



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS  
SOBRE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS  
EN LA ZONA HIPORREICA: DEL AFLUENTE Y  
EFLUENTE DE LAS REPRESAS EL LABRADO Y  
CHANLUD**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

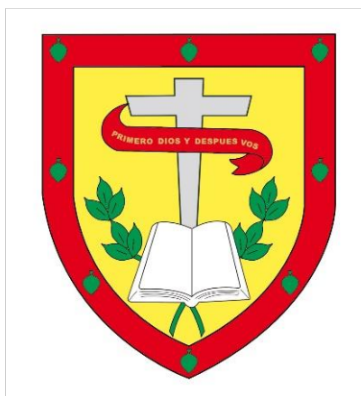
**AUTOR: CINTHYA JACQUELINE CALLE ZUMBA**

**DIRECTOR: BIÓL. MARJORIE JAZMÍN SALAZAR ORELLANA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*  
**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS SOBRE LA  
DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA  
HIPORREICA: DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LAS REPRESAS EL  
LABRADO Y CHANLUD

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: CINTHYA JACQUELINE CALLE ZUMBA**

**DIRECTOR: BIÓL. MARJORIE JAZMÍN SALAZAR ORELLANA**

**MATRIZ CUENCA**


**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

**Cintha Jacqueline Calle Zumba** portador de la cédula de ciudadanía N° 0107133340. Declaro ser el autor de la obra: "Relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados en la zona hiporreica: del afluente y efluente de las represas El Labrado y Chanlud", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 20 de julio de 2023



F: .....

Cintha Jacqueline Calle Zumba

0107133340

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cinthya Jacqueline Calle Zumba, bajo mi supervisión.



---

**Biól. Marjorie Jazmín Salazar Orellana**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico de todo corazón y de manera especial, este trabajo de titulación a mi papa Luis Marco Calle Ortega quien ha sido mi guía y mi apoyo incondicional, quien con su esfuerzo, cariño y dedicación a logrado forjar mi camino y me ha encaminado por el camino correcto con perseverancia y esfuerzo.

También se lo dedico a mi hermana Jenny Calle quien siempre estuvo al pie de cañón ayudándome y guiándome para que tome las mejores decisiones y sea cada vez mejor persona.

Y a mi mamá María Zumba, mi hermano Cristopher Calle y mi sobrino Dylan Adrianzén, quienes gracias a su amor y comprensión hicieron que todo este esfuerzo sea posible.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero agradecer a mi Papa por ser mi ejemplo de lucha y superación ante las adversidades y a quien, gracias a su apoyo incondicional he podido cumplir con otra de mis metas propuestas.

A mi mamá, hermanos y sobrino por aguantarme, por brindarme su amor dedicación y apoyo para seguir adelante.

Un profundo agradecimiento a mi tutora Bióloga Jazmín Salazar por su tiempo, paciencia y apoyo brindado para lograr culminar este proyecto de titulación.

Agradezco a el Laboratorio de Hydrolab por el préstamo de sus equipos.

Y finalmente agradezco a todos los docentes de la carrera de ingeniería ambiental que me han guiado durante toda mi etapa académica, en especial a la Bióloga Paula Cordero por las enseñanzas, el apoyo y el conocimiento brindado en las aulas de clase.

## RESUMEN

Las zonas de alta montaña son de gran importancia por cumplir funciones de regulación ecológica y recarga hídrica, la implementación de infraestructuras hidráulicas altera la calidad y cantidad de este recurso. Dentro del recurso hídrico una de las áreas de gran interés es la zona hiporreica, esta se caracteriza por ser un lugar de conexión entre la parte superficial y subterránea y su dinámica se encuentra relacionada con los parámetros físico-químicos que condicionan este medio para la fauna acuática, actuando como una zona de refugio.

En este estudio se realizó un análisis de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los parámetros físico-químicos y la zona hiporreica del afluente y efluente de las represas El Labrado y Chanlud en la época de estiaje y anegamiento, pertenecientes a la zona alta y media de la subcuenca del Machángara.

Obteniendo como resultado una riqueza total de 56 familias de macroinvertebrados y una abundancia total de 3541 individuos de ambas represas, los parámetros que tuvieron mayor relación con la riqueza de especies fueron el pH, la conductividad, la temperatura, los sólidos disueltos, el caudal, y la precipitación, obteniendo como resultado un mayor número de individuos en la época de anegamiento. En cuanto a la temperatura de la zona hiporreica esta presentó variaciones mínimas entre las profundidades de 5, 10 y 15 cm con excepción del efluente Chanlud la cual presentó una gran variación a la profundidad de 15 cm, con respecto a las otras.

*Palabras clave:* zona alta, zona hiporreica, parámetros físico-químicos, macroinvertebrados bentónicos.

## ABSTRACT

High mountain areas are of great ecological importance as they serve as regulators of environmental functions and water recharge. Implementing hydraulic infrastructures in these regions can alter the quality and quantity of water resources. One critical aspect of the water resource is the hyporheic zone, which serves as a crucial connection between the surface and subsurface environments, with dynamics related to physical-chemical parameters that condition this habitat as a refuge zone for aquatic fauna.

This study analyzes aquatic macroinvertebrates and their relationship with the physical-chemical parameters in the hyporheic zone of the tributary and effluent of the 'El Labrado' and 'Chanlud' dams during low water and flooding seasons. These dams are located in the upper and middle zones of the Machángara sub-basin.

The result showed a total species diversity of 56 families of macroinvertebrates and a total population density of 3541 individuals from both dams. The parameters that showed the most significant relationship with species richness were pH, conductivity, temperature, dissolved solids, flow, and precipitation, resulting in more individuals in the flooding season.

The temperature in the hyporheic zone displayed minimal variations among depths of 5, 10, and 15 cm, except for the Chanlud effluent, which exhibited greater variation at a depth of 15 cm compared to the others.

*Keywords:* high zone, hyporheic zone, physical-chemical parameters, benthic macroinvertebrates

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN _____	I
DEDICATORIA _____	II
AGRADECIMIENTOS _____	III
RESUMEN _____	IV
ABSTRACT _____	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	VI
LISTA DE FIGURAS _____	VIII
LISTA DE TABLAS _____	IX
LISTA DE ANEXOS _____	X
<b>CAPÍTULO I</b> _____	<b>- 3 -</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> _____	<b>- 3 -</b>
1.1 OBJETIVOS _____	- 5 -
1.1.1 <i>Objetivo general</i> _____	- 5 -
1.1.2 <i>Objetivo específico</i> _____	- 5 -
<b>CAPÍTULO II</b> _____	<b>- 6 -</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> _____	<b>- 6 -</b>
2.1 AGUA _____	- 6 -
2.1.1 <i>Ecosistemas acuáticos de agua dulce</i> _____	- 6 -
2.2 IMPORTANCIA DEL RECURSO HÍDRICO _____	- 8 -
2.2.1 <i>Usos y aprovechamientos</i> _____	- 9 -
2.2.2 <i>Infraestructuras dentro del recurso hídrico</i> _____	- 10 -
2.3 ZONA HIPORREICA _____	- 12 -
2.3.1 <i>Características de la zona hiporreica</i> _____	- 12 -
2.3.2 <i>Importancia de la zona hiporreica en la comunidad de macroinvertebrados</i> _____	- 13 -
2.4 IMPACTOS AMBIENTALES EN EL RECURSO HÍDRICO _____	- 14 -
2.5 CUENCA HIDROGRÁFICA _____	- 15 -
2.5.1 <i>Subcuenca hidrográfica</i> _____	- 16 -
2.6 SUBCUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA _____	- 16 -
2.6.1 <i>Zona alta de la subcuenca del río Machángara</i> _____	- 17 -
2.7 CALIDAD DEL AGUA _____	- 18 -
2.8 PARÁMETROS LIMNOLÓGICOS _____	- 18 -
2.8.1 <i>Parámetros físico-químicos</i> _____	- 18 -
2.8.2 <i>Intercambio térmico de la zona hiporreica (ZH)</i> _____	- 19 -
2.8.3 <i>Bioindicadores</i> _____	- 19 -
2.8.4 <i>Índices biológicos</i> _____	- 20 -
2.9 ÍNDICES DE DIVERSIDAD _____	- 20 -
2.9.1 <i>Índice alfa</i> _____	- 20 -
2.9.2 <i>Índice beta</i> _____	- 21 -
<b>CAPÍTULO III</b> _____	<b>- 22 -</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> _____	<b>- 22 -</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO: ZONA ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA _____	- 22 -
3.1.1 <i>Represa El Labrado</i> _____	- 22 -
3.1.2 <i>Represa Chanlud</i> _____	- 23 -

3.2	TRABAJO DE CAMPO	- 24 -
3.2.1	Muestreo físico-químico del agua	- 24 -
3.2.2	Colecta de macroinvertebrados	- 25 -
3.2.3	Instalación de sensores de temperatura en la zona hiporreica	- 26 -
3.3	TRABAJO DE LABORATORIO	- 26 -
3.3.1	Análisis físico-químico del agua	- 26 -
3.3.2	Clasificación de macroinvertebrados	- 27 -
3.4	ANÁLISIS DE DATOS	- 27 -
3.4.1	Índices biológicos	- 27 -
3.4.2	Índices de biodiversidad	- 29 -
3.4.3	Relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados	- 30 -
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>- 31 -</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>- 31 -</b>
4.1	ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS: IN-SITU	- 31 -
4.1.1	pH	- 31 -
4.1.2	Oxígeno disuelto (OD)	- 31 -
4.1.3	Porcentaje de saturación de oxígeno	- 32 -
4.1.4	Temperatura	- 33 -
4.1.5	Conductividad	- 34 -
4.2	ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS: LABORATORIO	- 35 -
4.2.1	Nitratos	- 35 -
4.2.2	Amonio	- 36 -
4.2.3	Sulfatos	- 36 -
4.2.4	DQO (Demanda Química de Oxígeno)	- 37 -
4.2.5	Fosfatos	- 38 -
4.2.6	Hierro	- 39 -
4.2.7	Sólidos suspendidos	- 40 -
4.3	ANÁLISIS DE TEMPERATURA EN LA ZONA HIPORREICA:	- 41 -
4.4	IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS POR FAMILIA	- 42 -
4.4.1	Macroinvertebrados bentónicos de la represa Labrado y Chanlud	- 42 -
4.5	COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS	- 44 -
4.5.1	Índices de riqueza y abundancia	- 44 -
4.5.2	Similitud/ disimilitud	- 46 -
4.6	RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA ZONA HIPORREICA	- 47 -
4.6.1	Análisis de componentes principales: Primer componente	- 47 -
4.6.2	Análisis de correspondencia canónica (CCA)	- 48 -
4.7	CALIDAD DEL AGUA: ÍNDICES BIÓTICOS	- 49 -
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>- 51 -</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>		<b>- 51 -</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>- 54 -</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>		<b>- 54 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>- 55 -</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>- 60 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Partes de un río _____	- 7 -
<b>Figura 2:</b> Las zonas de un lago _____	- 8 -
<b>Figura 3:</b> Esquema de la zona hiporreica mostrando la dinámica en los intercambios de agua soportados por ella. A: zona de infiltración de agua superficial hacia la zona hiporreica; B: zona de surgencia de aguas subterráneas hacia la zona hiporreica. _____	- 12 -
<b>Figura 4:</b> Impactos generados por la actividad humana en una cuenca hidrográfica. _____	- 16 -
<b>Figura 5:</b> Represa El Labrado _____	- 22 -
<b>Figura 6:</b> Represa Chanlud _____	- 23 -
<b>Figura 7:</b> Mapa de ubicación del afluente y efluente de las represas: El Labrado y Chanlud _____	- 24 -
<b>Figura 8:</b> Sensor de temperatura (5, 10 y 15 cm) _____	- 26 -
<b>Figura 9:</b> Monitoreo del pH _____	- 31 -
<b>Figura 10:</b> Monitoreo de oxígeno disuelto _____	- 31 -
<b>Figura 11:</b> Monitoreo de la temperatura _____	- 33 -
<b>Figura 12:</b> Monitoreo de la conductividad _____	- 34 -
<b>Figura 13:</b> Monitoreo de Nitratos _____	- 35 -
<b>Figura 14:</b> Monitoreo de amonio _____	- 36 -
<b>Figura 15:</b> Monitoreo de sulfatos _____	- 36 -
<b>Figura 16:</b> Monitoreo de DQO _____	- 37 -
<b>Figura 17:</b> Monitoreo de fosfatos _____	- 38 -
<b>Figura 18:</b> Monitoreo de Hierro _____	- 39 -
<b>Figura 19:</b> Monitoreo de sólidos suspendidos _____	- 40 -
<b>Figura 20:</b> Temperatura de la zona hiporreica a diferente profundidad _____	- 41 -
<b>Figura 21:</b> Resultados del índice de Margalef _____	- 44 -
<b>Figura 22:</b> Resultados del índice de Shannon _____	- 45 -
<b>Figura 23:</b> Resultados del índice de Simpson _____	- 45 -
<b>Figura 24:</b> Resultados del índice de Sorenson cuantitativo _____	- 46 -
<b>Figura 25:</b> Resultados del índice de Sorenson cualitativo _____	- 46 -
<b>Figura 26:</b> PCA, relación de los parámetros físico-químicos con los puntos de monitoreo. _____	- 47 -
<b>Figura 27:</b> CCA, muestra la relación entre los parámetros físico-químicos (caudal, temperatura y precipitación) sobre la diversidad de macroinvertebrados. _____	- 48 -
<b>Figura 28:</b> CCA, muestra la relación entre los parámetros físico-químicos (pH, conductividad y sólidos disueltos) sobre la diversidad de macroinvertebrados. _____	- 49 -

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Porcentaje de distribución del agua en la tierra _____	- 6 -
<b>Tabla 2:</b> Uso consuntivo - Usos y dotaciones del agua en el Ecuador, 2010 _____	- 9 -
<b>Tabla 3:</b> Impactos ambientales en el recurso hídrico _____	- 14 -
<b>Tabla 4:</b> Impactos ambientales dentro de la subcuenca del Machángara _____	- 17 -
<b>Tabla 5:</b> Índice biológico ABI de macroinvertebrados _____	- 20 -
<b>Tabla 6:</b> Índice biológico BMWP/Col. de macroinvertebrados _____	- 20 -
<b>Tabla 7:</b> Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo _____	- 24 -
<b>Tabla 8:</b> Métodos aplicados para el análisis de laboratorio _____	- 27 -
<b>Tabla 9:</b> Puntaje de sensibilidad índice BMWP/Col. _____	- 28 -
<b>Tabla 10:</b> Puntaje de sensibilidad índice ABI _____	- 28 -
<b>Tabla 11:</b> Índices de riqueza y abundancia – alfa _____	- 29 -
<b>Tabla 12:</b> Índice de similitud/disimilitud - Beta _____	- 29 -
<b>Tabla 13:</b> Clasificación de macroinvertebrados acuáticos por familia - Represa Labrado _____	- 42 -
<b>Tabla 14:</b> Clasificación de macroinvertebrados acuáticos por familia - Represa Chanlud _____	- 43 -
<b>Tabla 15:</b> Valores de riqueza y abundancia _____	- 44 -
<b>Tabla 16:</b> Resultados de los índices bióticos de calidad de agua _____	- 49 -

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Afluente y efluente de las represas Labrado y Chanlud _____	- 60 -
<b>Anexo 2:</b> Datos ELECAUSTRO de precipitación y caudal de los puntos monitoreados _____	- 60 -
<b>Anexo 3:</b> Recolección de muestras _____	- 60 -
<b>Anexo 4:</b> Resultados de los parámetros físico-químicos in-situ _____	- 61 -
<b>Anexo 5:</b> Resultados de los parámetros físico-químicos en el laboratorio _____	- 62 -
<b>Anexo 6:</b> Clasificación de macroinvertebrados _____	- 63 -
<b>Anexo 7:</b> Riqueza y abundancia de especies a nivel de familia _____	- 63 -
<b>Anexo 8:</b> Resultados de índices biológicos – Sensibilidad BMWP/Col. y ABI por familia _____	- 66 -

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Las zonas de alta montaña cubren un 25% de la superficie terrestre y viven en ella alrededor de 1.200 millones de personas, son denominadas como las torres de almacenamiento de agua en el mundo, debido a que sus cuencas hídricas abastecen de agua dulce a una gran parte de la población mundial, siendo de suma importancia para los ecosistemas y el avance de las actividades humanas (agricultura, energía, transporte, etc.). El 23% de la zona montañosa provisiona sus aguas tierras abajo y un 30% contribuye en su abastecimiento (Egan & Price, 2014). Se caracterizan por ser zonas de gran biodiversidad, que brindan bienes y servicios a la sociedad y al medio, brindando protección a los recursos naturales. Sin embargo, son las zonas más sensibles ante impactos naturales extremos y antrópicos.

La implementación de repesas en la zona alta para la generación de energía puede afectar la abundancia y la calidad de las fuentes de agua, debido a que su implementación puede: alterar el flujo del curso de agua (reduciéndose de forma drástica aguas abajo), retener sedimentos (privando su carga aguas abajo), causar erosión (orillas y lecho del río), acumulación de nutrientes, estratificación de temperatura y descarga de agua con bajos niveles de oxígeno (EPA, 2011).

A nivel mundial, estudios indican que aproximadamente están programadas 3.700 grandes represas para una producción de 30 MW de energía, siendo una gran amenaza para los sistemas fluviales. Aproximadamente más de 5.800 represas grandes administran y regulan las aguas a régimen de caudal, en la que más de la mitad de ríos grandes se encuentran fragmentados por la pérdida de conectividad mediante la implementación de barreras. Actualmente, un 37% de ríos con una longitud de más de 1.000 km que están en curso de manera libre aportan con un 23% de canales ininterrumpidos a los océanos (Gesche, 2021).

Su construcción ha alterado importantes cuencas fluviales en el mundo, dentro de las cuales se encuentran la mayor biodiversidad a nivel mundial, como lo es el Amazonas, Congo y Mekong, cada uno con impactos negativos tanto en los recursos vitales, como en los sistemas fluviales y en su biodiversidad (Gesche, 2021).

De acuerdo a registros de la FAO en lo referente a América latina y el Caribe existe un aproximado de 2.393 represas y embalses, dentro de las cuales se tiene información de que 249 entre represas y embalses tienen más de un solo uso como riego, provisión de agua, recreación, control de inundaciones, hidroelectricidad, transporte, sin uso definido y otros (FAO, 2021).

La zona hiporreica es un ambiente de gran importancia dentro recurso hídrico, puesto que está integrada al ciclo hidrológico, permitiendo conocer información sobre las propiedades del recurso y funciones que se realizan en este medio, las condiciones ambientales cumplen un rol fundamental en los ecosistemas que conecta esta zona y la distribución de la biota es un medio determinante para su calidad, puesto que su variabilidad está asociada a los gradientes ambientales.

Los factores que influyen en esta zona son geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, los cuales en su dinámica relacionada con los parámetros físico-químicos condicionan este medio para la presencia de organismos

La zona hiporreica de un recurso hídrico cumple un papel esencial en la autodepuración de este recurso. La caracterización hidrológica de este espacio permite conocer las interacciones biogeoquímicas entre el río y su entorno. La zona hiporreica sirve de refugio para macroinvertebrados bentónicos y superficiales, su densidad y diversidad son representativas en un 70% en esta zona, jugando un papel importante para los procesos ecológicos fluviales, sin embargo, su colonización se puede ver afectada por la alteración de factores físico-químicos y biológicos (Fundación BBVA, 2009).

El represamiento del recurso hídrico afecta el régimen térmico y la condición natural del cauce que lo alimenta, además, el fondo de la represa contribuye en el estrés químico de este recurso. En este sentido, esta acción altera la capacidad de transporte y la conectividad hidráulica que existe entre el ambiente superficial e hiporreico presenciándose variaciones en el medio (Fundación BBVA, 2009).

Antes los sistemas superficiales y subterráneos eran considerados independientes debido a que sus composiciones: físicas, químicas y biológicas, no eran las mismas, por lo que, en la mayoría de estudios de calidad del recurso hídrico y biodiversidad de microorganismos bentónicos, se realizaban de forma independiente, pero debido al incremento de su uso, empezó a ser evidente que si la cantidad y calidad del uno es afectada, también lo va a ser en el otro, por lo que su interacción empieza a tomar importancia y ser relevante: respecto al intercambio de agua, variaciones de temperatura, nutrientes, biota, entre otros (Rasines-Ladero, 2017).

El análisis de macroinvertebrados y su correlación con los indicadores físico-químicos del agua en la zona hiporreica permite reflejar la riqueza taxonómica de estos microorganismos, puesto que esta área específica es de gran relevancia entre los ambientes superficiales y subterráneos pudiéndose presenciar diferentes valores en su diversidad asociándolo al equilibrio de las comunidades y las condiciones del hábitat en las que se encuentran. Diversos autores han resaltado que los macroinvertebrados son sensibles a los cambios físicos y químicos del agua como: el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, etc. Siendo estos determinantes en su distribución y la influencia que tienen sobre su diversidad (Quinn & Hickey, 1990; Domínguez & Fernández, 2009; Carvacho, 2012; Rasines-Ladero, 2017).

En la zona de estudio no se ha hecho un estudio de calidad de agua en lo referente a la zona hiporreica por lo que la finalidad de este estudio es el de monitorear los parámetros físico-químicos y biológicos del agua y su temperatura en la zona hiporreica, comparando los resultados entre el afluente y efluente de las represas el Labrado y Chanlud con el propósito de identificar la diversidad de los organismos bentónicos y analizar su relación con los parámetros ya mencionados, determinando así su condición.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Analizar la relación de los parámetros físico-químicos del agua sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona hiporreica de las represas El Labrado y Chanlud en la época de anegamiento y estiaje.

### **1.1.2 Objetivo específico**

- Determinar los parámetros físico-químicos del agua y el intercambio de la temperatura en la zona hiporreica del afluente y efluente de las represas El Labrado y Chanlud.
- Identificar la diversidad de macroinvertebrados existentes en los sitios de estudio.
- Comparar los parámetros físico-químicos, la diversidad de macroinvertebrados y la temperatura de la zona hiporreica en dos épocas del año en los sitios de estudio.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Agua

El agua es uno de los componentes más abundante del planeta y cubre una gran parte de la superficie terrestre, equivalente al 71%, con su fórmula H<sub>2</sub>O. Este elemento es fundamental para los organismos vivos y aparece en compuestos naturales, formando la lluvia, ríos, mares y demás fuentes de agua (Guerrero-Lagareta 2006).

En la naturaleza se encuentra en 3 estados: sólido, líquido y gaseoso, los cuales están en un cambio continuo y junto con el aire son elementos físicos móviles en el planeta, esta movilidad les permite realizar el ciclo del agua, a través de diferentes procesos: como la evaporación, precipitación y escorrentía (Sierra-Ramírez, 2011).

**Tabla 1:** Porcentaje de distribución del agua en la tierra

Situación del agua	Porcentaje de agua (total)
Océanos y mares	96,5%
Casquetes y glaciares polares	1,74%
Agua Subterránea (dulce)	0,94%
Agua Subterránea (salada)	0,76%
Glaciares continentales y permafrost	0,022%
Lagos (agua dulce)	0,007%
Lagos (agua salada)	0,006%
Humedad del suelo	0,001%
Atmósfera	0,001%
Embalses	0,001%
Ríos	0,0002%
Agua biológica	0,0001%
Total, de agua en la tierra (km <sup>3</sup> )	1.386.000.000

**Fuente:** (Sierra-Ramírez 2011)

#### 2.1.1 Ecosistemas acuáticos de agua dulce

Este tipo de ecosistemas constituyen el 3% de hábitats acuáticos y proveen de bienes y servicios al ser humano, así como a animales y plantas. Están compuestos por ríos, lagunas, lagos, entre otros (Caríssimo et al., 2013).

