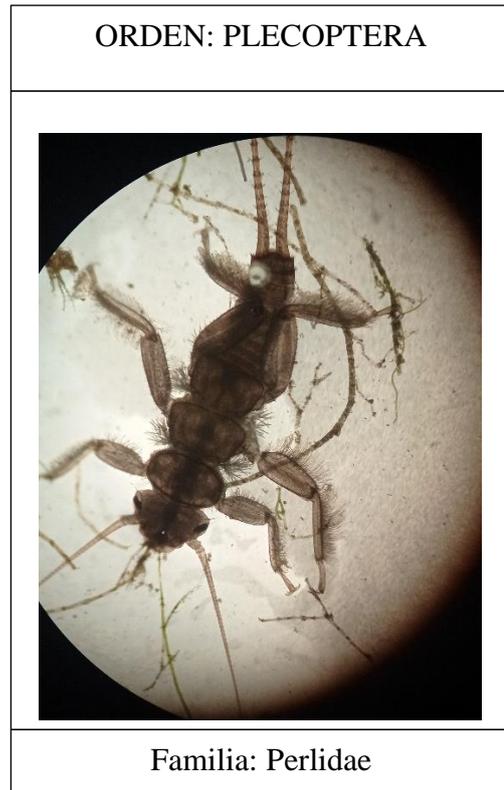
Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por  
NEYRA JAICO Edder Miguel  
FAU 20453744168 soft  
Motivo: Viso en señal de  
conformidad  
Fecha: 21/08/2023 05:26 p.m.

**Anexo 5.** Registro fotográfico de los macroinvertebrados identificados en el río Jadibamba



## ORDEN: COLEOPTERA



Familia: Psephenidae



Familia: Elmidae



Familia: Scirtidae

## ORDEN: DIPTERA



Familia: Simuliidae

## ORDEN: HAPLOTAXIDA



Familia: Haplotaxidae

ORDEN: AMPHIPODA



Familia: Hyalellidae

ORDEN: PULMONATA



Familia: Physidae

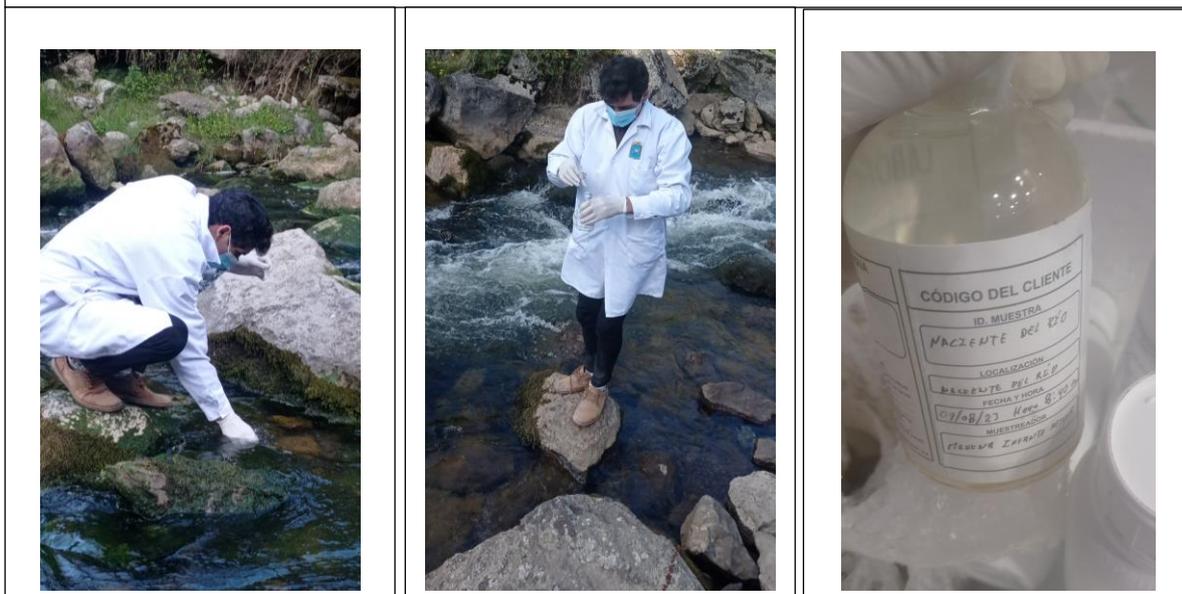
ORDEN: MEGALOPTERA



Familia: Corydalidae

**Anexo 6.** Registro fotográfico de actividades realizadas en el río Jadibamba**MUESTREOS DE MACROINVERTEBRADOS****MIDIENDO PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS IN SITU**

## TOMA DE MUESTRA DE AGUA



**Anexo 7.** Registro fotográfico de la identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de ecología de la UNC, con el apoyo de un especialista en la identificación de macroinvertebrados

## OBSERVANDO Y CONTANDO LOS MACROINVERTEBRADOS



