



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN CUATRO  
CONTRIBUYENTES ALTO ANDINOS DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:** VERÓNICA ALEXANDRA CHARCO CAYAMBE

NELY MORAYMA QUISHPE ROCHINA

**DIRECTOR:** Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS Msc

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, Verónica Alexandra Charco Cayambe & Nely Morayma Quishpe Rochina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Verónica Alexandra Charco Cayambe & Nely Morayma Quishpe Rochina, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de junio del 2023



**Verónica Alexandra Charco Cayambe**

**CI: 0605362904**

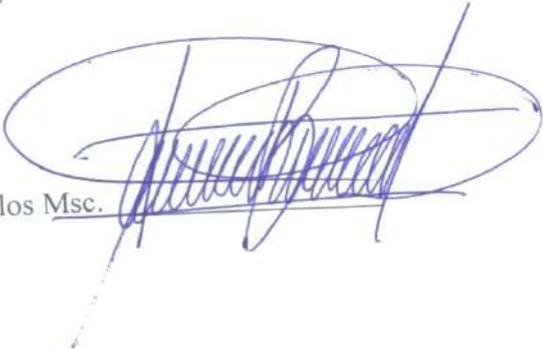


**Nely Morayma Quishpe Rochina**

**CI: 0250249885**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **“VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN CUATRO CONTRIBUYENTES ALTO ANDINOS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, realizado por las señoritas: **VERÓNICA ALEXANDRA CHARCO CAYAMBE** y **NELY MORAYMA QUISHPE ROCHINA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Andrés Ángel Sánchez Cordero <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-30
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos Msc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-06-30
Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce <b>ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-06-30

## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico especialmente a Dios, por darme fuerza, salud y las ganas para culminar con esta meta tan anhelada.

A mis padres, Alberto Quishpe y Doraliza Rochina quienes me enseñaron desde pequeña que los sueños y las metas se logran siendo perseverante, responsable y humilde, muchas gracias por los maravillosos consejos brindados en todo momento, por estar pendiente frente a cualquier inconveniente que he tenido a lo largo de esta etapa tan bonita de mi vida, gracias por todo su amor incondicional, por motivarme a seguir adelante y ser una buena profesional, también gracias de todo corazón por la comprensión y el apoyo que me han brindado, me siento muy afortunada de tener unos padres tan extraordinarios.

A mis hermanos, Henry, José y Lorena por acompañarme en los días que me sentía sola y apoyarme en cualquier decisión que he tomado, por ser unos verdaderos amigos y unas personas buenas quienes les motivan día a día a no rendirme y ser mejor. A mi familia, abuelitos, tíos, primos y amigos gracias por ser parte de mi vida y por brindarme su apoyo moral y creyeron en mí. A todos los docentes quienes fueron la base fundamental para formarme profesionalmente, con todas sus enseñanzas y conocimientos, me impulsaron a seguir adelante con más empeño y con nuevas metas por cumplir.

Nely

El presente trabajo le dedicó con todo mi corazón a mi Dios por regalarme la vida, ser mi guía y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante tomando las mejores decisiones. A mis padres Ángel Charco y Esthela Cayambe quienes me han forjado desde un inicio para ser una chica responsable con principios y valores además de apoyarme emocionalmente como económicamente para lograr mis objetivos planteados, a mis hermanos y demás familiares quienes de una u otra forman me han estado apoyándome en el transcurso de mi etapa académica, a todos mis amigos por estar en cada pequeño y gran momento creyendo en mí. A todos los docentes y técnicos quienes han sido mi base fundamental en todo el transcurso de mi etapa estudiantil guiándome y sobre todo impartíendome todos sus conocimientos, sus enseñanza, paciencia y estimación que me permitieron constituir las bases de mi vida profesional.

Verónica

## AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios porque siempre ha permanecido fiel con su amor infinito en los momentos difíciles y en los momentos de felicidad.

A nuestros padres y familiares por brindarnos seguridad, cariño y apoyo incondicional siendo los pilares y guías fundamentales en nuestra vida e impulsarnos a cumplir nuestras metas y sueños anhelados. Agradecemos a la ESCUELA SUPERIOR POLITENICA DE CHIMBORAZO por abrirnos sus puertas y brindarnos todos los conocimientos necesarios para el desarrollo de este trabajo investigativo. Al Grupo de Investigación - Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) y Al grupo de investigación para la sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas por permitirnos participar en sus proyectos, motivarnos al trabajo en equipo, enseñarnos la importancia de la investigación y el cuidado del ambiente. A nuestro director de tesis Ing. Andrés Beltrán, y a nuestra asesora Ing. Sofia Godoy quienes nos dieron la gran oportunidad de trabajar arduamente e impulsarnos a tener una visión clara para nuestra investigación, por el tiempo y conocimiento compartido. Al Ing. Franklin Cargua, Técnico del GIDAC, por guiarnos en nuestra investigación con todos sus conocimientos y profesionalismo. Además de brindarnos la seguridad, la confianza y buenos consejos para realizar un buen trabajo investigativo.

A los ingenieros del Grupo de Investigación GISOCH: Luis Patiño, Edgar Romo, Natali Figueroa y al Ing. Luis Herrera técnico del laboratorio del GIDAC, por la enseñanza impartida de técnicas y metodologías en campo, también por el acompañamiento durante los días de muestreo y análisis de las muestras.