##### a. Ríos y lagos

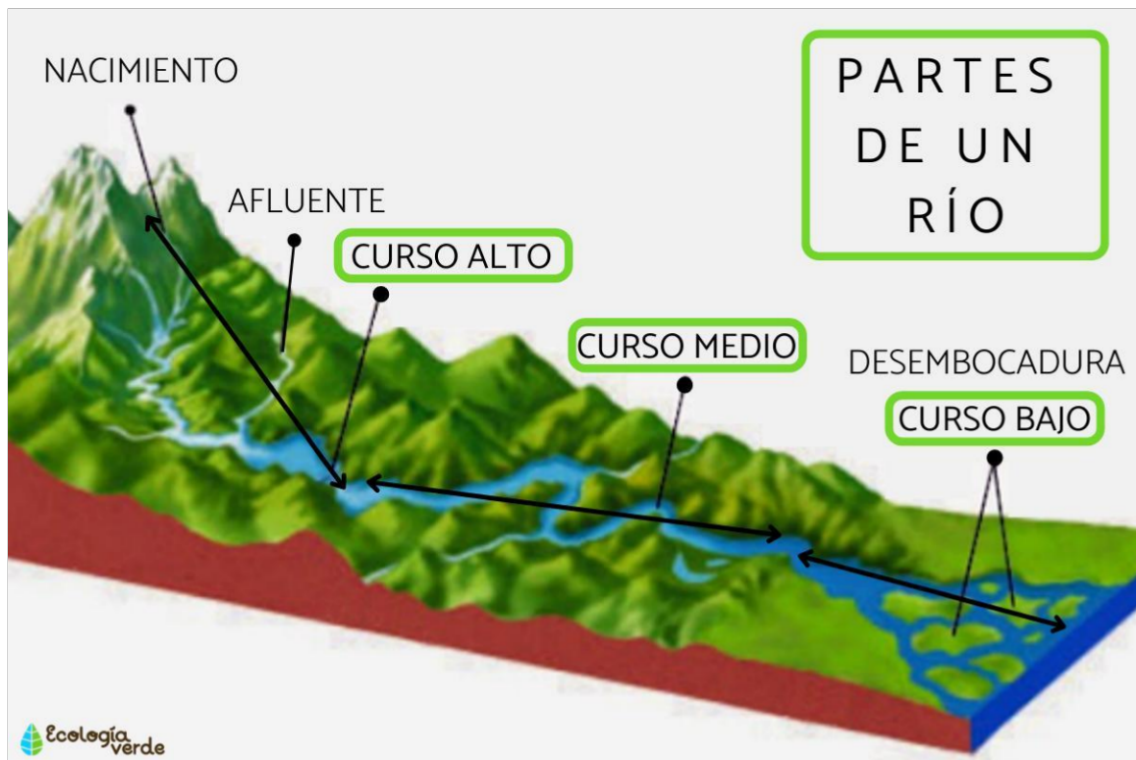
Son ecosistemas donde se desarrolla una gran variedad de vida tanto de procedencia vegetal como animal:

Los ríos se pueden clasificar dependiendo de su curso en:

Curso alto: nace en las montañas, su temperatura es fría y está altamente oxigenada, permitiendo el desarrollo de peces, anfibios y otros animales que dependen de su presencia como las aves.

Curso medio: en este curso se desarrolla una gran cantidad de vida vegetal (bosques de ribera), lo que posibilita que se creen zonas de vida para una gran diversidad de seres vivos.

Curso bajo: en esta zona por la baja oxigenación y el alto grado de contaminación, desarrolla una baja variedad de vida (Euskadi, 2015).



**Figura 1:** Partes de un río

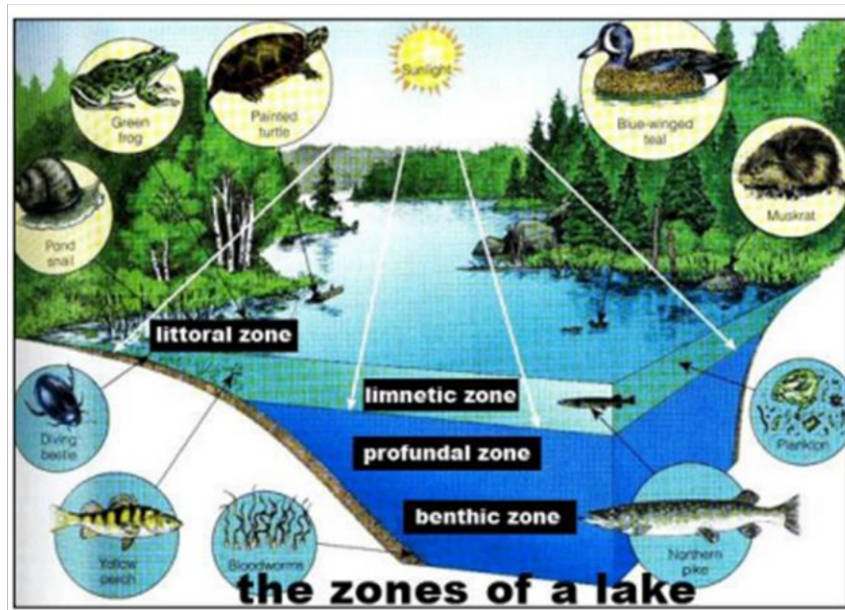
**Fuente:**(Ecología Verde, 2021)

Los lagos, están comprendidos por tres zonas principales:

Orilla o zona litoral: variedad de vida vegetal y animal.

Aguas superficiales o zona limnética: desarrollo de organismos productores (plancton).

Aguas profundas: baja variedad de seres vivos por la falta de luz, temperaturas frías y escasez de oxígeno (Moriana, 2021).



**Figura 2:** Las zonas de un lago

**Fuente:** (Frangópulos-Rivera, 2019)

**b. Humedales y pantanos**

Son zonas de gran importancia por su alto valor biológico, son acúmulos ocasionales, formados por las lluvias y deshielos, en estos ecosistemas crece una gran cantidad de vida vegetal debido a que son zonas muy fértiles y alberga una abundante diversidad de fauna, mayormente de modo ocasional, como las aves migratorias. Poseen una gran cantidad de nutrientes y sedimentos acumulados que son arrastrados por el agua (Seguía, 2018)

**c. Aguas subterráneas y acuíferos**

Este tipo de ecosistemas son una fuente de agua de consumo, la cual contribuye en el desarrollo de actividades del ser humano, principalmente: doméstica y agrícola. Estas fuentes de agua son uno de los recursos más dañados por el ser humano debido a su gran demanda (Baron et al., 2003).

**2.2 Importancia del recurso hídrico**

El agua es uno de los recursos más esenciales para el desarrollo de la vida, desde sus inicios el ser humano prefería asentarse en zonas cercanas a fuentes hídricas por ser un medio que les proporcionaba agua para su consumo y alimento.

En la antigüedad estas fuentes eran causantes de grandes epidemias al encontrarse contaminadas de forma gradual. El ser humano tardó mucho tiempo en darse cuenta que este recurso era el causante, al ser consumido sin ningún tratamiento, por lo que, a fin del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, el hombre implementa procesos para tratar el agua de consumo.

A medida que la humanidad se desarrollaba la contaminación de este recurso se incrementó, ocasionando el deterioro de muchos ecosistemas, por lo que, en la necesidad de reducir estos impactos, hoy en día se implementan sistemas de tratamiento, principalmente para aguas residuales (Sierra Ramírez, 2011). Por lo que, actualmente la calidad del recurso hídrico ha mejorado, sin embargo, la gran demanda sobre este recurso ha ocasionado que disminuya en cantidad. Existen zonas que carecen del tratamiento de aguas, generando impactos negativos en el ecosistema y en la población.

### 2.2.1 Usos y aprovechamientos

Usos del agua: es la utilización que se le da al recurso para el desarrollo de diferentes actividades indispensables para la vida.

- Provisión de agua potable y alcantarillado
- Abrevaderos de animales y acuicultura
- Usos recreativos

Uso consuntivo: refleja quienes se benefician de este recurso, sin la obligatoriedad de restituirlas.

- Actividades agrícolas y agropecuarias, uso doméstico, uso industrial (minas y canteras, manufactureras, construcción) y otros.

Mediante el análisis de datos, encuestas e investigación realizados por el CISPDR (Instituto de Investigación y Diseño de Planificación de Encuestas de Changjiang), tomando en cuenta las fuentes de aprovisionamiento del agua en el Ecuador, establece la siguiente tabla, según su orden prioritario:

**Tabla 2:** Uso consuntivo - Usos y dotaciones del agua en el Ecuador, 2010

Usos del agua		Unidad	Año 2010	
Uso doméstico	Urbana	l/hab/día	660	
	Rural	l/hab/día	265	
Agricultura	Agricultura	Cultivos permanentes	mm	664
		Cultivos transitorios	mm	282
		Pastos cultivados	mm	294
	Ganadería	Ganado mayor	l/Cab/día	35
		Ganado menor	l/Cab/día	15
		Aves	l/Cab/día	0,15
	Pesca	Acuicultura de agua dulce	m <sup>3</sup> /ha	75.000
Espacios verdes urbanos		l/día/m <sup>2</sup>	2,0	
Industria y otros	Explotación de minas y canteras	Petróleo crudo	m <sup>3</sup> /l	4,5
		Otros	m <sup>3</sup> /miles USD	10,5
	Industrias manufactureras		m <sup>3</sup> /miles USD	50
	Energía térmica (consumo de agua)		l/Kw h	3,0
Construcción		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1,5	

	Otros (servicios)	m <sup>3</sup> / miles USD	8,0
--	-------------------	----------------------------	-----

**Fuente:** (CISPDR, 2016)

Uso no consuntivo: obliga a restituir las aguas después de su uso, sin alterar su calidad.

- Energía hidroeléctrica, deporte y turismo, navegación, caudales ecológicos, etc.

En el Ecuador, algunos ríos son navegables por lo que no se necesita de alguna regulación para que se aumente su cantidad de agua para navegación, en cambio para deporte, está puede ser suministrada por una red municipal, por lo que el único uso no consuntivo que se la da al agua es para la generación de hidroelectricidad.

Mediante el análisis de datos, disponibles de usuarios por parte del SENAGUA (hoy en día, MAATE), a nivel nacional existen 53 centrales hidroeléctricas, con una capacidad instalada de 2.262,23 MW y una capacidad efectiva de 2234,97 MW, la cual requiere unos 15,0 mil millones dm<sup>3</sup> anuales de agua para generar energía (CISPDR, 2016).

Aprovechamiento: utilización de fuentes de agua con fines económicos para la producción de un servicio que requiere de una inversión (Acosta & Martínez, 2010)

- Riego para producción agropecuaria
- Generación de energía
- Turismo
- Explotación minera y de hidrocarburos
- Acuicultura
- Navegación y flotación
- Industrias
- Aguas termales, medicinales y minerales.

### **2.2.2 Infraestructuras dentro del recurso hídrico**

La implementación de infraestructuras en este recurso trae impactos positivos y negativos, tanto en lo social, económico, cultural y ambiental.

#### **d. Represas**

Estructura que tiene por objetivo desviar y detener el curso de agua ante diversos factores principalmente, las precipitaciones extremas, con la finalidad de que esta agua sea aprovechada, evitando así inundaciones en zonas próximas al lecho del río. Consiste en la construcción de un muro perpendicular que atraviesa el cauce del río, el cual permite el almacenamiento de agua y que esta pueda distribuirse en diferentes caudales.

Pudiéndose utilizarla para diversas actividades, como: generación de electricidad, turismo, navegación, consumo, piscicultura, entre otros (Sandoval, 2018).

### ***e. Impacto ambiental de las represas***

Los proyectos con la creación de represas pueden ocasionar:

Impactos positivos:

- Producción de energía
- Abastecimiento de agua potable
- Mejoramiento en el área industrial, transporte, agricultura y salud pública.

Impactos negativos:

- Alteración del flujo del curso de agua
- Alteración del caudal ecológico
- Variaciones en la calidad del agua, debido a que las represas retienen sedimentos.
- Erosión en la ribera y el cauce del río
- Eutrofización, por la acumulación de nutrientes y el incremento de organismos vegetales acuáticos.
- Estratificación de la temperatura
- Inundaciones por posibles rupturas (EPA, 2011).

Aguas arriba:

- Cambios morfométricos
- Cambios de régimen de caudal
- Reducción de la velocidad de flujo
- Cambios en la composición del hábitat
- Cambios en la productividad
- Alteración de áreas litorales.
- Fluctuaciones de nivel
- Desplazamiento de áreas de producción

Aguas abajo:

- Cambio en los patrones de crecida y estiaje
- Aumento de mortalidad por predación y pesca.
- Obstaculización de migraciones ascendentes y descendentes.
- Mortalidad de peces por turbinas
- Fragmentación de hábitats
- Cambios en la formación de especies
- Reducción de la temperatura y oxígeno disuelto
- Aumento de nitrógeno disuelto (Gesche, 2021).

### 2.3 Zona hiporreica

Proviene del latín hypo = debajo de y rheos = flujo de agua, es una franja de transición entre la parte superficial y subterránea, medio en el que existe una conexión entre el agua y el sedimento que lo conforman. Este intercambio permite conocer las interacciones biogeoquímicas entre el río y su entorno. Siendo este un comportamiento hidrológico subsuperficial (debajo del cauce fluvial) (Fundación BBVA, 2009; Amaya-Toro, 2016; Rasínes-Ladero, 2017).



**Figura 3:** Esquema de la zona hiporreica mostrando la dinámica en los intercambios de agua soportados por ella. A: zona de infiltración de agua superficial hacia la zona hiporreica; B: zona de surgencia de aguas subterráneas hacia la zona hiporreica.

**Fuente:** (Rasínes-Ladero, 2017)

#### 2.3.1 Características de la zona hiporreica

Al ser un ecotono hiporreico se caracteriza en:

Abióticas: las características abióticas condicionan las dinámicas e interacciones entre la zona hiporreica y los sistemas acuáticos que lo rodean, estas características se pueden clasificar, en:

- Variables climáticas y geográficas: condicionan las características ambientales de la zona hiporreica.
- Variables hidrológicas: se asocia a las diferencias de presión hidráulica ocurrida entre ambos ambientes, presentando una mayor conexión con el ambiente superficial.
- Condiciones físicas del hábitat: están condicionados por la estructura, composición granulométrica y litología de los sedimentos que conforman la zona hiporreica.
- Los nutrientes y la materia orgánica: son provenientes de la superficie y se introducen a los medios acuáticos superficiales por filtración, y hacia el manto acuífero por infiltración.
- Composición química del agua: son similares entre la zona superficial y la zona subterránea, sin embargo, esto cambia en aspectos de permeabilidad, composición

y estructura de sedimento, el cual es sensible a los tiempos de retención hidráulica, favoreciendo la interacción entre el agua y el sedimento (Rasínes-Ladero, 2017).

**Bióticas:** la zona hiporreica posee una gran variedad de invertebrados, los cuales son provenientes del ambiente superficial y subterráneo, además de estar comprendido por microorganismos como virus, hongos, bacterias, arqueas y protozoos, que son base para la cadena alimentaria que se producen en este ambiente. Por lo que las características bióticas con respecto a su ambiente circundante, se pueden identificar mediante: Orígenes, adaptaciones y clasificación de los organismos hiporreicos: el origen de la biodiversidad de invertebrados en el ecotono hiporreico proviene de formas de vida acuáticas, conocidas como primarias (son organismos acuáticos que han evolucionado y se han adaptado de forma completa al medio subterráneo, provenientes de descendencias antiguas asociados al agua dulce. Ej. Crustáceos, tardígrados y anélidos, etc.) y secundarias (son organismos acuáticos que evolucionaron de formas terrestres que han colonizado las aguas dulces y que se han incorporado al medio subsuperficial ante situaciones extremas de crecidas y sequías. Ej. Ácaros, moluscos, insectos, etc.), a través de un proceso evolutivo y de las características que represente el ambiente de los organismos. Su distinción va a depender de su origen y nivel de adaptación en el ecosistema acuático (Rasínes-Ladero, 2017).

Las adaptaciones de los organismos se pueden clasificar en: morfológicas, metabólicas, fisiológicas y etológicas. Gilbert et al. (1994), establecieron la clasificación de macroinvertebrados, desde un punto de vista más ecológico, distinguiendo tres tipos de organismos: estigoxenos (son organismos que se desarrollan en el suelo, no poseen adaptación al medio acuático subterráneo, solo aparecen cuando en su medio se producen fenómenos externos, transporte pasivo o perturbaciones, siendo la ZH su refugio), estigofilos (al menos una parte de su vida se desarrolla en la ZH, por lo que poseen un cierto grado de adaptación) y estigobiontes (estos se encuentran totalmente adaptados, puesto que su mayor ciclo de vida lo pasaron en el ambiente hiporreico).

La biodiversidad y distribución de la biota en la zona hiporreica: la biodiversidad en el ecotono hiporreico es muy variable debido a que esta zona presenta una mezcla entre dos zonas, presentando condiciones ambientales propicias para los organismos de ambos medios. La distribución de la biota está asociada a los patrones espaciales y temporales de una zona, los cuales responden a los gradientes ambientales presentes en las zonas hiporreicas. La fauna hiporreica como indicadores de condiciones ambientales: al ser organismos con una gran sensibilidad ante las variaciones ambientales, permite conocer cómo se encuentra la ZH y mediante análisis se puede determinar qué factores están influenciando en las comunidades (Rasínes-Ladero, 2017).

### **2.3.2 Importancia de la zona hiporreica en la comunidad de macroinvertebrados**

La zona hiporreica tiene una gran relevancia, debido a que mantiene un vínculo hidrológico entre los ambientes superficiales y subterráneos y es considerada un punto de hotspots (punto caliente de diversidad) para la fauna de macroinvertebrados bentónicos favoreciendo su diversidad de comunidades con un elevado grado de endemidad, convirtiéndolo en un refugio óptimo, ante condiciones extremas, principalmente asociado a eventos de crecida y sequía en los cauces de los

ríos, al igual que ante fenómenos generados por las presiones antrópicas en estos medios. Cuando las condiciones superficiales no sean óptimas para los macroinvertebrados, la zona hiporreica puede ser un hábitat favorable debido a que actúa como una zona de amortiguamiento y refugio.

Según diversos autores, establecen que la diversidad de comunidades de macroinvertebrados en este ecotono, se encuentran relacionados a los sedimentos y la composición granulométrica que este ecosistema presenta, puesto que estos se encuentran ligados a los gradientes hidráulicos, los cuales permiten el aporte de nutrientes y proporcionan las condiciones aptas para la existencia y el desarrollo de estos organismos (Rasínes-Ladero, 2017).

Cabe recalcar que, en este entorno, transcurren los primeros periodos larvales de la población de macroinvertebrados, además de ser un hábitat colonizado por la fauna de acuíferos circundantes (Montoya & Naranjo, 2020).

#### 2.4 Impactos ambientales en el recurso hídrico.

Los impactos hacia un cuerpo hídrico alteran las condiciones ambientales y la fauna de ese medio, estos pueden ser de origen natural o antrópico y pueden darse de manera directa o indirectamente.

La mayoría de impactos ambientales hacia las fuentes hídricas son provenientes de actividades humanas que contaminan y disminuyen su calidad, principalmente por las descargas de residuos contaminantes y la alteración de su caudal ecológico, los cuales interfieren con el uso deseable de este recurso, estos son: abastecimiento de agua, recreación, pesca y mantenimiento del balance ecológico. Su contaminación en cambio altera sus parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.

**Tabla 3:** Impactos ambientales en el recurso hídrico

<b>Impactos naturales</b>	
Variaciones extremas en las condiciones climáticas.	Variaciones del régimen hidráulico (crecientes y sequías).
<b>Impactos antrópicos</b>	
Actividad	Impacto
Minería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso de sustancias tóxicas y contaminantes.</li> <li>• Reducción del hábitat y de la fauna silvestre (extracción de áridos).</li> </ul>
Agrícola, ganadera, forestal y urbana o industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertimiento directo de aguas residuales.</li> <li>• Modificación de las riberas</li> <li>• Incremento de nutrientes e introducción de sustancias químicas desde la zona superficial.</li> <li>• Aporte de sedimentos.</li> <li>• Modificación del régimen hidrológico.</li> </ul>
Actividades hidráulicas de regulación y construcción de presas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del régimen hídrico y térmico del agua.</li> <li>• Fragmentación del recurso hídrico.</li> <li>• Retención de sedimentos</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del caudal ecológico.</li> </ul>
Introducción de especies exóticas e invasoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desaparición de especies silvestres.</li> <li>• Modificación del hábitat.</li> <li>• Cambio de la funcionalidad ecosistémica.</li> </ul>

**Fuente:** ( Sierra-Ramírez, 2011; Rasínes-Ladero, 2017)

## 2.5 Cuenca hidrográfica

Es un entorno de territorios definidos de forma natural y se encuentra relacionado entre sí con los procesos socio ecológicos. Al ser espacios territoriales se encuentran delimitados por parteaguas, que son las zonas altas de las montañas, donde se centran las áreas de escurrimiento: ríos y arroyos, los cuales fluyen y se desembocan en un punto de salida denominados: endorreica (lagos) o exorreica (mares).

En este territorio existe una interrelación entre lo espacial y lo temporal donde participa el medio físico (suelo, agua, biodiversidad, etc.), modos de aprobación (tecnologías y mercados) e instituciones (cultura, social, leyes, etc.). A nivel espacial en las cuencas hidrográficas se puede entender cómo funciona el ciclo hidrológico, identificar y cuantificar impactos por actividades antrópicas o externalidades.

Una cuenca hidrográfica se encuentra estructurada jerárquicamente en subcuencas y microcuencas, también se encuentran marcadas por divisiones naturales y en ellas se concentran los flujos de agua que vierten sus aguas en el río principal.

Además una cuenca está compuesta por dos tipos de flujo: superficial y subterráneo, los cuales poseen procesos hidrológicos diferentes a nivel espacial y temporal, sin embargo, existe una estrecha relación entre ellos, puesto que el flujo superficial se encuentra alimentado por precipitaciones y escurrimientos y los de flujo subterráneo se relacionan con los acuíferos, los cuales son recargados por las direcciones de flujo (SEMARNAT, 2014).

Un aspecto importante de las cuencas son su funcionamiento y su dinámica hidrológica, reconociendo las siguientes funciones:

- Cuenca alta (zona de captación): son zonas contiguas a las divisorias de aguas, se encuentran ubicadas altimétricamente en la parte más alta de la cuenca, incluyen conjuntos montañosos y lomas. Además de ser la zona en la que ocurren los primeros escurrimientos, los cuales son absorbidos y retenidos por la capacidad física de los suelos.
- Cuenca media (zona de almacenamiento o de transición): en esta área los caudales de los escurrimientos son variables, al igual que la concentración de sedimentos, materia orgánica y contaminantes, los cuales van a depender de la actividad que se realice en cada zona.

- Cuenca baja (zona de descarga o emisión): es el sitio de desembocadura (lago o mar), es una zona importante para los ecosistemas, es una zona muy productiva y también es donde se concentran los impactos ambientales de toda la cuenca.



**Figura 4:** Impactos generados por la actividad humana en una cuenca hidrográfica.

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

### 2.5.1 Subcuenca hidrográfica

Es una parte que integra a una cuenca, definida por zonas de escurrimientos superficiales, siendo captados y conducidos a través de un afluente, según su ubicación dentro de la cuenca está compuesto por regímenes hídricos determinados. Es otras palabras, son afluentes secundarios que drenan sus aguas en un río primario.

#### f. Elementos de una subcuenca

- Río principal: corriente de agua que fluye libremente, con un caudal variable y una salida que desemboca en el mar, lago u otro río.
- Afluente: es tributario y alimenta a un río principal.
- Efluente: es emisario, sus ríos sacan agua de la corriente principal (UICN/ORMACC, 2018).

### 2.6 Subcuenca del río Machángara

Se encuentra ubicada en la zona austral, dentro del sistema hidrográfico perteneciente a la cuenca del río Paute, ocupa un territorio de 32.500ha, pertenecientes a las parroquias de Checa, Chiquintad, Sinincay, Sayausí, etc. Esta subcuenca es considerada como un espacio de vida

compuesto por el 77% de la superficie total de la microcuenca, como parte del ABVP Machángara-Tomebamba (ETAPA EP, 2018).

Se encuentra clasificada por 3 microcuencas: alta (Río Machángara alto), media (Río Chulco) y baja (Río Machángara bajo), comprende una fracción reducida de la provincia del Cañar (Argüello, 2020). La subcuenca se caracteriza por brindar diversos servicios y por su gran biodiversidad, siendo un ecosistema de soporte vital y prioritario para la población de cuenca por lo que es importante mantenerla y conservarla (Argüello, 2020).

La subcuenca se encuentra entre los 2500 y más de 4000 msnm con temperaturas medias que varían desde los 8°C a los 14°C. Dentro de la subcuenca al año se captura alrededor de 304.29 hm<sup>3</sup> de agua lluvia, lo que ha permitido que el recurso hídrico sea aprovechable para diferentes actividades (Díaz, 2015).

La flora de la subcuenca está caracterizada por diferentes tipos de coberturas, donde aún persiste vegetación importante para salvaguardar la biodiversidad y como reguladoras del caudal hídrico. Posee un valor aproximado de 70 especies arbóreas y 276 tipos de plantas vasculares y más de 30 organismos propios de la zona.

La fauna de la subcuenca está compuesta por 92 especies divididas a nivel de orden y familia, en su parte alta se caracteriza por ser un área de avistamiento de aves teniendo una avifauna representativa en los valles interandinos donde se ha podido observar el cóndor andino (Cajamarca-Buele, 2022).

### **2.6.1 Zona alta de la subcuenca del río Machángara**

La zona alta está constituida por 119.012km<sup>2</sup>, perteneciendo el 36,51% de la subcuenca a la provincia del Cañar, mientras que el 63,49% le pertenece a la zona intermedia e inferior de la provincia del Azuay.

La parte alta se caracteriza por ser una fuente de gran interés hídrico al ser una zona de recarga, aquí se ubican los principales afluentes de suministro de agua y de producción de energía hidroeléctrica, por parte de las represas de Chanlud y El Labrado y otros recursos que suministran a esta fuente hídrica (Rojas et al., 2020).

### **g. Problemática ambiental dentro de la subcuenca del río Machángara**

**Tabla 4:** Impactos ambientales dentro de la subcuenca del Machángara

Zona	Impactos
Zona alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la cobertura natural, para sustituirlas por zonas de cultivo (autoconsumo).</li> <li>• Incendios forestales.</li> <li>• Presencia de ganado vacuno y equino (suelto y salvaje) pastoreando.</li> <li>• Zonas agrícolas.</li> </ul>

Zona media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de uso de suelo y cobertura vegetal</li> <li>• Incremento de áreas degradadas y mosaicos de cultivos.</li> <li>• Aparición de parcelas en zonas de vegetación.</li> <li>• Incendios forestales.</li> <li>• Presencia de ganado bovino, equino, porcino, avicultura, animales domésticos, etc.</li> <li>• Zonas agrícolas y poblacionales.</li> </ul>
Zona baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansión urbana.</li> <li>• Desplazamiento de zonas vegetales por el crecimiento población.</li> </ul>

Fuente: (Argüello, 2020; Merchán & Peralta, 2020)

## 2.7 Calidad del agua

Se encuentra definida por las características que posee un medio acuático, entre los cuales se destaca su composición, aspecto físico, el estado de la biota acuática, etc. Esta puede presentar valores variables a nivel espacial y temporal dependiendo de los factores internos y externos del recurso. Por lo que su calidad puede ser medida, por diferentes variables: físicas (color, olor, dureza, etc.), químicas (pH, dureza, DQO, etc.) y biológicas.

## 2.8 Parámetros limnológicos

La limnología es la encargada de estudiar los sistemas acuáticos continentales, ríos, lagos, embalses, arroyos y humedales, al igual que las interacciones que ocurren entre los organismos acuáticos y el ambiente en el que habitan, lo que determina su distribución y abundancia (Oroná, 2012).

Por lo tanto, los parámetros limnológicos permiten conocer el estado y condición de los cuerpos de agua. Dentro de estos parámetros se encuentra los físico-químicos, biológicos, geológicos y el intercambio térmico asociado a la temperatura de un ecosistema en diferentes profundidades, los cuales utilizan criterios ya estandarizados para el análisis del agua, principalmente a nivel de laboratorio. Mediante una evaluación y valorización del agua en estado natural y los efectos de su uso (Sierra-Ramírez, 2011).

### 2.8.1 Parámetros físico-químicos

Permite obtener una idea clara y una caracterización físico-química del recurso en base a un análisis de datos, el cual permitir buscar y detectar los posibles factores de estrés físico-químico del agua, mediante el análisis de sustancias que tengan incidencia de forma directa sobre las condiciones estéticas del recurso (Sierra-Ramírez, 2011). Dentro de los cuales podemos encontrar:

- |                    |            |
|--------------------|------------|
| • pH               | • Hierro   |
| • Conductividad    | • Fosfatos |
| • Temperatura      | • Nitratos |
| • Oxígeno disuelto | • Amonio   |
| • Capacidad redox  | • Sulfatos |

### **2.8.2 Intercambio térmico de la zona hiporreica (ZH)**

La ZH es una zona intermedia donde hay intercambios entre el agua superficial y los sedimentos del suelo, este intercambio repercute y altera las condiciones naturales y ambientales del agua.

Esta zona ha sido estudiada en diversos tramos del río, analizando diferentes variables, entre ellas: la temperatura, siendo la variable más susceptible a cambio en lo que respecta al agua superficial y más lenta en el agua subterránea, debido al proceso de captación y liberación que se produce en este medio, se registran fluctuaciones de temperatura que repercute en la calidad del agua.

Es uno de los métodos más funcionales, pues permite conocer la duración de los periodos de estratificación en las profundidades del agua o la mezcla de la lámina de agua. Para su análisis se utilizan sensores de temperatura los mismos que permitirán monitorear las variaciones de temperatura en un tramo a determinadas profundidades (Puerto-Sosa, 2020).

### **2.8.3 Bioindicadores**

Están definidos por especies que residen en el fondo de los ríos, en diferentes microhábitats, están relacionados con las variables físico-químicas puesto que son organismos sensibles ante los efectos de alguna alteración en su hábitat. Y su respuesta biológica es inmediata, existiendo la disminución de comunidades biológicas o su tolerancia ante niveles altos de perturbación (Escandón-Guachichilca & Cáceres-Vintimilla, 2022).

#### ***h. Macroinvertebrados acuáticos bentónicos***

Estos organismos bentónicos se pueden encontrar dentro del recurso hídrico y son de suma importancia para determinar su calidad puesto que tienen una amplia distribución geográfica, presentan una gran biodiversidad taxonómica (siendo sensibles ante los gradientes ambientales), son sedentarios y representativos en el área en el que son recolectados, tienen un período de vida adecuado que posibilita estudiar los efectos de contaminación a lo largo del tiempo, entre otros (Acosta et al., 2014)

#### ***i. Relación de los macroinvertebrados bentónicos de la zona hiporreica (ZH) con los parámetros físico-químicos del agua.***

El estudio de macroinvertebrados en la ZH y su interacción con los parámetros físico-químicos del agua permiten reflejar la riqueza taxonómica de estos microorganismos, debido a que la zona hiporreica es de gran relevancia entre los ambientes superficiales y subterráneos pudiéndose presenciar diferentes valores en su diversidad asociándolo al equilibrio de las comunidades y las condiciones del hábitat en las que se encuentran. Diversos autores han resaltado que los macroinvertebrados son sensibles a los cambios físico-químicos del agua como el nivel de acidez pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, etc. Siendo estos determinantes en su distribución y la influencia que tienen sobre su diversidad (Dominguez & Fernández, 2009; Rasínes-Ladero, 2017).

## 2.8.4 Índices biológicos

### j. Índice ABI

El índice biótico andino permite valorar la condición del recurso hídrico y su integridad ecológica, con calificaciones de sensibilidad de 1 a 10 indicando el nivel de tolerancia, considerando las familias de macroinvertebrados encontrados, por lo que se requiere de su información taxonómica (Ordoñez et al., 2017).

**Tabla 5:** Índice biológico ABI de macroinvertebrados

Puntaje de Índice Biótico Andino	
Índice ABI	Calidad de agua
<96	Muy buena
59/96	Buena
35/56	Regular
<35	Malo

**Fuente:** (Ordoñez et al., 2017)

### k. Índice BMWP/Col.

El índice Biological Monitoring Working Party, es el que más se adapta al entorno, su puntaje va de 1 (más sensible) a 10 (más tolerable), utilizando una visión cualitativa y el nivel taxonómico de familias, siendo su sumatoria el puntaje de clasificación de la calidad de agua (Ordoñez et al., 2017).

**Tabla 6:** Índice biológico BMWP/Col. de macroinvertebrados

Puntaje de BMWP/Col.	
Índice BMWP/Col.	Calidad de agua
101-120	Aguas muy limpias
61-100	Aguas ligeramente contaminadas
36-60	Aguas moderadamente contaminadas
16-35	Aguas muy contaminadas
<15	Aguas fuertemente contaminadas

**Fuente:** (Ordoñez et al., 2017)

## 2.9 Índices de diversidad

Estos índices permiten medir la riqueza y abundancia de especies mediante su caracterización, por lo que, la cantidad de especies identificadas dependerá de las especies recolectadas, del tamaño del hábitat analizada y de la cantidad de hábitats en la muestra. Permitiendo tener datos representativos, siendo estos comparables entre sí (Martella et al., 2012).

### 2.9.1 Índice alfa

Permite medir la riqueza, considerando la cantidad de especies identificadas de una muestra y su abundancia caracterizando la variedad de una comunidad.

- Índice de Margalef: cuantifica la riqueza de especies, mediante un censo de la comunidad, basándose la cantidad de especies presentes, sin considerar su valor de importancia.

Valores  $<2$  se los considera como áreas de baja biodiversidad y  $>5$  se considera de alta biodiversidad (Medrano-Meraz et al., 2017).

- Índice de Shannon: evalúa la diversidad específica en cada área, seleccionando individuos de forma aleatoria y la inclusión de todas las representadas en una muestra.

Entre 0-1,5 baja diversidad, 1,5-3,5 media, raramente sobrepasa 4,5 lo que indicaría una diversidad alta (Martella et al., 2012).

- Índice de Simpson: es influenciado por predominancia de especies más importantes, mostrando la eventualidad de que dos organismos seleccionados al azar sean del mismo tipo.

Entre más cercano a 1 mayor es la biodiversidad y más cercano a 0 menor es la biodiversidad (Escandón-Guachichilca & Cáceres-Vintimilla, 2022).

### **2.9.2 Índice beta**

Permite comparar dos comunidades de especies cuantificando su diversidad, mediante la aplicación de:

Índices de similitud/disimilitud: el cual permite expresar el nivel de similitud entre las comunidades o hábitats en relación a las especies que lo conforman (Martella et al., 2012).

- Índice de Sorenson (cuantitativo)
- Índice de Sorenson (cualitativo)

El resultado de ambos índices se encuentra entre valores de 0 a 1, donde 1 indica que presentan una similitud completa y 0 que no tienen especies en común las dos comunidades relacionadas.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio: Zona alta de la subcuenca del río Machángara

##### 3.1.1 Represa El Labrado

Dentro de la subcuenca, se encuentra el Bosque Protector Machángara-Tomebamba, comprendida en un área de: Bosque Protector dentro de la subcuenca con 25.225,07 ha a una altitud de entre los 2.900 a 3.700 msnm. Con diferentes ecosistemas: Bosque Siempreverde Montano Alto, Humedal, Páramo Herbáceo, Páramo de Almohadillas y Páramo Arbustivo. Y se encuentra constituido como un sitio de recarga hídrica (ElecAustro, 2019).

En la parte alta y media de la subcuenca, se encuentran construidas dos represas, estas son de gran importancia para el complejo hidroeléctrico Machángara:

La represa El Labrado está situada en la parte alta del río Chulco a un trayecto de 40km al noroccidente de la ciudad de Cuenca, su capacidad de captación de agua es de 6.200.000 m<sup>3</sup> el mismo que posibilita operar en periodos de estiaje (Guamán & Monroy, 2010). Se encuentra alimentado por varios tributantes: La laguna de Taplacochoa, laguna de Chulcocochoa, laguna de Lluquihuaico, laguna de Piñacocha y Laguna de Yahuaroccha.

Dentro de esta área se encuentra establecido el observatorio natural que pertenece a la red de observatorios de la Universidad Católica de Cuenca.



**Figura 5:** Represa El Labrado

**Fuente:** Autor

### 3.1.2 Represa Chanlud

La represa Chanlud se encuentra ubicada a 45km al noroccidente de la ciudad. Se trata de una represa de tipo arco gravedad con una altura de 51 metros y una capacidad de captación de 17 millones de m<sup>3</sup> de agua, lo cual posibilita el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas de Saucay y Saymirín en periodos de sequía (Guamán & Monroy, 2010).

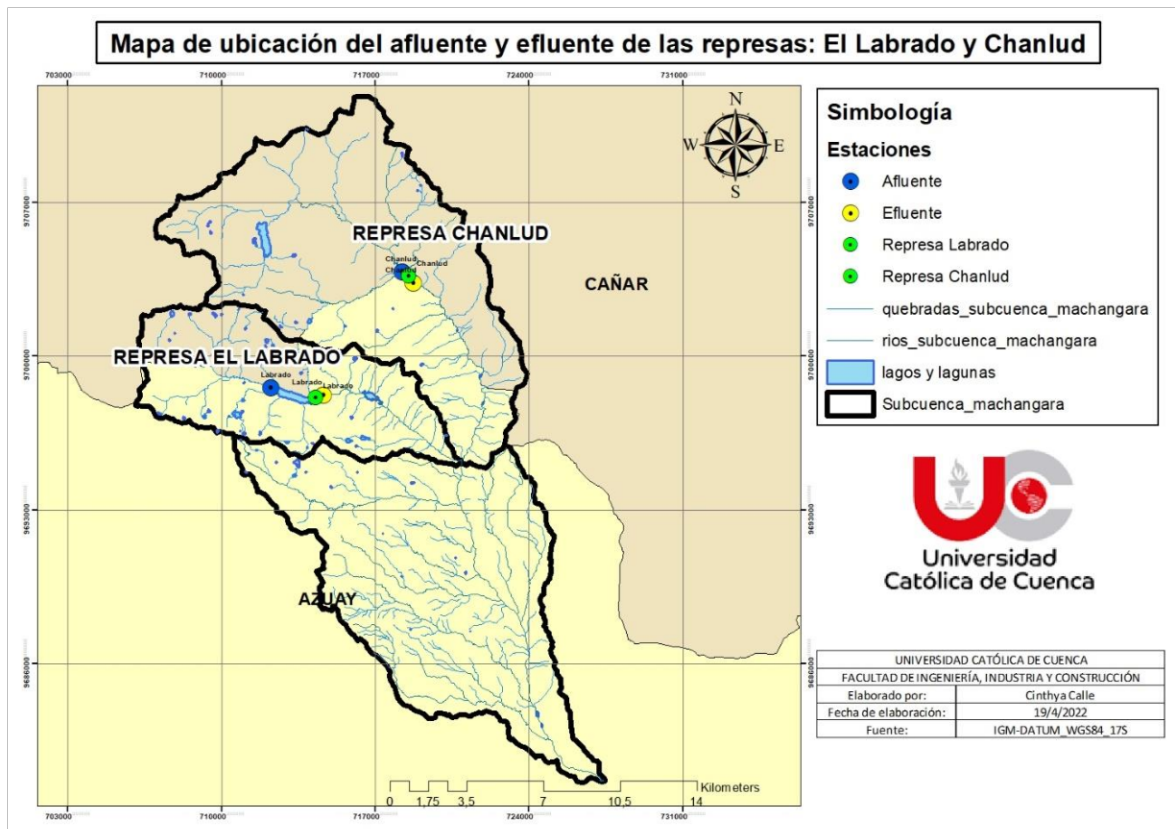
La represa cuenta con la regulación necesaria para abastecer el caudal ecológico del río Machángara. El embalse se encuentra alimentado, por diversos tributantes, siendo las más importantes, los ríos: Cebadas, Machángara, Mamallipis y Curiqinga.



**Figura 6:** Represa Chanlud

**Fuente:** Autor

## I. Mapa de ubicación



**Figura 7:** Mapa de ubicación del afluente y efluente de las represas: El Labrado y Chanlud

**Fuente:** Autor

**Tabla 7:** Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo

Represa	Coord x	Coord y	Altura	Nombre
Aflu. Labrado	712251	9698550	3474	Quebrada Tacanga
Eflu. Labrado	714269	9698119	3373	Río Chulco
Aflu. Chanlud	718240	9703848	3481	Río Machángara
Eflu. Chanlu	718730	9703322	3408	Río Machángara

## 3.2 Trabajo de campo

### 3.2.1 Muestreo físico-químico del agua

En el “Protocolo de Evaluación de la Integridad Ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador” por Acosta et al. (2014), establece que se debe analizar la calidad físico-química del agua en los mismos puntos, donde se van a recolectar los macroinvertebrados.

Para la toma de muestras, se debe establecer la zona de mezcla completa en la columna de agua, lo que se podría decir que es la zona central, donde el recurso discurre con normalidad. Además, se debe evitar las zonas donde el agua discurre lentamente o se estanca o áreas con

exceso de turbulencia, puesto que estos factores pueden afectar en la evaluación del estado y características del agua (Acosta et al., 2014).

Para el análisis *in situ* se utilizó, el multiparamétrico HANNA instruments modelo HI98194, el cual se ubicó directamente en los sitios de monitoreo. Para evaluar cada parámetro, se procedió a encender el equipo, con la sonda respectiva y se esperó un límite de tiempo para que se estabilice y así poder obtener los siguientes parámetros:

Parámetros físico-químicos *in-situ*:

- pH
- Temperatura (°C)
- Oxígeno disuelto (mg/l)
- Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )

### **3.2.2 Colecta de macroinvertebrados**

Para ello se siguió con lo establecido en el “Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador” propuesto por Acosta et al. (2014), la cual ya se mencionó anteriormente y la “Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca” por González et al. (2018) , donde se establecen los métodos que se deben aplicar para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos.

Como primer paso se identificaron los microhábitats potenciales, compuestos por determinados tipos de sustratos donde se pueden encontrar los macroinvertebrados en los puntos de monitoreo.

Para la colecta de macroinvertebrados, se realizó la técnica de la patada, esta actividad se la realizó en un transecto de 10 m, tomando 3 muestras al azar, con el uso de una red de surber, donde se abarcó 1 m<sup>2</sup> por estación. Estas se distribuyeron de acuerdo a la representatividad de los microhábitats escogidos. La técnica de la patada consiste en que el recolector se ubica en dirección contraria al flujo y pateo el fondo de agua para remover el sustrato, causando el transporte de los macroinvertebrados por la corriente hacia la red. Esta actividad se ejecutó abarcando el área de cada estación de monitoreo.

Después de recolectar las 3 muestras en campo, éstas fueron depositadas en una bandeja de gran tamaño y se procedió a retirar los sustratos que se quedaron en la red, teniendo el respectivo cuidado para desprender los macroinvertebrados que pudieron quedarse en los mismos.

Posteriormente, se lavaron las muestras con un cernidor tratando de que el sustrato fino se quede en el fondo de la bandeja, esto se repitió varias veces, de modo que los macroinvertebrados se mantengan en el cernidor, observando que no queden macroinvertebrados en el sustrato fino, para este ser devuelto al río.

Una vez obtenidas las muestras, se las almacenó en un frasco con alcohol (70%) con la finalidad de conservarlas. Estos fueron etiquetados, trasladados al Laboratorio de Hydrolab y depositados en el Museo de Macroinvertebrados Acuáticos del CIITT.

### 3.2.3 Instalación de sensores de temperatura en la zona hiporreica

Para registrar la temperatura de la zona hiporreica se instalaron en cada punto de muestreo una barra rígida metálica con tres sensores de temperatura, lo que permite registrar datos a diferentes profundidades (5,10,15 cm) incluida la temperatura del agua superficial. Los datos se registraron cada 10 minutos y fueron almacenados en data loggers. Estos se descargaron al mismo tiempo en que se colectaban las muestras anteriormente descritas, para su posterior análisis.

Los sensores de temperatura fueron diseñados por la Universidad de BAYREUTH.



**Figura 8:** Sensor de temperatura (5, 10 y 15 cm)

## 3.3 Trabajo de laboratorio

### 3.3.1 Análisis físico-químico del agua

Para tener un análisis exacto y real del estado del cuerpo hídrico, se requiere de un espectro más amplio, para lo cual en cada punto de monitoreo se tomaron 2 muestras de agua, bajo las siguientes instrucciones:

- Antes de la toma de muestras, los envases de vidrio se homogeneizaron con agua del río, enjugandolos varias veces.
- Al momento de coleccionar las muestras de agua se evitó que dentro del envase quede aire, llenando así completamente el recipiente y tapándolo bajo el agua, evitando la entrada de burbujas de aire.
- Los recipientes previamente etiquetados (punto de monitoreo, fecha, hora de recolección y el número de muestra) (Acosta et al., 2014).

Las muestras coleccionadas en las distintas zonas de monitoreo fueron transportadas al laboratorio de HYDROLAB-CIITT y filtradas para su posterior análisis.

Para el análisis de las muestras en el laboratorio, se aplicaron los métodos detallados del “Manual de métodos de HACH” por (Hach, 2013), para los diferentes parámetros de estudio, los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 8:** Métodos aplicados para el análisis de laboratorio

Parámetros físico-químicos	Métodos de análisis de laboratorio.	Documento:
Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	Método de salicilato ((0 a 30,0 mg/l NO <sub>3</sub> – N) – Método 10031	DOC316.53.01079
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Método de reducción de cadmio (0 a 30,0 mg/l NO <sub>3</sub> – N) – Método 8039	DOC316.53.01066
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Método SulfaVer 4* (0 a 70 mg/l)	DOC316.53.01135
DQO	Método de digestión en reactor - Método 8000	DOC316.53.01099
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	Método PhosVer 3® ácido ascórbico – Método 8048	DOC316.53.01119
Hierro (Fe)	Método FerroVer (0.02 a 3.00 mg/L Fe) – Método 8008	DOC316.53.01053
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico – Fórmula = $\frac{\text{mg SS}}{\text{L}} = \frac{(A-B)*1000}{\text{Volumen muestra (L)}}$	
Carbono orgánico disuelto	Método 415,1 EPA	
Nitrógeno total disponible		

### 3.3.2 Clasificación de macroinvertebrados

Siguiendo lo establecido en el protocolo de Acosta et al. (2014) y en la guía propuesta por González et al. (2018) , se procesaron las muestras colectadas *in-situ*, en el laboratorio.

Con la ayuda del estereoscopio y una pinza de metal, se identificaron y se contaron los macroinvertebrados a nivel de familia utilizando las guías antes mencionada, las cuales nos brindan información de la clasificación taxonómica, descripción morfológica, clave dicotómica e imagen del espécimen. Y Una vez identificados los macroinvertebrados, se los separó por familia y se los conservó en frascos debidamente etiquetados con alcohol (70%).

## 3.4 Análisis de datos

### 3.4.1 Índices biológicos

Para el análisis de los índices biológicos, una vez tomadas las muestras e identificados los individuos que se encontraron en cada punto, para la evaluación de calidad del agua en el afluente y efluente de las represas, se procedió a aplicar dos metodologías que se adaptan al entorno en el que fueron tomadas las muestras, las cuales son: “BMWPCol” por (Roldan, 1988) e “ABI” por (Encalada, 2011).

En la Guía rápida de González et al. (2018) y en el libro de “Los macroinvertebrados de los ríos del Parque Nacional Cajas” de Rincon et al. (2017), cada familia de macroinvertebrados cuenta

con un valor de sensibilidad, este valor se anotó en una libreta de campo. Los valores de sensibilidad que se otorgan por familia, se observan en las siguientes tablas, para las diferentes metodologías:

**Tabla 9:** Puntaje de sensibilidad índice BMWP/Col.

Familias	Sensibilidad BMWP/Col.
Atriplectilidae, Calamaceratidae, Chordodidae, Lampyridae, Limnessiidae, Limnessidae, Gripterygidae, Perlidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Odontoceridae, Blephariceridae, Athericidae, Gordiidae.	10
Ampullariidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Grynidae, Philopotamidae, Polymmitarcyidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Gomphidae, Anomalopsychidae, Limnephilidae, Hydrobiosidae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Heridae, Hydrobilidae, Lestidae, Palaeminidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Veliidae, Trombidiformes, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Hydraenidae, Calamoceratidae, Helicopsychoidea, Hydroptilidae, Leptoceridae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Corixidae, Dryopsychidae, Glossomatidae, Naucoridae, Planorbidae, Psychodidae, Ancylidae, Baetidae, Coenagrionidae, Elmidae, Ecnomidae, Glossosomatidae, Hydropsychidae, Crambidae, Dixidae, Hyalellidae.	7
Ancylidae, Limnychidae, Megapodagrionidae, Salidae, Staphylinidae, Aeshnidae, Dryopidae, Lutrochidae, Corydalidae, Dugesiidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Thiridae, Libellulidae, Gyrinidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Tabanidae.	5
Chrysomelidae, Haliplidae, Hydrometridae, Noteridae, Glossiphoniidae, Hydridae, Scirtidae, Limoniidae, Empididae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae.	4
Physidae, Planorbidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Tipulidae, Stratiomyidae	3
Culicidae, Sciomyzidae, Chironomidae, Psychodidae, Syrphidae.	2
Turbificidae, Oligochaeta.	1

**Fuente:** (González et al., 2018; Ordoñez et al., 2017)

**Tabla 10:** Puntaje de sensibilidad índice ABI

Familias	Sensibilidad ABI
Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Helicopsychoidea, Odontoceridae, Gripterygidae, Perlidae, Leptophlebiidae, Blephariceridae.	10
Gomphidae, Calopterygidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae.	8
Leptohyphidae, Glossosomatidae, Limnephilidae.	7
Hyalellidae, Hydroptilidae.	6
Dugesiidae, Hydropsychidae, Elmidae, Scirtidae, Simuliidae, Tipulidae, Planariidae.	5
Limoniidae, Baetidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Empididae, Stratiomyidae.	4

Glossiphoniidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Hydrophilidae, Staphilinidae, Psychodidae, Hirudinea,	3
Chiromidae, Muscidae.	2
Oligochaeta.	1

Fuente: (Rincon et al., 2017)

Con cada uno de los individuos identificados, se realizó una sumatoria y según el resultado obtenido, se lo interpretó tomando en cuenta la tabla 4 y tabla 5 de los índices biológicos, determinando la calidad de los puntos monitoreados según el rango en el que se encuentren.

### 3.4.2 Índices de biodiversidad

Para calcular la riqueza y abundancia de cada uno de los puntos muestreados y poder realizar la comparativa entre el afluente y efluente de las dos represas, se calcularon índices de biodiversidad siguiendo el “Manual de Ecología – Evaluación de la biodiversidad” por Martella et.al (2012).

La comparativa entre los sitios de estudio, se procedió primero a calcular la diversidad alfa de cada familia de individuos identificados, con las siguientes formulas:

**Tabla 11:** Índices de riqueza y abundancia – alfa

Índices	Ecuación	Simbología
Margalef	$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$	S: número de especies registradas. N: número total de individuos detectados.
Shannon	$H = - \sum (Pi * \ln Pi)$	Pi: ni/N (valor de la importancia). N: total de todas las especies. ni: abundancia de especies
Simpson	$S = \frac{\sum n(n - 1)}{N(N - 1)}$	N: número total de organismos de todas las especies. n: número total de organismos de una especie.

Fuente: (Martella et al., 2012)

**Tabla 12:** Índice de similitud/disimilitud - Beta

Índices	Ecuación	Simbología
Sorenson (cualitativo)	$Sorenson_{(cual.)} = \frac{2C}{SA + SB}$	c: número de especies presente en ambos sitios A y B. SA: número de especies en el sitio A. SB: número de especies en el sitio B.
Sorenson (cuantitativo)	$Sorenson_{(cuant.)} = \frac{2pN}{aN + bN}$	pN: sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios. aN: número total de individuos en el sitio a. bN: número total de individuos en el sitio b

Fuente: (IAVH, 2004; Lagos, 2021)

### **3.4.3 Relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados**

Para poder conocer la relación que existe entre las diferentes variables de estudio, se realizó un análisis de correlaciones múltiples, resultado del cual se pudo descartar muchas de estas variables para un análisis final más robusto, para ello se utilizó el programa de R Studio en el cual se evaluó los resultados de los parámetros físico-químicas analizadas *in situ* y en laboratorio y la diversidad de familias de macroinvertebrados identificadas en las diferentes zonas de estudio, con la finalidad de tener una punto de vista más amplio sobre la presencia o ausencia de diferentes familias por el aumento o disminución de la concentración de los diferentes parámetros en los distintos puntos de estudio.

Por diversos factores hubo monitoreos en los cuales no se pudieron medir ciertos parámetros por errores de lectura, sin embargo, para que no se presenten resultados erróneos en los resultados de los CCA<sup>1</sup>, se utilizó la “transformación de Hellinger” por (Legendre & Gallagher, 2001), la misma que es usada para corregir NAs<sup>2</sup> y redundancias en variables medioambientales, obteniendo una proporción adecuada de cada variable en el medio estudiado.

---

<sup>1</sup> Correlación de correspondencia canónica

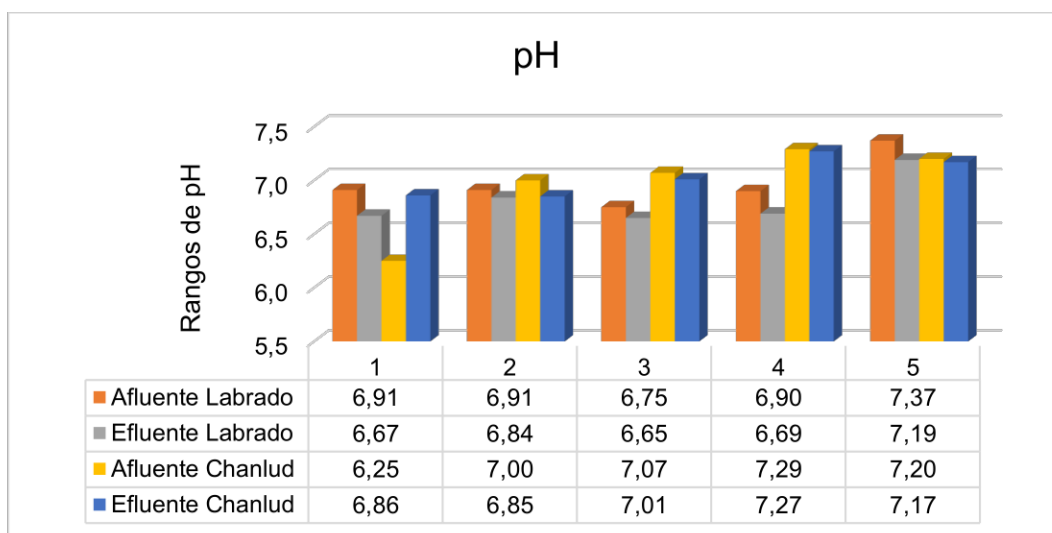
<sup>2</sup> Datos inexistentes

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de parámetros físico-químicos: in-situ

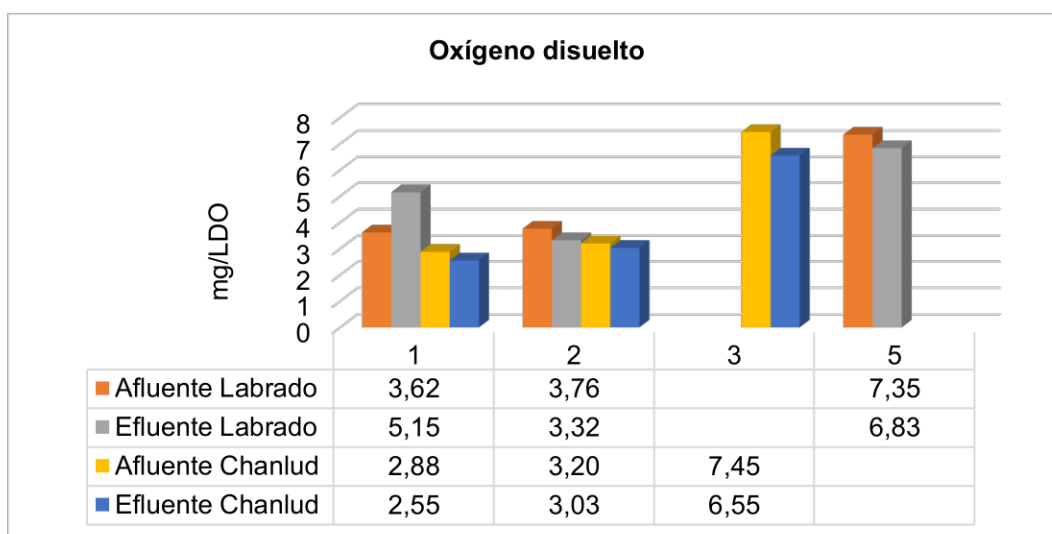
#### 4.1.1 pH



**Figura 9:** Monitoreo del pH

El nivel de pH presente en el agua es una característica que indica la acidez o alcalinidad de esta, los rangos del pH pueden variar de 0 a 14, en los 5 monitoreos realizados tanto en el afluente como efluente de las represas El Labrado y Chanlud en las épocas de estiaje y anegamiento, se encontraron valores entre 6,25 a 7,37, determinado como un valor óptimo en estas aguas. Según Beita & Barahona (2011), establecen que “la mayoría de aguas naturales, sin contaminación se encuentran con un pH de 6 a 8,5”.

#### 4.1.2 Oxígeno disuelto (OD)



**Figura 10:** Monitoreo de oxígeno disuelto

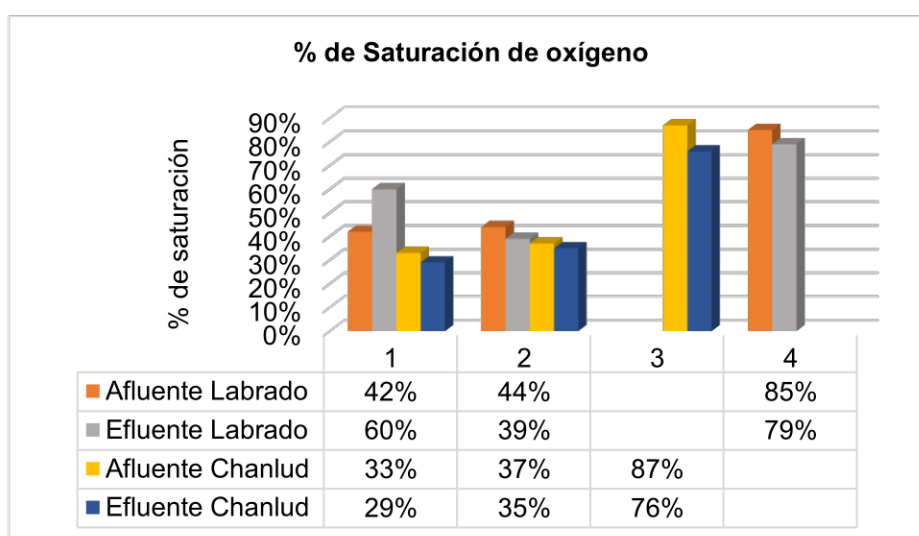
El presente parámetro refleja la concentración de OD presente en el agua, siendo un indicador clave de su calidad, mientras más cantidad de oxigenación esté presente en el agua es de mejor calidad.

Como se puede constatar en la figura 10, el monitoreo 1 y 2, presentan valores muy bajos de OD, lo que representa una condición de hipoxia en las áreas de estudio debido a que están dentro del rango de concentración de 0-5, lo que trae consigo una baja densidad de organismos y especies sensibles, estos valores representativamente bajos se pudieron presentar por la época (estiaje) en la que fueron tomadas las muestras, esto se debe a una reducción en la profundidad del agua, variaciones de temperatura, una elevada salinidad asociada a la conductividad, baja presencia de rápidos y la presencia de algas (State Water Resources Control Board, 2015; Quispe, 2017).

En el monitoreo 3 solo se registraron valores del afluente y efluente de la represa de Chanlud y en el monitoreo 5 solo de la represa El Labrado, esto se debe a que para los días de los monitoreos en las represas El Labrado (monitoreo 3) y Chanlud (monitoreo 5), se presentaron errores de lectura, razón por la cual solo se obtuvieron los resultados que se pueden visualizar en la figura 10. Los resultados de los monitoreos 3 y 5 presentan una condición aceptable dentro del rango de concentración de 5-8, siendo adecuada para la presencia de organismos acuáticos, estos valores altos se presentan en la época de anegamiento, presencia de rápidos, baja salinidad, entre otros factores (State Water Resources Control Board, 2015; Quispe, 2017).

Otro de los factores principales que puede influir en la baja cantidad de oxígeno disuelto en la época de estiaje es el proceso de nitrificación, debido a la cantidad de amonio (Figura 15, monitoreo 1) presente en el agua, el cual al convertirse en nitrato consume una gran cantidad de oxígeno durante este proceso (Cárdenas-Calvachi & Sánchez-Ortiz, 2013).

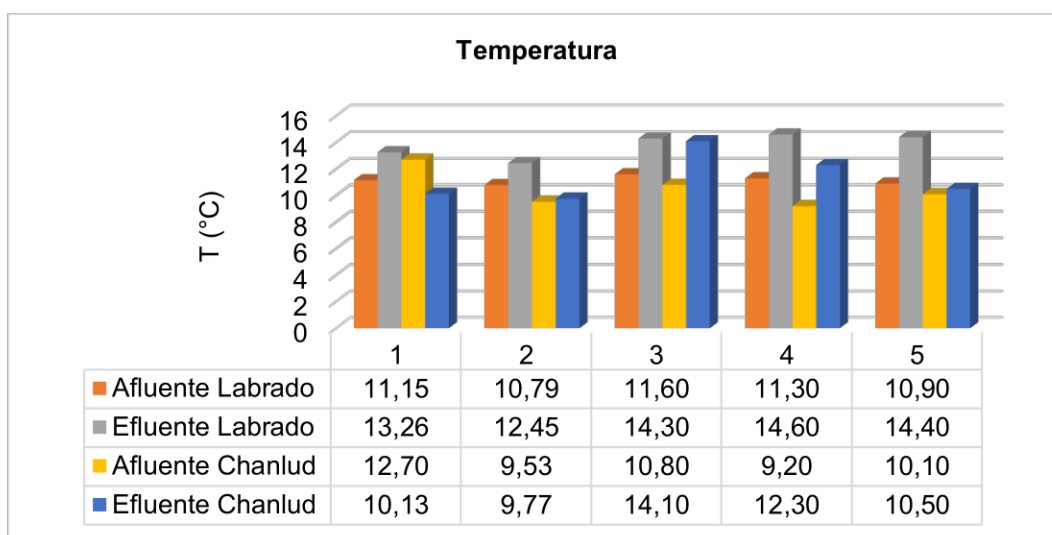
#### 4.1.3 Porcentaje de saturación de oxígeno



**Figura 11:** Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

El porcentaje de saturación de oxígeno presente en el agua como se puede observar en el Anexo 4, Según lo establecido por la norma de Calidad Ambiental del MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A (2015), en la tabla 2.- "Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces" los valores de oxígeno disuelto deben ser >80% de saturación de oxígeno, en los diferentes puntos de monitoreo estos valores en su mayoría son bajos, lo que pone en riesgo a los organismos acuáticos

#### 4.1.4 Temperatura

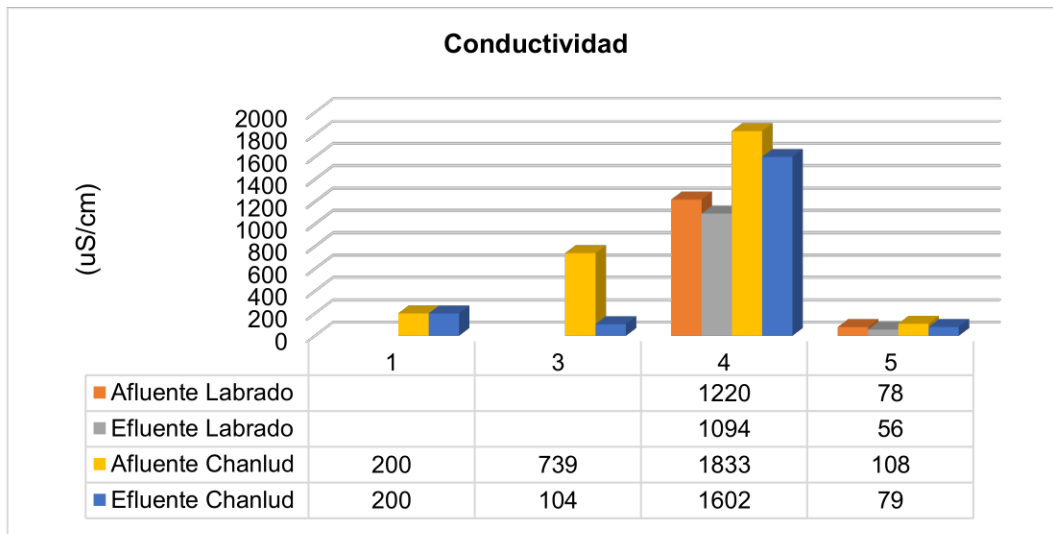


**Figura 11:** Monitoreo de la temperatura

La variable de temperatura es indispensable en el ecosistema acuático, puesto que influye en las condiciones físicas y químicas, la distribución de especies y en la presencia de macroinvertebrados. Este parámetro tiene afinidad con otros indicadores de calidad de agua, siendo estos: el pH, OD, conductividad y otras variables (Villejas, 2019).

Como se puede observar en los diferentes puntos monitoreados existen cambios de temperatura entre el afluente y el efluente de las represas, siendo evidenciable este aumento de temperatura en el efluente de la represa Labrado con respecto a su afluente, la cual podría deberse a la altitud, a la cobertura vegetal de la zona, la profundidad del cauce, la hora en que fueron tomados los datos, según lo descrito por Carrillo-Alvarado & Urgilés-Calle (2016) en su trabajo de investigación. Esta misma situación se puede evidenciar en la represa Chanlud.

#### 4.1.5 Conductividad



**Figura 12:** Monitoreo de la conductividad

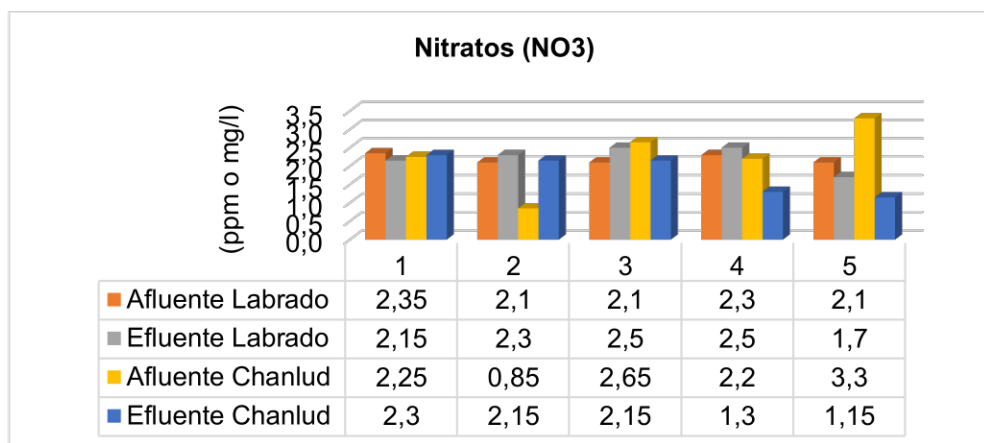
Como se puede observar en ambos puntos de monitoreo la conductividad es mayor en el afluente con respecto al efluente y esta variabilidad también cambia con respecto a la época seca en donde es baja y la época lluviosa donde es alta.

En el presente gráfico de conductividad eléctrica *in-situ* en la represa El Labrado solo se cuenta con el monitoreo 4 y 5, debido a errores de lectura en los primeros 3 monitoreos, de los valores obtenidos en este caso solo en la época de anegamiento se puede observar que en el monitoreo 4, tanto en el afluente como el efluente los resultados obtenidos se encuentra dentro del rango de 750-2000 con clasificación de permisible y en lo referente al monitoreo 5 al encontrarse en el rango de <250 se encuentra dentro de una clasificación excelente (Escandón & Cáceres, 2022).

Con respecto a la represa Chanlud en el monitoreo 1 se encuentra dentro de una clasificación excelente y no presenta variaciones entre su afluente y efluente, no se cuenta con el monitoreo 2 por errores de medición, en lo referente al monitoreo 3 el resultado del afluente se encuentra dentro de un rango bueno, en comparación con el efluente que presenta un rango de excelente, con respecto al monitoreo 4 los resultados se encuentran en un rango permisible y en el monitoreo 5 un rango excelente (Escandón & Cáceres, 2022).

## 4.2 Análisis de parámetros físico-químicos: laboratorio

### 4.2.1 Nitratos



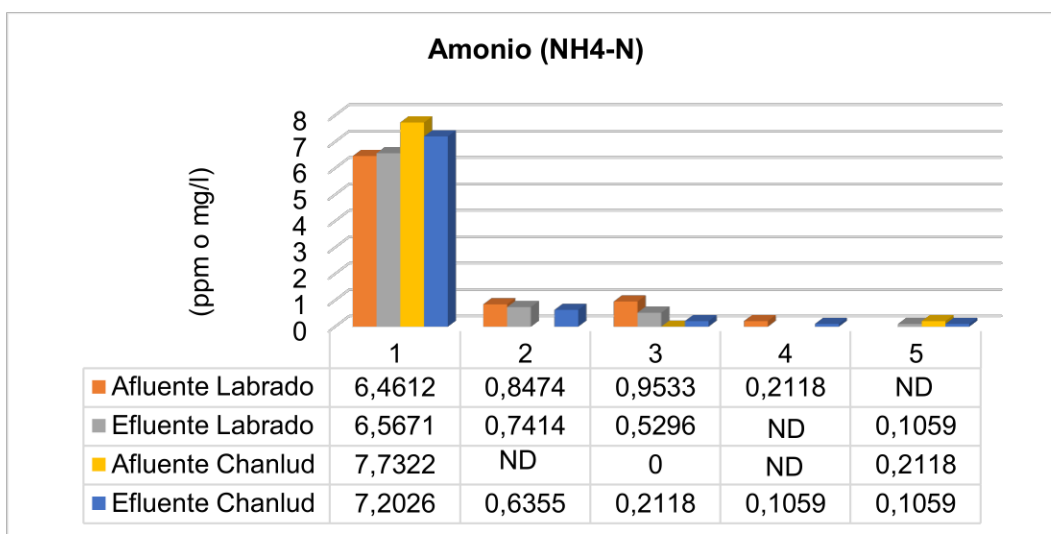
**Figura 13:** Monitoreo de Nitratos

Según (Curillo-Santos, 2017) la concentración de nitratos presente en el agua dulce se debe encontrar en el rango de 0,1 a 4 mg/L para ser aceptable, cuando se sobrepasa este valor es un nivel de alerta ante posible contaminación, por lo general las aguas superficiales tienen la capacidad de autodepuración y auto regeneración de forma natural, lo que ayuda a que se disminuyan estas cargas contaminantes (GREENPEACE, 2021).

En un trabajo de investigación realizado por Alomía & Chimbo (2014), en las dos represas en puntos cercanos a donde se tomaron las muestras, obtuvieron valores de nitratos de entre 4,5 a 0,44, encontrándose dentro del rango al igual que los valores obtenidos en el presente estudio.

Como se puede analizar los resultados obtenidos de nitratos en ambas represas no presentan valores superiores a 4 mg/l y no presentan diferencias significativas de concentración con respecto a la época de anegamiento y estiaje. Sin embargo, si existen variaciones con respecto al afluente y efluente en ambas represas, siendo estos valores más variables en la represa Chanlud.

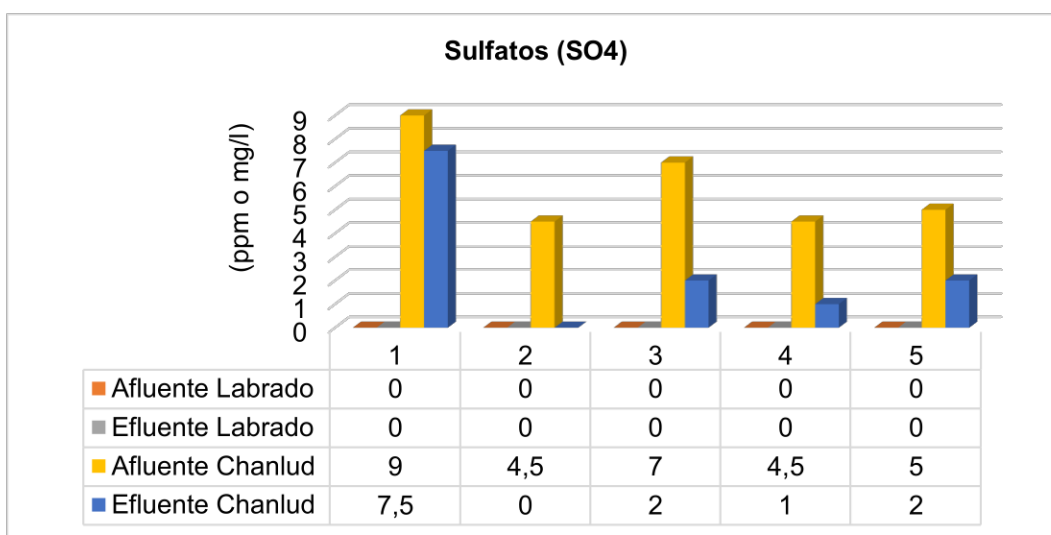
#### 4.2.2 Amonio



**Figura 14:** Monitoreo de amonio

Los límites máximos de concentración de amonio en un río no deben ser superiores a los 2mg/l para ser considerado de buena calidad (Quilumbaqui, 2017). Como se puede observar en el primer monitoreo este parámetro tiene una elevada concentración de amonio indicando contaminación en ambas represas razón por lo cual la cantidad de OD en los resultados del monitoreo 1 en la figura 10 es muy baja, esto se debe al proceso de nitrificación como ya se mencionó anteriormente. En lo referente al resto de los monitoreos este valor es bajo comparado con los límites máximos de concentración. Los resultados que tienen ND<sup>3</sup>, significan que la concentración es menor al límite de detección del método aplicado en el laboratorio.

#### 4.2.3 Sulfatos



**Figura 15:** Monitoreo de sulfatos

Por lo general los sulfatos se encuentra en cantidades variadas en el agua de forma natural pueden ser desde poco a varios miles de mg/L , producto del lavado y de la disolución parcial de formaciones

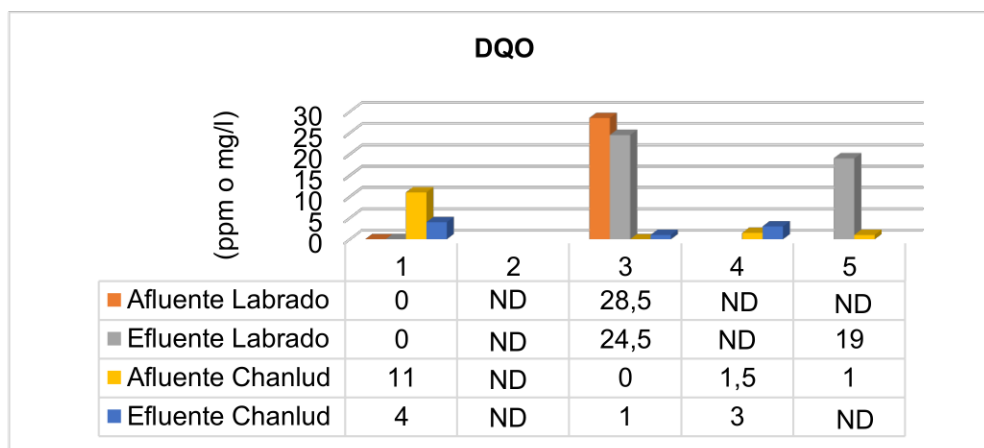
<sup>3</sup> No detectable

rocosas compuestas de yeso principalmente, aguas lluvia, su incremento puede deberse a actividades antrópicas, como desechos, vertidos industriales y depósitos atmosféricos (Bolaños et al., 2017; Huayavame, 2013; Severiche & González, 2012).

En cuerpos de aguas naturales la presencia de sulfato disuelto en el agua, suele variar de 2 mg/l a 80 mg/l (Wilson Beita, 2008). Altos niveles de sulfato pueden generar un sabor desagradable en aguas de consumo (ocasiona enfermedades en la población) y puede corroer tuberías (especialmente cobre). Según la OMS (2017), cuando la concentración sobrepasa los 250 mg/L el deterioro del sabor es variable, así mismo establece que aguas para consumo humano no deben superar los 500 mg/l, bajo este mismo criterio está asociada la Norma de Calidad ambiental del Ecuador en el Anexo 1 del Libro VI, también establece que los “Criterios de calidad de agua para riego agrícola” no debe superar los 250 mg/l (MAATE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Bajo estos criterios se puede observar que en la represa El Labrado tanto en el afluente como influente no presenta contaminación por este parámetro, en cambio en la represa Chanlud, si se presentan concentraciones de sulfatos siendo de 9 la mayor concentración y de 1 la menor, así mismo se puede observar que es mayor la concentración en el afluente con respecto al efluente y tienen valores diferentes en lo referente a la época de estiaje y anegamiento. Sin embargo, la cantidad presente de sulfatos se encuentran por debajo de los límites no presentando contaminación.

#### 4.2.4 DQO (Demanda Química de Oxígeno)



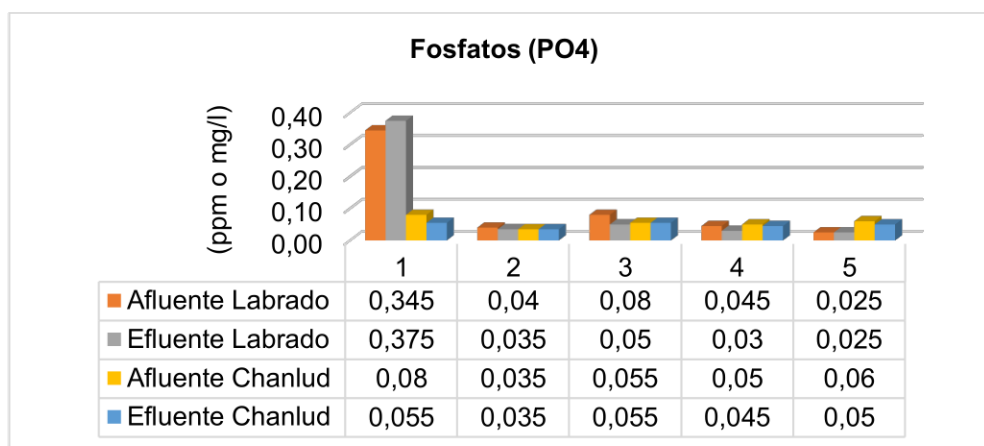
**Figura 16:** Monitoreo de DQO

Según Custodio et al. (2019), los cuerpos de agua natural no deben superar los 30 mg/l, como se puede observar en los primeros monitoreos en la época de estiaje en el afluente y efluente de la represa Labrado no superan este límite, para el monitoreo 3 en la época de anegamiento este es muy elevado en ambos puntos de monitoreo, siendo mayor en el afluente, lo que se podría decir que hay una concentración de materia orgánica oxidable en el agua en ambos puntos, encontrándose cercanos al valor limite, en cambio en las últimas dos fechas de monitoreos se presentan valores por debajo de lo establecido.

En el caso de Chanlud en la época de estiaje se presenta una considerable concentración siendo mayor en el afluente y en el resto de los monitoreos los valores son bajos, por lo que tampoco sobrepasa lo establecido.

Como ya se mencionó anteriormente las siglas ND en algunos resultados son porque se mantiene por debajo del límite de detección del método aplicado.

#### 4.2.5 Fosfatos



**Figura 17:** Monitoreo de fosfatos

Este parámetro en condiciones naturales se presenta en bajas concentraciones en el agua y al tener una sobrecarga de este compuesto ocasiona la muerte de diferentes organismos acuáticos. Este compuesto es producto del uso de detergentes y fertilizantes, que llegan al agua producto del escurrimiento de zonas agrícolas, residuos industriales y por las descargas de aguas residuales ( Yáñez-Flores, 2018; Cumbal-Imbaquingo & Ordoñez-Bustamante, 2023).

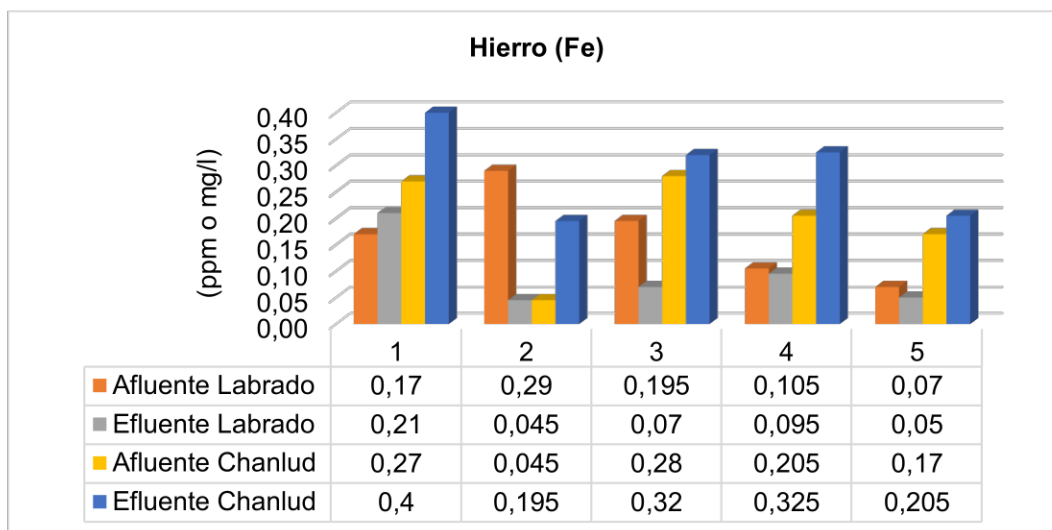
La cantidad de fosfatos en afluentes de aguas superficiales no deben presentar valores  $>0,05$  mg/L, ni valores  $>0,025$  mg/L para lagos o embalses (Carrera-Villacrés et al., 2018; Maza, 2017).

Como se puede observar en el monitoreo 1 del afluente Labrado los resultados obtenidos presentaron valores super mayores a 0,05, situación que ocasiona la presencia de algas en este cuerpo hídrico y esto era evidenciable en diferentes partes de las zonas de monitoreo, en el resto de los monitoreos son más bajos en comparación con el monitoreo 1, además se puede observar que existen concentraciones mayores en el afluente en comparación con el efluente de la represa.

En lo referente a la represa Chanlud en los monitoreos 1,3 y 5 este último en el afluente presenta valores por encima del límite, proceso que desataría el incremento de algas en las zonas de estudio, en el monitoreo 2 y 4, estos valores están con un mínimo de concentración, así mismo el valor es mayor en el afluente en comparación con el efluente. Alomía & Chimbo (2014), en su estudio también realizaron el análisis de fosfatos, obteniendo como resultado valores de entre 0,8 a 0,07, en mi caso se obtuvieron valores menores a este de 0,375 a 0,03.

En las dos áreas de monitoreo la presencia elevada de este parámetro, puede deberse a diversos factores, entre ellos pueden ser actividades de ganadería y agricultura que se realizan en zonas cercanas a los tributantes que alimentan a este cuerpo de agua. Razón por la cual la presencia de algas es evidente en las zonas de estudio.

#### 4.2.6 Hierro

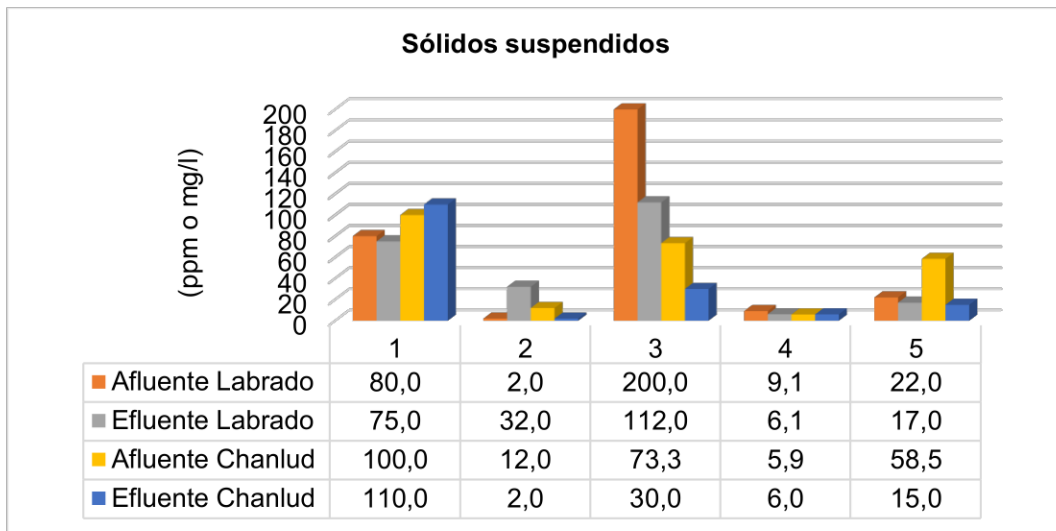


**Figura 18:** Monitoreo de Hierro

La concentración de hierro de forma natural se encuentra entre rangos de 0,5-50 mg/l en aguas superficiales, siendo su concentración media de 0,5 como consecuencia de la lixiviación de terrenos o contaminantes industriales, en aguas subterráneas este compuesto puede llegar hasta 10 mg/l, estos valores varían según la geología del terreno y las propiedades ambientales del mismo (García-Castro, 2022; Guamán & Méndez, 2017).

Escandón-Guachichilca & Cáceres-Vintimilla (2022), en su trabajo de investigación dice que valores superiores 0,30 mg/l generan malos olores en el agua producto del crecimiento de bacterias. Como podemos observar en los datos obtenidos en laboratorio este valor se llega a pasar en el efluente de la represa Chanlud en el monitoreo 1 y un poco en el monitoreo 4, el resto de valores se encuentra por debajo de este valor y el de la concentración media de este compuesto, por lo que se puede decir que no presenta contaminación por parte de este parámetro.

#### 4.2.7 Sólidos suspendidos



**Figura 19:** Monitoreo de sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos son poros de material particulado que miden más de 0,45  $\mu\text{m}$  y se mantienen en suspensión. La presencia elevada de este compuesto limita y reduce la entrada de luz en un cuerpo de agua, también puede desencadenar condiciones sépticas y ofensivas en el medio, por lo general su aumento se debe a diversos factores: la erosión natural de los suelos, procesos de arrastre y remoción del suelo, por vertidos industriales o domésticos, material del cauce, clima de la zona (precipitación), al uso, tipo y cobertura del suelo, periodos de muestreo, entre otros (Jaya, 2018; Yáñez-Flores, 2018).

Según Prat (2019), un río limpio debe tener valores  $<5$  mg/l de sólidos suspendidos y según SEMARNAT (2009), valores  $\leq 25$  mg/l son de muy buena calidad las aguas superficiales.

Como se puede visualizar los datos obtenidos en el monitoreo 1 y 3 de la represa labrado, estos valores superan el rango de 75 a 150 mg/l, según su clasificación estás son aguas superficiales con indicios de contaminación, en cambio el valor de 200 del monitoreo 3 en el afluente se encuentra en el rango de 150-400 mg/l con una clasificación de aguas superficiales de mala calidad por su alto contenido de material suspendido (SEMARNAT, 2009). El único valor menor se encuentra en el monitoreo 2 en el afluente el cual es un valor adecuado en este cuerpo de agua (Prat, 2019), en cambio el valor del afluente se encuentra entre el rango de 25-75 mg/l presentando aguas superficiales con una baja cantidad de sólidos suspendidos, en cambio el monitoreo 4 y 5, están por debajo del límite  $<25$  mg/l que indica muy buena calidad (SEMARNAT, 2009).

Para la represa Chanlud el monitoreo 1, ambos valores se encuentran entre el rango de 75-150 mg/l que son aguas aceptables con indicios de contaminación, en cambio el monitoreo 2 y 4 y el efluente del monitoreo 5, estos valores se sitúan por debajo del valor establecido  $<25$  mg/l que indica muy buena calidad, en cambio en el monitoreo 3 y 5 este último en el afluente, se encuentran entre el rango de 25-75 mg/l presentando aguas superficiales una baja cantidad de sólidos suspendidos.

Como se puede observar en la mayoría de los monitoreos es mayor la cantidad de sólidos suspendidos en el afluente con respecto al efluente. Su presencia se debe a la dinámica del cuerpo de agua, al material presente en el cauce, por la presencia de algas o la agitación del sedimento del fondo.

#### 4.3 Análisis de temperatura en la zona hiporreica:

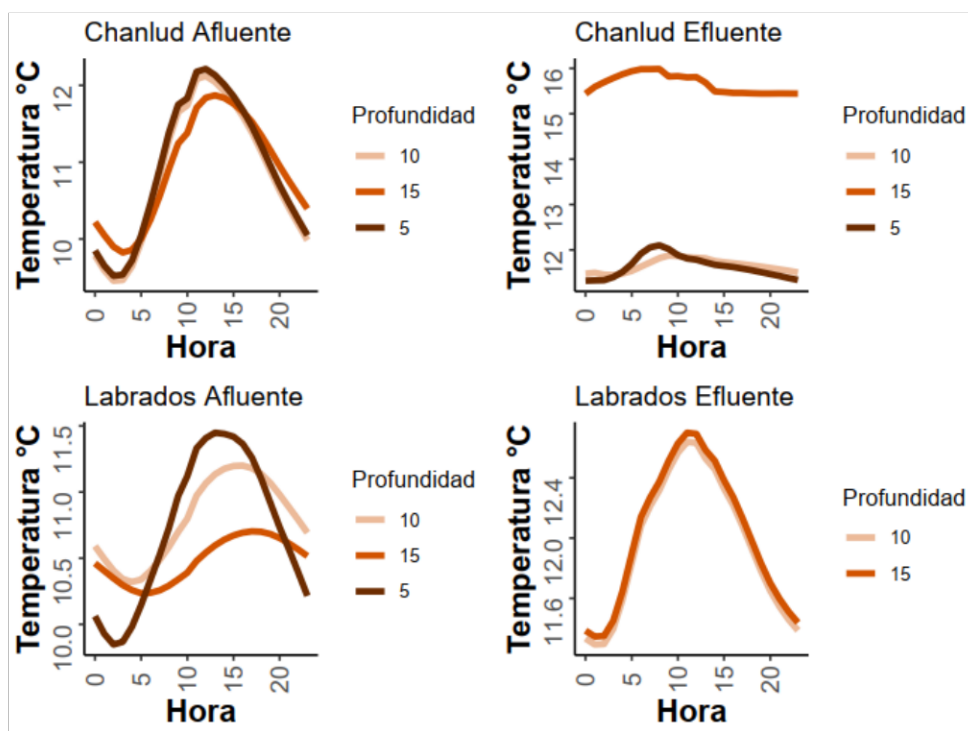


Figura 20: Temperatura de la zona hiporreica a diferente profundidad

En dos estudios diferentes se midieron las variaciones de temperatura entre el agua superficial y subterránea, utilizaron diferentes sensores para su monitoreo obteniendo como deducción que a diferente profundidad existe un mínimo de variación de a diferentes profundidades, en otro caso observaron que el agua subterránea presenta un retraso de respuesta de temperatura siendo más lenta ante los cambios que se presentan en el ambiente a través de la zona hiporreica y en otro caso de estudio pudieron evidenciar que la temperatura varía con respecto a la profundidad, solo este cambio es evidenciable cuando el nivel del río crece, además que las variaciones repentinas de la temperatura aumentan debido al proceso de recarga de las aguas superficiales (Puerto Sosa, 2020; Torres-Alvez & Urgilez-Vinueza, 2017).

Como es evidente en la figura 21, el afluente de la represa Chanlud presenta una mínima variación de temperatura a diferentes profundidades durante las 24h del día, presentando un comportamiento casi similar a los 5 cm (superficial) y 10 cm (zona hiporreica) de profundidad, en cambio a los 15 cm (subterránea) de profundidad durante la primeras horas (0-5 h) del día presenta 2°C más con respecto a las otras profundidades, en cambio de 5am a 15 pm estas temperaturas disminuyen significativamente y de 16pm-12 pm existe otro pequeño aumento de temperatura. Con respecto al efluente de la represa Chanlud se puede observar que casi tienen un comportamiento similar entre los 5 y 10 cm, pero con respecto a los 15cm esta se eleva en gran medida presentando mayor temperatura en el agua subterránea. Entre el afluente y efluente de la represa se puede observar que se encuentran entre el mismo rango de temperatura, la única variación se presenta a los 15 cm en el efluente.

En cambio, en la represa Labrado en el afluente es lo contrario a la represa Chanlud, en este caso la temperatura es baja a la profundidad de 5cm (0-5 horas), de 5-15 hora aumenta y de 16-23 disminuye con respecto a las demás profundidades, en cambio las profundidades de 10 y 15 cm (0-5 horas) entre ellas varia en un mínimo y después de 5-23horas la de 10cm de profundidad aumenta con respecto a la profundidad de 15 cm. En lo referente al afluente el sensor presento fallas a una profundidad razón por la cual solo se cuenta con dos profundidades las cuales tienen el mismo comportamiento variando con un mínimo la temperatura, en lo referente a la hora esta temperatura aumenta en gran medida de 5 a 20 horas y disminuye para adelante.

Estás variaciones de temperatura pudieron presentarse por diversos factores, la morfología de la zona es estudio, la cubierta vegetal, la infiltración de aguas subterráneas, la altura, la temperatura ambiente, precipitaciones entre otros factores.

Uno de las principales variables que condicionan la presencia o ausencia de la fauna hiporreica es el parámetro de temperatura debido a que su incremento o disminución puede alterar la fisiología, el comportamiento y por lo tanto la distribución de los macroinvertebrados, en la época de anegamiento se observa una mayor diversidad de macroinvertebrados en la zona hiporreica en comparación con la época seca, debido a que hay una mayor interacción entre el ambiente superficial y la zona hiporreica, por el incremento del caudal circundante, esta situación supone una mayor renovación de las aguas y por lo tanto la introducción de especies bentónicas de la zona superficial, razón por la cual los macroinvertebrados bentónicos utilizan la zona hiporreica como una zona de refugio (Rasines-Ladero, 2017). En el Anexo 7 se puede evidenciar que hubo mayor diversidad y cantidad de macroinvertebrados en la época de anegamiento, tanto en los afluentes como efluentes de la represa El Labrado y Chanlud.

El presente monitoreo fue realizado solo en la época de anegamiento.

#### 4.4 Identificación de macroinvertebrados acuáticos por familia

##### 4.4.1 Macroinvertebrados bentónicos de la represa Labrado y Chanlud

**Tabla 13:** Clasificación de macroinvertebrados acuáticos por familia - Represa Labrado

AFLUENTE LABRADO		EFLUENTE LABRADO	
CLASE	Familia	CLASE	Familia
	ANOMALOPSYCHIDAE		ANOMALOPSYCHIDAE
	BAETIDAE		BAETIDAE
	BLEPHARICERIDAE		BLEPHARICERIDAE
	CERATOPOGONIDAE		CERATOPOGONIDAE
	CHIRONOMIDAE		CHIRONOMIDAE
	COENAGRIONIDAE		COENAGRIONIDAE
	DUGESIIDAE		DUGESIIDAE
	ELMIDAE		ELMIDAE
	EPHYDRIDAE		EMPIDIDAE
	GORDIIDAE		GLOSSIPHONIIDAE
	GRIPOPTERYGIDAE		GORDIIDAE
	HYALELLIDAE		HYALELLIDAE
	HYDROBIOSIDAE		HYDROBIOSIDAE
	LEPTOPHLEBIIDAE		HYDROPSYCHIDAE
	LIMONIIDAE		HYDROPTILIDAE
	LYMNAEIDAE		LEPTOCERIDAE
	PERLIDAE		LEPTOPHLEBIIDAE
	SCIRTIDAE		LIBELLULIDAE
	SIMULIIDAE		PERLIDAE
	SPHAERIIDAE		SIMULIIDAE

	STAPHYLINIDAE		TIPULIDAE
	STRATIOMYIDAE	OLIGOCHAETA	
	TIPULIDAE	TROMBIDIFORMES	
OLIGOCHAETA			
TROMBIDIFORMES			

En la represa Labrado las familias más representativas en ambos puntos de estudio fueron los: Chironomidae (A.L-14,42%; E.L-34,42%), Hyalellidae (A.L-9,33%; E.L-27,95%) y la clase Oligochaeta (A.L-29,17%; E.L-10,37%) en ambas épocas (estiaje y anegamiento). Así mismo en el afluente aparte de las ya mencionadas las familias, Leptophlebiidae (18,42) y Elmidae (9,67%) también fueron las más representativas en este punto de estudio, en cambio en el efluente fue la familia Simuliidae (12,55%) aparte de los ya mencionados al principio.

**Tabla 14:** Clasificación de macroinvertebrados acuáticos por familia - Represa Chanlud

AFLUENTE CHANLUD		EFLUENTE CHANLUD	
CLASE	Familia	CLASE	Familia
	ANOMALOPSYCHIDAE		ANOMALOPSYCHIDAE
	BAETIDAE		BLEPHARICERIDAE
	BLEPHARICERIDAE		CHIRONOMIDAE
	CERATOPOGONIDAE		COENAGRIONIDAE
	CHIRONOMIDAE		ELMIDAE
	COENAGRIONIDAE		GLOSSIPHONIIDAE
	ECNOMIDAE		GOMPHIDAE
	ELMIDAE		HYDROBYOSIDAE
	EMPIDIDAE		LEPTOHYPHIDAE
	GOMPHIDAE		LEPTOPHLEBIIDAE
	HYALELLIDAE		PERLIDAE
	HYDROBIOSIDAE		SIMULIIDAE
	HYDROPTILIDAE		STAPHYLINIDAE
	LEPTOHYPHIDAE		TABANIDAE
	LEPTOPHLEBIIDAE		TIPULIDAE
	LIMONIIDAE	OLIGOCHAETA	
	PERLIDAE		
	POLYCENTROPODIDAE		
	SIMULIIDAE		
	STAPHYLINIDAE		
	STRATIOMYIDAE		
	TIPULIDAE		
OLIGOCHAETA			
TROMBIDIFORMES			

En la represa Chanlud en ambos puntos de estudio y ambas épocas los macroinvertebrados más representativos fueron la familia Chironomidae (A.CH-19,90%; E.CH-30,70%) y la clase Oligochaeta (A.CH-23,57%; E.CH-40,51%). Aparte de los ya mencionados, en el afluente las otras familias más representativas fueron Elmidae (20,53%) y Perlidae (6,97%) y en el efluente solo la familia Simuliidae (23,73%).

En ambas represas los macroinvertebrados que más se encontraron fueron oligochaeta y chironomidae.

Tomando en cuenta esta información, se lo comparó, con los datos proporcionados por Alomía & Chimbo (2014), en la microcuenca del Machángara en lugares parecidos donde se realizó el monitoreo, en este caso ellos establecieron que los Ephemeropteros (Baetidae, Leptophlebiidae y

Leptohyphidae) aparecen en todo el año en porcentajes bajos, en este caso solo aparecieron en dos monitoreos de los 5 realizados en diferentes meses y en bajas cantidades, también observaron que los Plecoptera (Gripopterygidae y Perlidae) aparecen en pequeños porcentajes siendo coincidente esta información, al igual con los datos obtenidos del orden de los Dipteros (Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Stratiomyidae, Blepharoceridae, Tipulidae, etc.), se encuentran entre un 35 y 25%; en el caso de Coleopteros (Elmidae, Scirtidae, Staphylinidae, Hydrophilidae, etc.) estos se encontraron solo en épocas lluviosas, en el presente análisis la familia Elmidae se encontró en ambas épocas, la familia Staphylinidae y Scirtidae si se encontraron en su mayoría en época lluviosa; también capturaron especímenes del orden Odonata (Coenagrionidae) en meses donde la temperatura aumenta, en este caso se encontró en ambas épocas siendo la mayor cantidad de organismos presentes en la época lluviosa. También observaron que entre el 20 y 10% de individuos colectados fueron de la familia Hyallelidae, esta información también se encuentra entre ese rango, sin embargo, en su estudio dicen que los órdenes como Oligochaeta, Dugesia (Dugesiidae) y Glossiphoniformes, se encuentran presentes todo el año, pero en pequeñas cantidades, en este caso el orden oligochaeta fue el que más individuos presentó en ambos puntos de estudio con excepción del efluente Labrado que representa un 10% por debajo de dos familias, en cambio la familia Dugesiidae solo se encontró en pequeñas cantidades en ambos puntos de monitoreo de la represa Labrado.

#### 4.5 Comparación de la diversidad de macroinvertebrados

##### 4.5.1 Índices de riqueza y abundancia

Tabla 15: Valores de riqueza y abundancia

	Riqueza	Abundancia
Afluente Labrado	25	1200
Efluente Labrado	23	919
Afluente Chanlud	24	789
Efluente Chanlud	16	633

##### m. Índice de Margalef

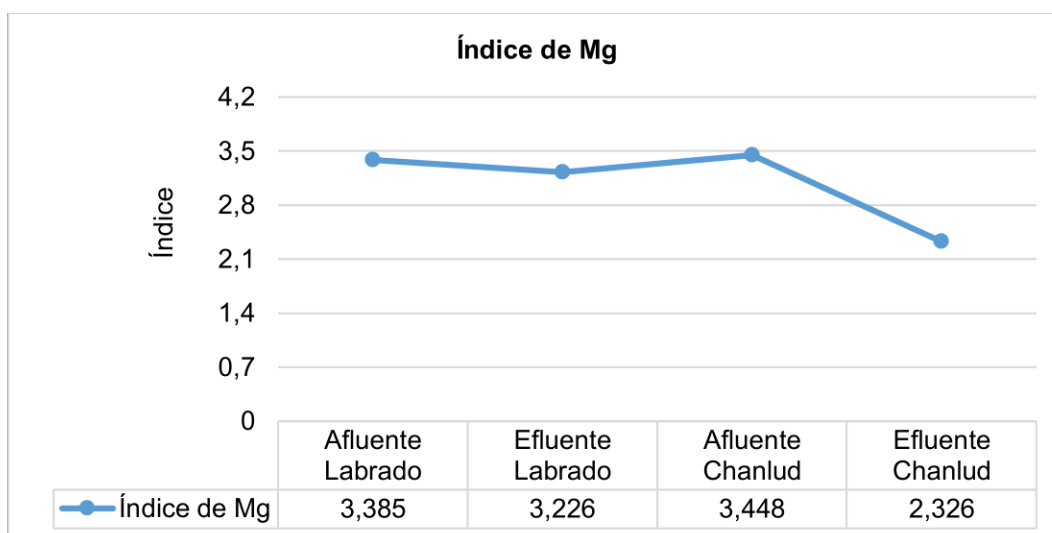
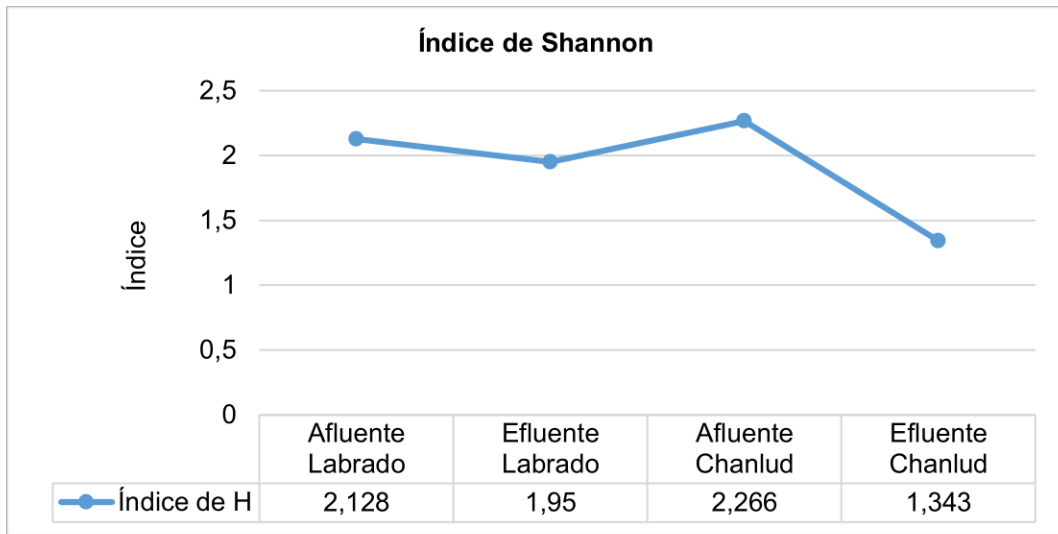


Figura 21: Resultados del índice de Margalef

El índice de Margalef permite medir la riqueza de familias en función de los organismos existentes dentro de una muestra, valores <2 indican una baja diversidad, entre 2 a 3,5 corresponden a una diversidad media y >5 indican diversidad alta (Medrano-Meraz et al., 2017), al analizar los diferentes

puntos de monitoreo tanto en el afluente como en el efluente de ambas represas se encuentran en el rango de diversidad media.

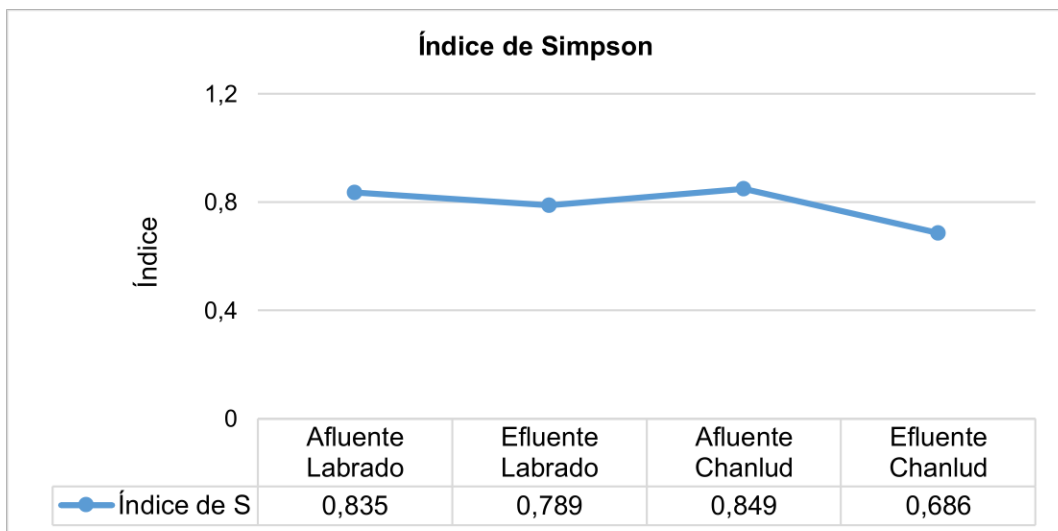
**n. Índice de Shannon**



**Figura 22:** Resultados del índice de Shannon

El índice de Shannon permite conocer la diversidad específica de cada zona de estudio, valores dentro del rango de 0 a 1,5 tienen la interpretación de diversidad baja, de 1,6 a 3 media y de 3,1 a 4,5 alta. Como se puede observar los dos afluentes de ambas represas y el efluente de la represa Labrado se encuentran dentro del rango de diversidad media, en cambio el efluente de la represa Chanlud se encuentra en la clasificación de diversidad baja (Escandón-Guachichilca & Cáceres-Vintimilla, 2022).

**o. Índice de Simpson**



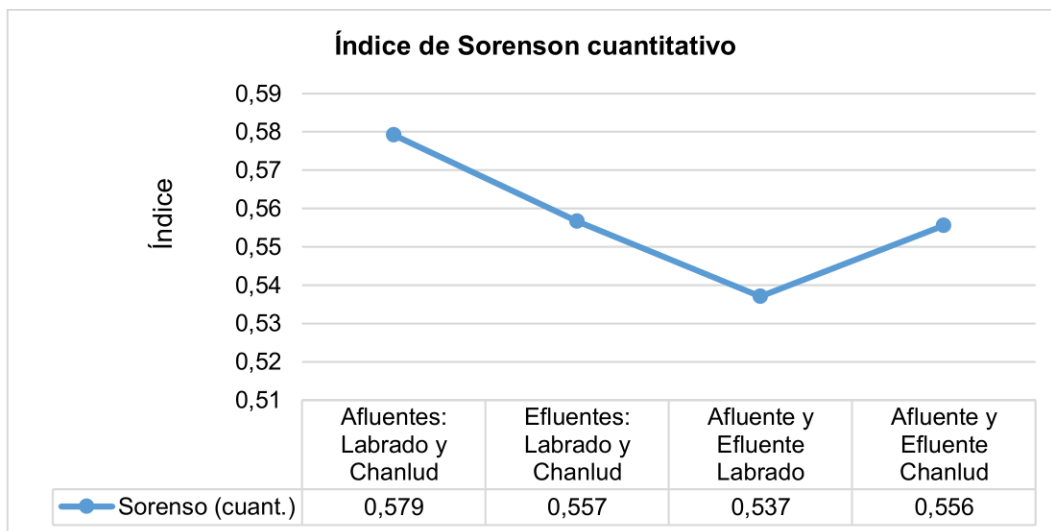
**Figura 23:** Resultados del índice de Simpson

El índice de Simpson demuestra la probabilidad de que dos organismos de una muestra al azar correspondan a una misma especie, se ve influenciado por las especies más abundantes y que son menos sensibles, valores dentro del rango de 0,76 a 1 corresponde a la interpretación de diversidad alta, al analizar los 4 puntos de monitoreo se observa que todos ellos se encuentran dentro de este

rango, siendo mayor con decimales los afluentes de ambas represas con respecto a sus efluentes (Escandón-Guachichilca & Cáceres-Vintimilla, 2022).

#### 4.5.2 Similitud/ disimilitud

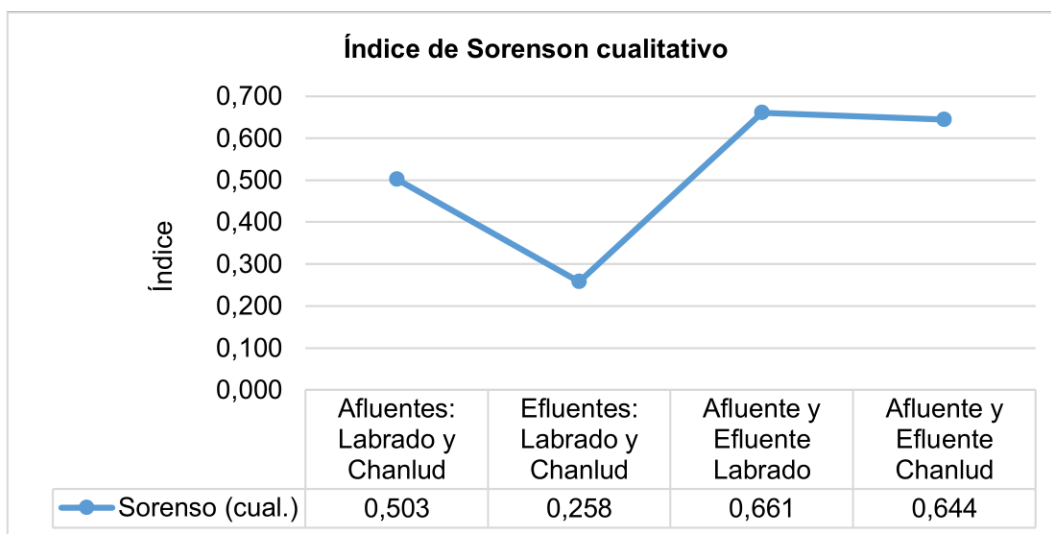
##### p. Índice de Sorenson cuantitativo



**Figura 24:** Resultados del índice de Sorenson cuantitativo

El índice de Sorenson cuantitativo permite reflejar la semejanza que existe entre dos muestras, este índice considera la composición de especies y su abundancia, valor de 1 indica similitud completa y valores de 0 indican que no tienen especies en común, como se puede observar se comparó de varias formas las diferentes muestras obtenidas, siendo estas entre afluentes y efluentes de ambos sitios de estudio o entre afluente y efluente del mismo sitio de estudio, al encontrarse entre un valor intermedio se podría deducir que si presentan similitudes con respecto a la cantidad de especies de las muestras pero es media (Lagos, 2021; Martella et al., 2012).

##### q. Índice de Sorenson cualitativo



**Figura 25:** Resultados del índice de Sorenson cualitativo

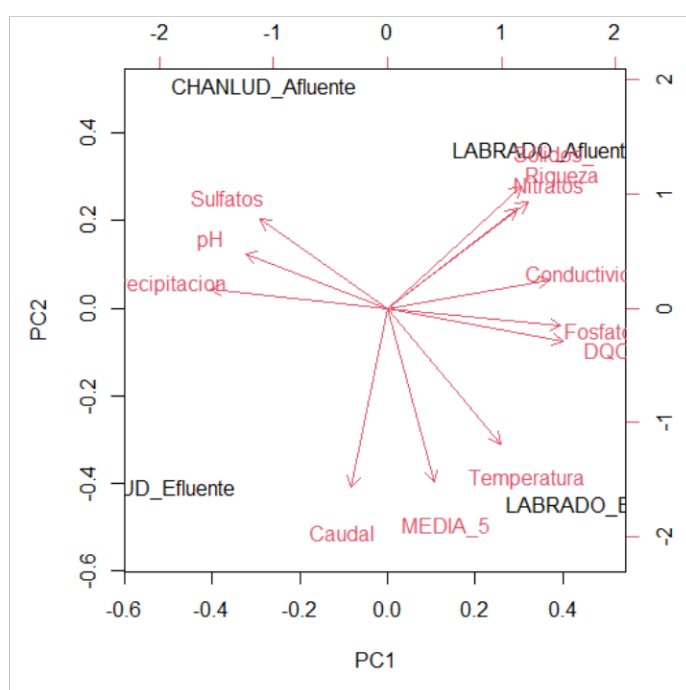
El índice de Sorenson cualitativo relaciona el número de especies que comparten ambas muestras con su media aritmética, valor de 1 indica similitud completa y valores de 0 indican que no tienen

nada de especies en común, como se puede observar el valor entre los afluentes de ambas represas se encuentra en un valor medio lo que se podría decir que presentan una mediana similitud entre ambas comunidades, en cambio en los efluentes se tiene como resultado un valor bajo siendo casi nula las especies en común entre estos sitios de estudio, en cambio para la relación entre el afluente con el efluente de cada una de las represas se encuentran también con similitud media entre algunas especies de ambas comunidades (Lagos, 2021; Martella et al., 2012).

#### 4.6 Relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona hiporreica

Para hallar la relación de los parámetros físicoquímicos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) en función de la riqueza de especies de las diferentes zonas de estudio y también un análisis de correspondencia canónica en función de su abundancia.

##### 4.6.1 Análisis de componentes principales: Primer componente



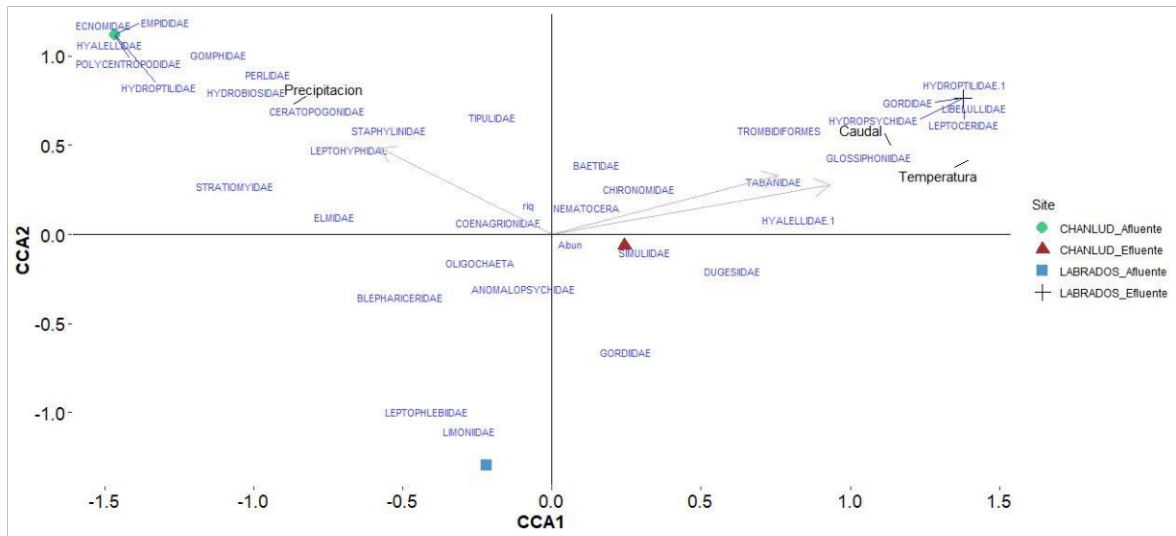
**Figura 26:** PCA, relación de los parámetros físico-químicos con los puntos de monitoreo.

El PCA ayuda a describir en función de las variables como se comportan los datos mediante la reducción de variables, por lo cual se realizó un análisis estadístico de PC1 (primer componente) al 56% de mis datos (Fernández, 2022), del cual se pudo obtener la siguiente información: En el afluente Labrado las variables físico-químicas que más influyen en este punto de estudio, son los sólidos suspendidos, nitratos y la conductividad en bajas cantidades representando una mayor riqueza de especies, en cambio en el efluente Labrado las variables que se relacionan para que haya mayor riqueza de especies son la temperatura superficial, la temperatura hiporreica (media\_5) y el caudal, en cambio en el afluente Chanlud influyen los sulfatos, pH y la precipitación, en cambio en el efluente al tener un comportamiento inusual no hay variables que influyan en esta zona, esto puede ser por diversos factores en la zona de estudio, dentro del cual se encuentra la cobertura y geología del terreno, la baja profundidad del agua, además de ser un sitio de difícil acceso, puesto que el punto de monitoreo se encuentra en un sitio encañonado.

En diversos estudios cada punto que analizaron presentarán diversas variables físico-químicas que influyan en la diversidad de los bioindicadores de calidad del agua aplicando el PCA, siendo estas variables: temperatura, conductividad, caudal, sólidos disueltos totales, pH, salinidad y oxígeno

disuelto. Y otros como la altura, la cobertura vegetal, el tipo sustrato, entre otros (Ávila et al., 2015; Barrios et al., 2015; Gómez et al., 2017; Guerrero et al., 2021).

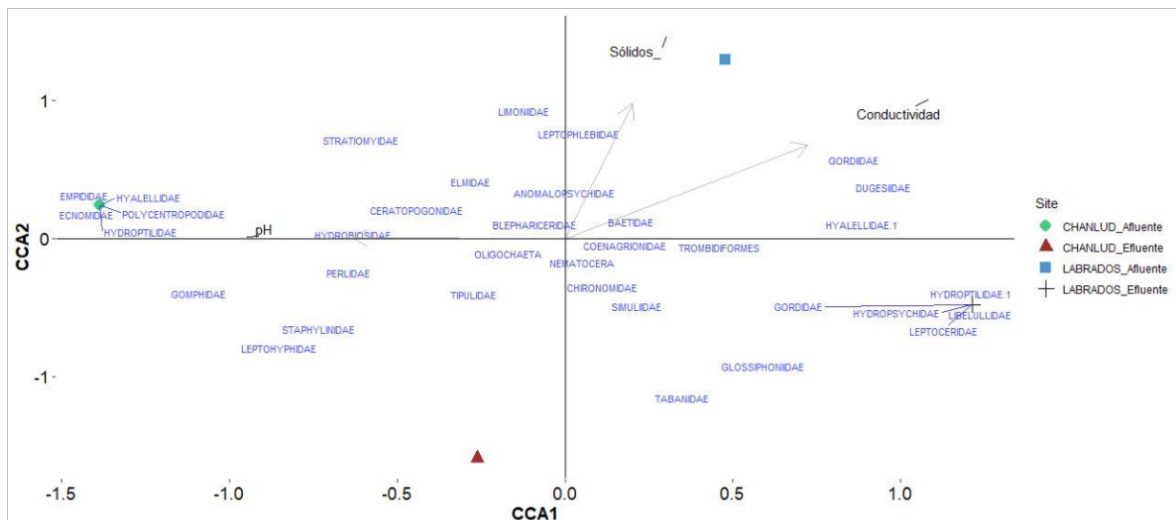
#### 4.6.2 Análisis de correspondencia canónica (CCA)



**Figura 27:** CCA, muestra la relación entre los parámetros físico-químicos (caudal, temperatura y precipitación) sobre la diversidad de macroinvertebrados.

Como se puede observar en la figura 28, el eje 1 se asocia de forma positiva la relación entre el efluente Labrado con el caudal y la temperatura encontrándose presente a las familias Gordidae, Glossiphonidae, Hidroptilidae, Hydropsichidae, Leptoceridae y Libellulidae, las cuales son las más representativas cuando estos parámetros aumentan, en cambio, el afluente Labrado tiene una correlación negativa con respecto a estos parámetros, siendo las familias más representativas Leptophlebidae y Limoniidae cuando estos disminuyen y al no tener muchas variables que influyan en el efluente Chanlud, la familia Tabanidae se encuentra correlacionada entre el caudal y la temperatura cuando estos factores son más o menos bajos.

El eje 2 tiene una correlación positiva en el afluente Chanlud con una precipitación, las familias Ceratopogonidae, Ecnomidae, Empididae, Hyalellidae, Hydroptilidae y Polycentropodidae, se encontrarán cuando la precipitación este entre 0 a 8,5, en cambio, la familia Simuliidae del efluente Chanlud tiene una correlación negativa con la precipitación encontrándose una gran abundancia cuando la precipitación es de 8,5 mm.



**Figura 28:** CCA, muestra la relación entre los parámetros físico-químicos (pH, conductividad y sólidos disueltos) sobre la diversidad de macroinvertebrados.

Como se puede observar en la figura 29, en el primer eje los parámetros de sólidos suspendidos y conductividad son los que se correlacionan de forma positiva con las familias de macroinvertebrados Blephariceridae, Anomalopsychidae, Leptophlebiidae y Baetidae en el afluente Labrado, dando a entender que estos grupos taxonómicos se encuentran presentes y en abundancia cuando los sólidos suspendidos aumentan y la conductividad disminuye, también estos parámetros se correlacionan de forma negativa con el efluente de Chanlud, siendo un punto independiente ante estos parámetros al encontrarse de forma alejada del eje central y de las familias.

En el segundo eje, el pH es el parámetro que se relaciona de forma positiva con las familias de macroinvertebrados Ecnomidae, Hyallellidae, Hydroptilidae y Polycentropodidae del afluente Chanlud ejerciendo una gran influencia para su presencia, los cuales se encuentran en esta zona de estudio cuando el pH se encuentra por debajo de 7 con excepción de la familia Empididae que se encuentra en un pH>7, casi la misma situación sucede con el efluente de Labrado, el cual tienen una correlación negativa con este parámetro, sin embargo también presenta una alta influencia con la presencia de las siguientes especies Gordidae, Hydropsichidae, Hydroptilidae, Libellulidae y Leptoceridae en la zona de estudio.

Diversos autores destacan que los factores físicoquímicos determinantes sobre la distribución de los macroinvertebrados en el agua son el pH, la conductividad, sólidos disueltos, el oxígeno disuelto y la temperatura (Morelli & Verdi, 2014; Rasínes Ladero, 2017; Peña-Perea et al., 2019). Esto es evidenciable en los CCA con excepción del oxígeno disuelto.

#### 4.7 Calidad del agua: Índices bióticos

**Tabla 16:** Resultados de los índices bióticos de calidad de agua

LUGAR	ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA									
	Estiaje					Anegamiento				
	M1		M2		M3		M4		M5	
	BMWP/Col	AB I	BMWP/Col	AB I	BMWP/Col	AB I	BMWP/Col	AB I	BMWP/Col	AB I
AFLUENTE LABRADO	103	86	83	66	120	87	41	40	72	68
EFLUENTE LABRADO	59	55	66	55	68	54	100	83	41	30
AFLUENTE CHANLUD	85	71	77	63	111	97	69	64	85	71
EFLUENTE CHANLUD	38	36	18	17	64	59	10	9	13	13

Puntaje de BMWP/Col.		Puntaje de Índice Biótico Andino	
Índice BMWP/Col.	Calidad de agua	Índice ABI	Calidad de agua
101-120	Aguas muy limpias	<96	Muy buena
61-100	Aguas ligeramente contaminadas	57/96	Buena
36-60	Aguas moderadamente contaminadas	35/56	Regular
16-35	Aguas muy contaminadas	<35	Malo
<15	Aguas fuertemente contaminadas		

Los puntajes de BMWP/Col en el afluente Labrado van de 120 que presenta una calidad de aguas muy limpias a 41 una calidad de aguas moderadamente contaminadas con un valor intermedio de 72 que presenta una calidad de aguas ligeramente contaminadas. En cambio, en el efluente estos

valores van de 100 que se encuentra la categoría de calidad de aguas ligeramente contaminadas a 41 que son aguas moderadamente contaminadas.

Para la represa Chanlud el índice BMWP/Col., en su afluente el resultado más alto es de 111 el cual se encuentra en un rango de calidad de aguas muy limpias, a un resultado de 63 que está en la clasificación de calidad de aguas ligeramente contaminadas. En cambio, para el afluente Chanlud, el resultado más alto tiene un valor de 64 el cual se encuentra en un rango de aguas ligeramente contaminadas con un valor intermedio de 38 que está en el la categoría de aguas moderadamente contaminadas y un valor bajo de 9 que presenta una calidad de aguas fuertemente contaminadas.

En lo referente al índice ABI, en el afluente Labrado 4 de los 5 monitoreos se sitúa en la de clasificación de calidad de buena, en cambio el monitoreo 4 se encuentra en el rango de calidad de agua regular, en cambio en el efluente de la represa el valor mayor de 83 se encuentra en el rango de calidad de agua buena, con resultados intermedios de 54 y 55 que representa una calidad de agua regular y un valor bajo de 30 que presenta una calidad de agua mala.

Para la represa Chanlud el índice ABI, en su afluente el resultado mayor de 97 presenta una calidad de agua muy buena y los valores entre 63 y 85, están en un rango de calidad buena. En cambio, para el efluente el valor más alto es de 59 que representa una calidad de agua buena, con un valor intermedio de 36 que se encuentra en un rango regular y valores de 17 a 9 que presentan una calidad de agua mala.

Los puntajes obtenidos de BMWP en el estudio de Alomía & Chimbo (2014) en la subcuenca alta del río Machángara se encuentra en el rango de aguas moderadamente contaminadas, en este caso en la mayoría de puntos monitoreados presentan una calidad de agua ligeramente contaminadas con excepción del efluente Chanlud que en su mayoría tiene una calidad de agua fuertemente contaminada.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

Dentro de los parámetros físico-químicos *in-situ* los niveles de pH, tanto en la época de estiaje y anegamiento se encuentra dentro del rango de valores que deben presentar las aguas naturales; el oxígeno disuelto presentó condiciones de hipoxia en los dos primeros monitoreos (época de estiaje) y en el monitoreo 5 en el afluente de labrado (época de lluvia), en el monitoreo 3 no se cuenta con datos en la represa por errores de lectura, pero si se cuenta para la represa Chanlud y también en el monitoreo 5 de la represa labrado, estos resultados presentaron una condición aceptable en las zonas de estudio; en lo referente al parámetro de temperatura en ambas épocas se presentan grandes variaciones de temperatura que van de menos a más o de más a menos, siendo este incremento en el efluente de ambas represas en comparación con su afluente; el parámetro de conductividad presentó distintas variaciones tanto en la época de estiaje como de anegamiento encontrándose en 2 rangos: excelente (<250) y permisible (750 a 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Siendo los valores mas altos en la época de anegamiento en el monitoreo 4.

Dentro de los parámetros físico-químicos en laboratorio, el valor de los nitratos en los 4 puntos de monitoreo no supera los 25 mg/l, por lo tanto, se encuentran dentro del rango óptimo de concentración en aguas superficiales; el amonio en un río no debe superar los 2 mg/l, el primer monitoreo presenta valores muy altos presentando contaminación en ambas zonas de estudio en la época de estiaje y en el resto de monitoreos este parámetro se encuentra por debajo del límite; en lo referente a los sulfatos los cuerpos de agua naturales suelen variar de 2 a 80 mg/l, los valores obtenidos en los puntos de estudio se encuentra dentro de este rango por lo que no presenta contaminación; el DQO para que sea el óptimo no debe superar los 30 mg/l encontrándose por debajo de este límite los valores obtenidos en los 4 puntos de estudio; en cambio el valor de los fosfatos en el agua no debe presentar valores >0,05, en el monitoreo 1 sobrepasan este límite principalmente en los puntos de monitoreo de la represa labrado en la época de estiaje, en el resto de monitoreos se encuentran por debajo o sobrepasan el límite por un mínimo, la presencias de este compuesto en altas concentraciones puede acrecentar el crecimiento de algas en los cuerpos de agua; la concentración de hierro en aguas superficiales deben encontrarse de 0,5 a 50 mg/l, en todos los puntos monitoreados estos valores se encuentran por debajo del 0,5 siendo un valor óptimo; y en lo referente a sólidos suspendidos un río limpio debe tener valore <5mg/l o según SEMARNAT (2009) valores  $\leq 25$  mg/l, los diferentes resultados obtenidos en su mayoría presentan valores mayores a lo establecidos, presentando indicios de contaminación y en otros bajo contenido de sólidos suspendidos.

En lo referente al análisis de la zona hiporreica, solo se tuvieron resultados de su comportamiento en la época de anegamiento por diversas situaciones, en lo que respecta al fuente Chanlud se presentaron variaciones mínimas en las diferentes profundidades, para el efluente Chanlud se tuvo un comportamiento similar a la profundidad de 5 y 10 cm, para los 15 cm la temperatura tuvo un gran aumento de temperatura en comparación con la zona superficial; en el afluente Labrado la

temperatura tuvo diferentes comportamientos de 0 a 5 horas la de 5 cm de profundidad de baja en comparación con la de 10 y 5 cm, de 5 a 18 h este comportamiento cambio, el de 5 cm de profundidad incrementó y el de 10 y 15 cm bajo de 18 a 24 h este comportamiento volvió a ser igual al primero, para el efluente solo se tuvieron resultados de dos profundidades por errores de lectura presentando el mismo comportamiento pero con un mínimo de elevación de temperatura. La temperatura de la zona hiporreica es uno de los principales factores que condicionan la distribución de organismos, y esto se debe a la interacción que existe entre el ambiente superficial y subterráneo.

En el presente estudio se tuvo un total de 56 familias, 31 familias se encontraron entre el afluente y efluente de la represa labrado y 25 familias entre el afluente y efluente de la represa Chanlud. La zona de monitoreo con mayor abundancia fue el afluente Labrado con un total de 1200 individuos y con una riqueza de 25 especies. En todos los puntos monitoreados, el monitoreo 3 fue donde se recolectó mayor cantidad de individuos y mayor cantidad de especies. Además, realizando una sumatoria total en los cuatro puntos monitoreados se presentó mayor abundancia de macros en la época lluviosa en la zona hiporreica, lo que demuestra que está al ser una zona de transición entre el agua subterránea y superficial actúa como un refugio para la fauna bentónica.

Las familias más representativas en el afluente Labrado son: Oligochaeta (350), Leptophlebiidae (221), Chironomidae (173), Elmidae (116) y Hyalellidae (112); en el efluente Labrado las familias más representativas fueron: Chironomidae (297), Hyalellidae (256) y Simuliidae (115); en cambio en el afluente Chanlud las familias más representativas fueron: Oligochaeta (186), Elmidae (162), y Chironomidae (157) y para el afluente fueron: Oligochaeta (256), Chironomidae (194) y Simulidae (150).

También se efectuó el cálculo de índices de diversidad en ambas zonas de estudio, obteniendo como resultado del índice de Margalef una diversidad media en ambos sitios de estudios; con el índice de Shannon se obtuvo una diversidad media en los puntos de monitoreo de la represa Labrado y el afluente de la represa Chanlud, en cambio su efluente presentó una diversidad baja; con el índice de Simpson 3 de los 4 puntos de monitoreo presentan una diversidad alta con excepción del efluente Chanlud que representa una diversidad media. Para saber si existe semejanzas entre las áreas de estudio se calculó el índice de Sorenson cualitativo y cuantitativo presentándose en las diferentes relaciones una similitud media de las especies de las diferentes comunidades.

Para descartar variables y tener un análisis final más robusto primero se realizó un PCA al 56% de los datos, obteniendo como resultado que los parámetros que más influyen en la riqueza de especies en el afluente Chanlud son los sulfatos, pH y la precipitación, para el afluente Labrado los sólidos suspendidos, nitratos y conductividad, para el efluente Labrado el caudal y la temperatura media, sin embargo, el único que no presentó influencia de algún parámetro fue el efluente Chanlud.

Para el análisis de la relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados se realizó un análisis de correlación canónica CCA, siendo los parámetros

fisicoquímicos más influyentes en los puntos de monitoreo: el pH, la conductividad, la temperatura, los sólidos disueltos, el caudal y la precipitación.

Los índices de calidad del agua en su mayoría presentaron valores que se encuentran en la clasificación de ligeramente contaminado según el índice BMWP/Col y de calidad buena según el índice ABI, solamente el afluente Chanlud presentó valores de aguas fuertemente contaminadas (BMWP/Col) y calidad mala (ABI).

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

Como recomendación principal deberían realizarse más estudios de la zona hiporreica ya que al ser un intercambio entre el agua superficial y subterránea puede presentar diversos comportamientos debido a que es una zona buffer ante fenómenos de contaminación y también debido a que en el país no se encuentran con muchos estudios de este tipo, principalmente en la zona sur.

Se deben realizar más monitoreos en las zonas de estudio para obtener resultados más completos y exactos de los parámetros fisicoquímicos y la diversidad de macroinvertebrados principalmente en la zona hiporreica, ya que esta zona actúa como refugio de la fauna bentónica,

La temperatura de la zona hiporreica debe ser tomada en la época de estiaje, ya que por diversos factores no se la pudo colocar para esa época y solo se obtuvo el comportamiento que se presenta en la época de anegamiento.

Se deben realizar estudios de suelo, de la cobertura vegetal, de la geología del terreno entre otros factores en las zonas de estudio debido a que estos factores también influyen en la calidad del recurso hídrico.

También se debe realizar un estudio más exhaustivo sobre la taxonomía de nuevos macroinvertebrados que se encuentren en los puntos de estudio, debido a que se hallaron macroinvertebrados de los cuales no se pudo establecer su taxonomía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., & Martínez, E. (2010). *Agua: Un derecho humano fundamental*.
- Acosta, R., Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). *Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región Austral Del Ecuador*.  
<https://www.researchgate.net/publication/321181495%0AProtocolo%0Ahttps://docplayer.es/51154578-Protocolo-de-evaluacion-de-la-integridad-ecologica-de-los-rios-de-la-region-austral-del-ecuador.html>
- Alomía, I., & Chimbo, J. (2014). *Aplicación de una metodología para evaluar el caudal ambiental en dos proyectos hidroeléctricos de alta montaña en Ecuador: presas El Labrado y Chanlud de la microcuenca del río Machángara, provincias de Azuay Y Cañar*.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8810>
- Amaya, L. (2016). *Identificación de la zona hiporreica en un río sinuoso de montaña*. [Universidad Nacional de Colombia]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/53178/>
- Argüello, D. (2020). *El rol de la gobernanza en la gestión integrada de cuencas y vínculos urbano-rurales para la provisión de agua. Caso: Comité de Conservación de la Cuenca del Machángara, período 2015-2019*.
- Ávila, H., García, S., & Rosas, J. L. (2015). Análisis de componentes principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de Guerrero, Mexico. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(2).
- Baron, J., Poff, L., Angermeier, P., Dahm, C., Gleick, P., Hairston, N., Jackson, R., & Johnston, C. (2003). Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. *Tópicos En Ecología*, 10, 1–18.  
<https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf>
- Barrios, M., Rodríguez, D., & García, E. (2015). Índice de integridad de los ecosistemas fluviales con base a las comunidades de insectos acuáticos en el río Misoa. *Entomotropica*, 30(2015), 69–83.
- Beita, W, & Barahona, M. (2011). Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 2(2), 157–179.  
<https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651982004.pdf>
- Beita, Wilson. (2008). *Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica* [Universidad de Costa Rica].  
[http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG\\_Caracterización\\_fisicoquímica\\_de\\_las\\_aguas\\_superficiales\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_río\\_Rincón\\_en\\_la\\_Península\\_de\\_Osa%2C\\_Puntarenas%2C\\_Costa\\_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG_Caracterización_fisicoquímica_de_las_aguas_superficiales_de_la_cuenca_del_río_Rincón_en_la_Península_de_Osa%2C_Puntarenas%2C_Costa_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 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). In *Revista Tecnología en Marcha* (Vol. 30, Issue 4).  
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Cajamarca, J. (2022). *La importancia de ordenar las subcuencas hídricas y regular los ríos de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 72–88. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lang=pt)
- Caríssimo, M., V. del Cero, P., Fonalleras, M. del C., Silva, P., & L. Giordano, M. (2013). Ecosistemas acuáticos. In *Escritura en Ciencias* (Vol. 1).  
<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005258.pdf>

- Carrera, D., Guerrón, E., Cajas, L., González, T., Guamán, É., & Velarde, P. (2018). Relación de temperatura, pH y CE en la variación de concentración de fosfatos en el Río Grande, Cantón Chone. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1), 37–40. <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.807>
- Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). “Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig.”
- CISPDR. (2016). *Plan hidráulico regional de la demarcación Hidrográfica Santiago*. <http://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA DH SANTIAGO.pdf>
- Cumbal-Imbaquingo, F. M., & Ordoñez-Bustamante, B. J. (2023). *Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, Cantón Colta*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA]. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10579/1/Cumbal F.%2C Ordoñez B.%2C %282023%29 Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos%2C químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa%2C cantón Colta %281%29.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10579/1/Cumbal%20F.%20Ordoñez%20B.%20%282023%29%29%20Determinación%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20mediante%20parámetros%20físicos%20químicos%20y%20microbiológicos%20en%20la%20microcuenca%20Sicalpa%20cantón%20Colta%20%282023%29.pdf)
- Curillo-Santos, D. L. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de nitrato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Custodio, M., Miranda, G., Peñaloza, R., De la Cruz, H., & Chanmé, F. (2019). Variability of the water quality characterizing high andean lagoons for tourist use evaluated through multivariate statistical methods, Junín, Peru. *Journal of Ecological Engineering*, 20(8), 1–11. <https://doi.org/10.12911/22998993/109800>
- Díaz, L. F. (2015). *Estimación de la contaminación generada por la actividad pecuaria en la cuenca del río Machángara en las provincias de Cañar y Azuay como complemento a la ejecución de su Plan de Manejo Ambiental*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4575>
- Dominguez, E., & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. In Fundación Miguel Lilo (Ed.), *Sistemática y biología*.
- Ecología Verde. (2021, March 8). *Partes del río y sus características - ¡Resumen con esquemas!* Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/partes-del-rio-y-sus-caracteristicas-3263.html>
- Egan, P., & Price, M. (2014). *Las montañas como torres de agua del mundo: Protegiendo el agua y los servicios ecosistémicos de montaña ante el cambio climático*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230850\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230850_spa)
- ElecAustro. (2019, September 9). *Comité de conservación de la cuenca del río Machángara*. ElecAustro. <https://www.elecaustro.gob.ec/comite-de-conservacion-de-la-cuenca-del-rio-machangara/>
- EPA. (2011). *Guía de Revisión Técnica de EIA: Generación y Transmisión de Energía.: Vol. I*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/energyvol1sp.pdf>
- Escandón, 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. In *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- ETAPA EP. (2018). *Comité de conservación de la cuenca del Machángara*. <https://www.etapa.net.ec/informacion/gestion-ambiental/manejo-de-cuencas-hidrograficas/comite-de-conservacion-de-la-cuenca-del-machangara>
- Euskadi. (2015). *Ecosistemas acuáticos*. Hiru.Eus. <https://www.hiru.eus/es/biologia/ecosistemas-acuaticos>
- FAO. (2021). *AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura*. <https://www.fao.org/aquastat/es/databases/dams>

- Fernández, S. (2022). Análisis de Componentes Principales. *Portal Estadística Aplicada*, 1–40.
- Frangópulos-Rivera, M. (2019). Biodiversidad y conservación de humedales en la región de Magallanes. *Centro de Investigación Gaia Antártica - UMAG*. [https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2019/04/Máximo-Frangopulus\\_Micro\\_Limnología.pdf](https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2019/04/Máximo-Frangopulus_Micro_Limnología.pdf)
- Fundación BBVA. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*.
- García-Castro, S. G. (2022). *Evaluación de la electrocoagulación como tratamiento para remoción de hierro en las fuentes de abastecimiento de Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a4b9adc2-56bc-4764-a2fb-fabd6d81d2fc/content>
- Gesche, A. S. (2021). *Efectos del represamiento de ríos en países de América Latina y el Caribe sobre la biodiversidad, el agua, la alimentación y la energía*.
- Gómez, A., Valderrama, L., & Rivera, C. (2017). Comunidades de macrófitas en ríos andinos: Composición y relación con factores ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 22(1), 45–58. <https://doi.org/10.15446/ABC.V22N1.58478>
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2018). Guía rápida para identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 160. [https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA\\_MACROINVERTEBRADOS.pdf](https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA_MACROINVERTEBRADOS.pdf)
- GREENPEACE. (2021). ¿Qué son los nitratos y cómo afectan al medio ambiente y la salud humana? *Greenpeace*, 9. [https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos\\_QuéSon.pdf](https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos_QuéSon.pdf)
- Guamán, S., & Méndez, G. (2017). *Determinación de hierro y manganeso a nivel de las redes de distribución y en agua procedente de las captaciones de la planta de agua potable EMAPAL*.
- Guerrero Lagareta, M. (2006). El Agua. In *Colección La Ciencia para Todos* (Vol. 5).
- Guerrero, M., Pinilla, G., & Estrada, I. (2021). Ecología funcional de las comunidades de algas perifíticas de la Reserva La Planada, en el Chocó Biogeográfico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 69(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42042>
- Hach. (2013). *Manual de análisis de agua* (Vol. 3). <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469>
- Huayavame, J. (2013). *Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule, en la provincia del Guayas, desde el punto de vista físico-químico, orgánico bacteriológico y toxicológico*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- IAVH. (2004). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. <http://www.bionica.info/biblioteca/HumboldtAnalisisDatos.pdf>
- Jaya, F. (2018). Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su Vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca. In *Universidad de Cuenca*. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo de titulacio n.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf)
- Lagos, G. (2021, August 11). *Composición y estructura del bosque parte II*. <https://es.slideshare.net/Gerardo1977/composicin-y-estructura-del-bosque-parte-ii>
- MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. *Libro VI, Anexo 5*, 184. [http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012).

- Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad Esfuerzo de muestreo. In *Reduca (Biología)* (Vol. 5, Issue 1).
- Maza, J. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>
- Medrano-Meraz, M. de J., Hernández, F. J., Corral-Rivas, S., & Nájera-Luna, J. A. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol. 8(núm.40).  
<https://www.redalyc.org/journal/634/63454557005/html/>
- Merchán, I., & Peralta, R. (2020). *Diseño de un modelo de gestión para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de biochar en la cuenca del río Machángara*.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10428/1/16054.pdf>
- Montoya, Y., & Naranjo, J. (2020). Efectos asociados al cambio del cauce del río San Lorenzo, el Carmen de Viboral-Antioquia. *Revista Politécnica*, 120–128.  
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v16n32a11>
- Morelli, E., & Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1160–1170. <https://doi.org/10.7550/RMB.45419>
- Moriana, L. (2021, March 8). *Ecosistemas acuáticos de agua dulce*.  
<https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-acuaticos-de-agua-dulce-ejemplos-1112.html>
- OMS. (2017). Guidelines for drinking-water Quality. In *Royal Society of Medicine* (Vol. 55).
- Ordoñez, J., Escobedo, R., & Montesinos, B. (2017). *Manual de campo para el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del río Paute*.
- Oroná, C. (2012). *Caracterización limnológica de un sistema agua salada de una cuenca endorreica*.
- Peña, S., Bohórquez, H., Barrera, A., Salamanca, S., Jiménez, D., & Botello, W. (2019). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada La Calabozza (Yopal, Casanare). *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(25), 14–22.  
<https://doi.org/10.31908/19098367.4010>
- Prat, N. (2019). Calidad de Agua, contaminación y toxicidad: Algunas ideas y conceptos básicos. In *Andanzas y Desventuras de un ecólogo en los juzgados del Reyno*.
- Puerto-Sosa, O. A. (2020). *Medición de variaciones espacio - temporales de la temperatura del agua en su interacción superficie y subsuelo utilizando redes de difracción de Bragg en un tramo de un arroyo de montaña colombiano*.
- Quilumbaqui, C. (2017). *Determinación de la concentración de elementos mayores en dieciocho ríos de la provincia de Pichincha*. Universidad San Francisco de Quito.
- Quispe, M. (2017). "Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno." Universidad Privada Norbert Wiener.
- Rasínes-Ladero, R. (2017). *La ecología de la zona hiporreica asociada a los ríos Henares y Tajuña (cuenca hidrográfica del Jarama, España)*.
- Rincon, J., Merchán, D., Rojas, D., Sparer, A., & Zarate, E. (2017). *Macroinvertebrados de los Ríos del Parque Nacional Cajas* (Issue June).
- Rojas, B., Jiménez, S., Torres, F., & Avilés, A. (2020). Evaluación de vulnerabilidad y riesgo climático de la generación de hidroenergía por los efectos de la variabilidad y cambio climático, así como la identificación de medidas de adaptación y generación de un mecanismo de seguimiento y monitoreo de la capac. In *Orphanet Journal of Rare Diseases*

(Vol. 21, Issue 1).

Salada, E. A. : A. D. Y. (2015). *Ecosistemas Acuáticos : Agua Dulce Y Salada*.

Sandoval, R. (2018). Capítulo 1: Presas y Embalses. In *Presas y Embalses* (pp. 1–29).

Seguía, P. (2018). *Ecosistemas de agua dulce | OVACEN*. OVACEN.  
<https://ecosistemas.ovacen.com/acuaticos/agua-dulce/>

SEMARNAT. (2009). *Indicadores de calidad del agua*.  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2009/compendio\\_2009/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet28b9.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html)

SEMARNAT. (2014). Cuencas Hidrográficas. *SEMARNAT.Gob, I*, 33. [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_cono\\_sur\\_de\\_america/80-Cuencas\\_hidrograficas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/80-Cuencas_hidrograficas.pdf)

Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ing. USBMed*, 3(2), 2027–5846.

Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. (L. López-Escobar (ed.); Vol. 1, Issue 1).

State Water Resources Control Board. (2015). *Folleto Informativo oxígeno disuelto (OD)*.  
[http://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)

Torres-Alvez, G. A., & Urgilez-Vinueza, A. R. (2017). “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA EN EL SISTEMA AGUA SUPERFICIAL-AGUA SUBTERRANEA EN EL RÍO CUMBE.” In *Lola Malverde*.  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/989/1/tof9.pdf>

UICN/ORMACC. (2018). *Cuenca hidrografica concepto UICN* (p. 1).  
[https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca\\_hidrografica.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf)

Villejas, A. (2019). *Estudio de la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la mirocuenca del río blanco en el ecosistema páramo ubicado en la parroquia El Sucre, cantón Patate, provincia de Tungurahua*.

Yáñez-Flores, S. G. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico-químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del lago San Pablo, provincia de Imbabura (año 2017)* [Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/15142/1/T-UCE-0012-067-2018.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1: Afluente y efluente de las represas Labrado y Chanlud

Afluente de la represa Labrado	Afluente de la represa Chanlud
	
Efluente de la represa Labrado	Efluente de la represa Chanlud
	

### Anexo 2: Datos ELECAUSTRO de precipitación y caudal de los puntos monitoreados

### Anexo 3: Recolección de muestras

Recolección de macroinvertebrados	
	
Recolección de datos del análisis físico-químicos in-situ	Recolección de datos de la temperatura de la zona hiporreica



**Anexo 4: Resultados de los parámetros físico-químicos in-situ**

Monitoreo	Zona	pH	Conductividad	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de saturación de oxígeno	Caudal de ingreso promedio	Caudal ecológico	Precipitación
<b>M1</b>	Afluente Labrado	6,91	-	11,15	3,62	42%	1,31	79,79	0
	Efluente Labrado	6,67	-	13,26	5,15	60%			
	Afluente Chanlud	6,25	200	12,7	2,88	33%	0,51	138,18	0
	Efluente Chanlud	6,86	200	10,13	2,55	29%			
<b>M2</b>	Afluente Labrado	6,91	-	10,79	3,76	44%	1,14	67,61	2
	Efluente Labrado	6,84	-	12,45	3,32	39%			
	Afluente Chanlud	7	-	9,53	3,2	37%	0,29	118,34	3,2
	Efluente Chanlud	6,85	-	9,77	3,03	35%			
<b>M3</b>	Afluente Labrado	6,75	-	11,6	-	-	1,16	58,12	8,5
	Efluente Labrado	6,65	-	14,3	-	-			
	Afluente Chanlud	7,07	739,1	10,8	7,45	87%	0,3	65,19	25
	Efluente Chanlud	7,01	104	14,1	6,55	76%			
<b>M4</b>	Afluente Labrado	6,9	1220	11,3	-	-	1,51	85,74	23,4
	Efluente Labrado	6,69	1094	14,6	-	-			
	Afluente Chanlud	7,29	1833	9,2	-	-	0,33	122,4	2,5
	Efluente Chanlud	7,27	1602	12,3	-	-			
<b>M5</b>	Afluente Labrado	7,37	78	10,9	7,35	85%	1,51	103,12	96,2

	Efluente Labrado	7,19	56	14,4	6,83	79%			
	Afluente Chanlud	7,2	108	10,1	0,79		0,39	115,47	102,6
	Efluente Chanlud	7,17	79	10,5	-				

**Anexo 5: Resultados de los parámetros físico-químicos en el laboratorio**

Monitoreo	Zona	Amonio NH4-N (ppm o mg/L)	Nitratos NO3 (ppm o mg/L)	Sulfatos SO4 (ppm o mg/L)	DQO (ppm o mg/L)	Fosfatos PO4 (ppm o mg/L)	Hierro Fe (ppm o mg/L)	Sólidos Suspendidos (ppm o mg/L)
<b>M1</b>	Afluente Labrado	6,46	2,35	0,00	0,00	0,35	0,17	80,00
	Efluente Labrado	6,57	2,15	0,00	0,00	0,38	0,21	75,00
	Afluente Chanlud	7,73	2,25	9,00	11,00	0,08	0,27	100,00
	Efluente Chanlud	7,20	2,30	7,50	4,00	0,06	0,40	110,00
<b>M2</b>	Afluente Labrado	0,85	2,10	0,00	-5,00	0,04	0,29	2,00
	Efluente Labrado	0,74	2,30	0,00	-6,00	0,04	0,05	32,00
	Afluente Chanlud	-0,11	0,85	4,50	-3,00	0,04	0,05	12,00
	Efluente Chanlud	0,64	2,15	0,00	-5,50	0,04	0,20	2,00
<b>M3</b>	Afluente Labrado	0,95	2,10	0,00	28,50	0,08	0,20	200,00
	Efluente Labrado	0,53	2,50	0,00	24,50	0,05	0,07	112,00
	Afluente Chanlud	0,00	2,65	7,00	0,00	0,06	0,28	73,33
	Efluente Chanlud	0,21	2,15	2,00	1,00	0,06	0,32	30,00
<b>M4</b>	Afluente Labrado	0,21	2,30	0,00	-1,00	0,05	0,11	9,08
	Efluente Labrado	-0,42	2,50	0,00	-12,00	0,03	0,10	6,13
	Afluente Chanlud	-0,32	2,20	4,50	1,50	0,05	0,21	5,90
	Efluente Chanlud	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	6,00
<b>M5</b>	Afluente Labrado	-0,11	2,10	0,00	-10,50	0,03	0,07	22,00
	Efluente Labrado	0,11	1,70	0,00	19,00	0,03	0,05	17,00
	Afluente Chanlud	0,21	3,30	5,00	1,00	0,06	0,17	58,50
	Efluente Chanlud	0,11	1,15	2,00	-4,00	0,05	0,21	15,00

**Anexo 6:** Clasificación de macroinvertebrados



**Anexo 7:** Riqueza y abundancia de especies a nivel de familia

			MONITOREO				
AFLUENTE LABRADO			Estiaje		Anegamiento		
N°	CLASE	Familia	M1	M2	M3	M4	M5
1		ANOMALOPSYCHIDAE	4	5	19		1
2		BAETIDAE	5	1			1
3		BLEPHARICERIDAE	6				1
4		CERATOPOGONIDAE	1	2	2		
5		CHIRONOMIDAE	63	60	10	25	15
6		COENAGRIONIDAE		5	5	7	6
7		DUGESIIDAE		1	15		
8		ELMIDAE	12	22	59	7	16
9		EPHYDRIDAE	1				
10		GORDIIDAE	1	2	3		
11		GRIPOPTERYGIDAE				1	1
12		HYALELLIDAE	9	15	71	5	12
13		HYDROBIOSIDAE	4				
14		LEPTOPHLEBIIDAE	9	50	119	18	25
15		LIMONIIDAE	1	1	6		1
16		LYMNAEIDAE			6		
17		PERLIDAE	1		1		
18		SCIRTIDAE			1		
19		SIMULIIDAE	82	10	1		
20		SPHAERIIDAE			4		
21		STAPHYLINIDAE			4		

22		STRATIOMYIDAE		3			
23		TIPULIDAE	1		2		
24	OLIGOCHAETA		44	49	137	31	89
25	TROMBIDIFORMES				1	1	1
		TOTAL	1200				

			MONITOREO				
EFLUENTE LABRADO			Estiaje		Anegamiento		
N°	CLASE	Familia	M1	M2	M3	M4	M5
1		ANOMALOPSYCHIDAE	6	3	3		
2		BAETIDAE	10		7		
3		BLEPHARICERIDAE				1	
4		CERATOPOGONIDAE	4	1		1	
5		CHIRONOMIDAE	68	34	144	31	20
6		COENAGRIIONIDAE		7	10	2	
7		DUGESIIDAE	5	12	1		2
8		ELMIDAE		1		17	
9		EMPIDIDAE			2		
10		GLOSSIPHONIIDAE	2				
11		GORDIDAE				3	
12		HYALELLIDAE	31	48	65	30	82
13		HYDROBIOSIDAE				1	2
14		HYDROPSYCHIDAE				1	
15		HYDROPTILIDAE			1	1	
16		LEPTOCERIDAE					1
17		LEPTOPHLEBIIDAE	1			3	
18		LIBELULLIDAE		1			
19		PERLIDAE				5	
20		SIMULIIDAE	14	4	96	1	
21		TIPULIDAE	3	3	2	1	
22	OLIGOCHAETA		17	1	3	69	5
23	TROMBIDIFORMES			1	24		2
		TOTAL	919				

			MONITOREO				
AFLUENTE CHANLUD			Estiaje		Anegamiento		
N°	CLASE	Familia	M1	M2	M3	M4	M5
1		ANOMALOPSYCHIDAE			3	2	8
2		BAETIDAE	5		4		1
3		BLEPHARICERIDAE			4		
4		CERATOPOGONIDAE	1	2	18	3	3
5		CHIRONOMIDAE	21	6	120	7	3
6		COENAGRIONIDAE		3	7	5	1
7		ECNOMIDAE		1			

8		ELMIDAE	36	5	86	22	13
9		EMPIDIDAE			5		
10		GOMPHIDAE	6				
11		HYALELLIDAE	3	3	13		5
12		HYDROBIOSIDAE	4	1	29	1	2
13		HYDROPTILIDAE		1			
14		LEPTOHYPHIDAE			1		
15		LEPTOPHLEBIIDAE	2	3	26	1	2
16		LIMONIIDAE	1				
17		PERLIDAE	6	1	32	2	14
18		POLYCENTROPODIDAE	1				
19		SIMULIIDAE		2	20		
20		STAPHYLINIDAE				1	
21		STRATIOMYIDAE	5				
22		TIPULIDAE	2		7	1	5
23	OLIGOCHAETA		15	34	65	17	55
24	TROMBIDIFORMES				4		1
		TOTAL			789		

EFLUENTE CHANLUD			Estiaje		Anegamiento		
N°	CLASE	Familia	M1	M2	M3	M4	M5
1		ANOMALOPSYCHIDAE			1		
2		BLEPHARICERIDAE					1
3		CHIRONOMIDAE	1	27	134	31	1
4		COENAGRIONIDAE				5	
5		ELMIDAE	1	1	1		
6		GLOSSIPHONIIDAE			1		
7		GOMPHIDAE	1				
8		HYDROBYOSIDAE			1		
9		LEPTOHYPHIDAE			1		
10		LEPTOPHLEBIIDAE	1				
11		PERLIDAE	6		1		
12		SIMULIIDAE			150		
13		STAPHYLINIDAE			1		
14		TABANIDAE		1			
15		TIPULIDAE		6	2		
16	OLIGOCHAETA		2	32	102	40	80
		Total			633		

**Anexo 8:** Resultados de índices biológicos – Sensibilidad BMWP/Col. y ABI por familia

ÉPOCA DE:		ESTIAJE				ANEGAMIENTO							
AFLUENTE LABRADO		M1		M2		M3		M4		M5		Puntaje de Índice Biótico Andino	
CLASE	Familia	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	Índice ABI	Calidad de agua
	ANOMALOPSYCHIDAE	10	10	10	10	10	10			10	10	<96	Muy buena
	BAETIDAE	7	4	7	4					7	4	59/96	Buena
	BLEPHARICERIDAE	10	10							10	10	35/56	Regular
	CERATOPOGONIDAE	5	4	5	4	5	4					<35	Malo
	CHIRONOMIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	COENAGRIONIDAE			7	6	7	6	7	6	7	6		
	DUGESIIDAE			6	5	6	5						
	ELMIDAE	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	101-120	Aguas muy limpias
	EPHYDRIDAE	4	2									61-100	Aguas ligeramente contaminadas
	GORDIIDAE	10	-	10	-	10	-					36-60	Aguas moderadamente contaminadas
	GRIPOPTERYGIDAE							-	10	-	10	16-35	Aguas muy contaminadas
	HYALELLIDAE	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	<15	Aguas fuertemente contaminadas
	HYDROBIOSIDAE	9	8										
	LEPTOPHLEBIIDAE	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10		
	LIMONIIDAE	4	4	4	4	4	4			4	4		
	LYMNAEIDAE					8	3						
	PERLIDAE	10	10			10	10						
	SCIRTIDAE					4	5						
	SIMULIIDAE	5	5	5	5	5	5						
	SPHAERIIDAE					8	3						
	STAPHYLINIDAE					6	3						
	STRATIOMYIDAE			3	4								
	TIPULIDAE	3	5			3	5						
OLIGOCHAETA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
TROMBIDIFORMES						8	-	8	-	8	-		
TOTAL		103	86	83	66	120	87	41	40	72	68		

ÉPOCA DE:		ESTIAJE				ANEGAMIENTO							
EFLUENTE LABRADO		M1		M2		M3		M4		M5		Puntaje de Índice Biótico Andino	
CLASE	Familia	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	Índice ABI	Calidad de agua
	ANOMALOPSYCHIDAE	10	10	10	10	10	10					<96	Muy buena
	BAETIDAE	7	4			7	4					59/96	Buena
	BLEPHARICERIDAE							10	10			35/56	Regular
	CERATOPOGONIDAE	5	4	5	4			5	4			<35	Malo
	CHIRONOMIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	COENAGRIIONIDAE			7	6	7	6	7	6				Puntaje de BMWP/Col.
	DUGESIIDAE	6	5	6	5	6	5			6	5	Índice BMWP/Col.	Calidad de agua
	ELMIDAE			7	5			7	5			101-120	Aguas muy limpias
	EMPIDIDAE					4	4					61-100	Aguas ligeramente contaminadas
	GLOSSIPHONIIDAE	4	3									36-60	Aguas moderadamente contaminadas
	GORDIDAE							10	-			16-35	Aguas muy contaminadas
	HYALELLIDAE	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	<15	Aguas fuertemente contaminadas
	HYDROBIOSIDAE							9	8	9	8		
	HYDROPSYCHIDAE							7	5				
	HYDROPTILIDAE					8	6	8	6				
	LEPTOCERIDAE									8	8		
	LEPTOPHLEBIDAE	9	10					9	10				
	LIBELULLIDAE			5	6								
	PERLIDAE							10	10				
	SIMULIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5				
	TIPULIDAE	3	5	3	5	3	5	3	5				
OLIGOCHAETA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
TROMBIDIFORMES				8	-	8	-			8	-		
TOTAL		59	55	66	55	68	54	100	83	41	30		


ÉPOCA DE:		ESTIAJE				ANEGAMIENTO							
AFLUENTE CHANLUD		M1		M2		M3		M4		M5		Puntaje de Índice Biótico Andino	
CLASE	Familia	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	Índice ABI	Calidad de agua
	ANOMALOPSYCHIDAE					10	10	10	10	10	10	<96	Muy buena
	BAETIDAE	7	4			7	4			7	4	59/96	Buena
	BLEPHARICERIDAE					10	10					35/56	Regular
	CERATOPOGONIDAE	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	<35	Malo
	CHIRONOMIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	COENAGRIONIDAE			7	6	7	6	7	6	7	6		Puntaje de BMWP/Col.
	ECNOMIDAE			7	-							Índice BMWP/Col.	Calidad de agua
	ELMIDAE	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	101-120	Aguas muy limpias
	EMPIDIDAE					4	4					61-100	Aguas ligeramente contaminadas
	GOMPHIDAE	9	8									36-60	Aguas moderadamente contaminadas
	HYALELLIDAE	7	6	7	6	7	6			7	6	16-35	Aguas muy contaminadas
	HYDROBIOSIDAE	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	<15	Aguas fuertemente contaminadas
	HYDROPTILIDAE			8	6								
	LEPTOHYPHIDAE					7	7						
	LEPTOPHLEBIIDAE	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10		
	LIMONIIDAE	4	4										
	PERLIDAE	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	POLYCENTROPODIDAE	9	-										
	SIMULIIDAE			5	5	5	5						
	STAPHYLINIDAE							6	3				
	STRATIOMYIDAE	3	4										
	TIPULIDAE	3	5			3	5	3	5	3	5		
OLIGOCHAETA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
TROMBIDIFORMES						8	-			8	-		
TOTAL		85	71	77	63	111	97	69	64	85	71		

ÉPOCA DE:		ESTIAJE				ANEGAMIENTO							
EFLUENTE CHANLUD		M1		M2		M3		M4		M5		Puntaje de Índice Biótico Andino	
CLASE	Familia	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	BMWP/Col	ABI	Índice ABI	Calidad de agua
	ANOMALOPSYCHIDAE					10	10					<96	Muy buena
	BLEPHARICERIDAE									10	10	59/96	Buena
	CHIRONOMIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	35/56	Regular
	COENAGRIONIDAE							7	6			<35	Malo
	ELMIDAE	7	5	7	5	7	5						
	GLOSSIPHONIIDAE					4	3						
	GOMPHIDAE	9	8										
	HYDROBYOSIDAE					9	8					101-120	Aguas muy limpias
	LEPTOHYPHIDAE					7	7					61-100	Aguas ligeramente contaminadas
	LEPTOPHLEBIIDAE	9	10									36-60	Aguas moderadamente contaminadas
	PERLIDAE	10	10			10	10					16-35	Aguas muy contaminadas
	SIMULIIDAE					5	5					<15	Aguas fuertemente contaminadas
	STAPHYLINIDAE					6	3						
	TABANIDAE			5	4								
	TIPULIDAE			3	5	3	5						
OLIGOCHAETA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	TOTAL	38	36	18	17	64	59	10	9	13	13		

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Cinthya Jacqueline Calle Zumba portador de la cédula de ciudadanía N.º 0107133340. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Relación de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de macroinvertebrados en la zona hiporreica: del afluente y efluente de las represas El Labrado y Chanlud" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de julio de 2023

F:   
Cinthya Jacqueline Calle Zumba  
0107133340