Y a todos los docentes, compañeros y amigos quienes nos brindaron buena educación, amistad y apoyo en el transcurso de nuestra etapa universitaria.

Nely & Verónica

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.3. Justificación.....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.2. Base Teórico.....	8
2.2.1. <i>Contribuyentes altoandinos</i> .....	8
2.2.1.1. <i>Importancia ecológica de las fuentes altoandinas</i> .....	8
2.2.2. <i>Ecosistemas ribereños</i> .....	9
2.2.3. <i>Servicios ecosistémicos de un bosque de ribera</i> .....	9
2.2.3.1. <i>Importancia de la vegetación ribereña</i> .....	9
2.2.3.2. <i>Elementos del bosque de ribera</i> .....	10
2.2.3.3. <i>Funciones y servicios ecosistémicos del bosque de ribera</i> .....	10
2.2.4. <i>Macroinvertebrados como bioindicadores de sensibilidad, y tolerancia a la contaminación</i> .....	12
2.2.4.1. <i>Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos</i> .....	14
2.2.4.2. <i>Adaptaciones de vida acuática</i> .....	16
2.2.5. <i>Índices ecológicos aplicados al monitoreo de agua</i> .....	17

2.2.5.1.	<i>Índices de biodiversidad</i> .....	17
2.2.5.2.	<i>Índice de Hábitat Fluvial (IHF)</i> .....	17
2.2.5.3.	<i>Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)</i> .....	18
2.2.5.4.	<i>El Índice Biológico Andino (ABI)</i> .....	18
2.2.4.5.	<i>El Índice de Calidad del Agua (ICA NSF)</i> .....	19
2.2.5.	<b><i>Índices convencionales a la calidad de agua</i></b> .....	23
2.2.5.1.	<i>Iones nitratos y nitritos</i> .....	23
2.2.5.2.	<i>Los sulfatos</i> .....	23
2.2.5.3.	<i>El ion fosfato</i> .....	24

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	25
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	25
3.2.	<b>Área de estudio</b> .....	25
3.3.	<b>Población de estudio</b> .....	27
3.4.	<b>Campañas de muestreo</b> .....	27
3.4.1.	<i>Selección de los puntos de monitoreo</i> .....	27
3.4.2.	<i>Selección de la muestra</i> .....	27
3.4.3.	<i>Criterios de selección</i> .....	27
3.4.3.1.	<i>Criterios de Selección de los Contribuyentes</i> .....	27
3.4.3.2.	<i>Para seleccionar la ubicación de los puntos</i> .....	28
3.5.	<b>Determinación de Caudales</b> .....	28
3.5.1.	<i>Método de sección por velocidad</i> .....	28
3.5.2.	<i>Determinación del área de la sección</i> .....	28
3.5.3.	<i>Determinación de la velocidad por medio del molinete</i> .....	29
3.6.1.	<i>Determinación del índice Shannon Wiener</i> .....	30
3.6.2.	<i>Determinación del índice de Simpson</i> .....	31
3.7.	<b>Caracterización físico-química y microbiológica del agua</b> .....	31
3.7.1.	<i>Determinación del índice de calidad de agua (ICA)</i> .....	33
3.8.	<b>Determinación de los índices ecológicos</b> .....	39
3.8.1.	<i>Determinación del índice QBR (calidad del bosque de ribera)</i> .....	39
3.8.2.	<i>Determinación del IHF</i> .....	40
3.8.3.	<i>Determinación del índice ABI</i> .....	40
3.8.3.1.	<i>Muestreo de macroinvertebrados:</i> .....	40
3.8.3.2.	<i>Colecta de macroinvertebradas in situ</i> .....	40

3.8.3.3.	<i>Instrucciones en el laboratorio para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos</i> .....	41
3.8.4.	<i>Materiales y equipos</i> .....	42
3.8.5.	<i>Evaluación del índice ABI</i> .....	42

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	44
4.1.	<b>Área de estudio</b> .....	44
4.2.	<b>Caudales</b> .....	44
4.3.	<b>Aportes hídricos</b> .....	45
4.4.	<b>Determinación de los Índices de Diversidad y Abundancia</b> .....	46
4.4.1.	<i>Índice de SHANNON y SIMPSON</i> .....	46
4.5.	<b>Biodiversidad de macroinvertebrados</b> .....	47
4.5.1.	<i>Guayllabamba (QG)</i> .....	47
4.5.2.	<i>El Carmen (QCa)</i> .....	48
4.5.3.	<i>Cachipata (QCach)</i> .....	49
4.5.4.	<i>Patulú (QP)</i> .....	50
4.6.	<b>Medición de macroinvertebrados acuáticos (peso, ancho, Largo)</b> .....	51
4.6.1.	<i>Guayllabamba (QG)</i> .....	51
4.6.2.	<i>El Carmen (QCa)</i> .....	52
4.6.3.	<i>Cachipata (QCach)</i> .....	52
4.6.4.	<i>Patulú (QP)</i> .....	54
4.7.	<b>Correlación de macroinvertebrados acuáticos</b> .....	55
4.8.	<b>Resultados de la valoración del análisis fisicoquímico y microbiológico</b> .....	56
4.8.1.	<i>Potencial de Hidrógeno (pH)</i> .....	56
4.8.2.	<i>Turbidez</i> .....	57
4.8.3.	<i>Sólidos Disueltos Totales (TDS)</i> .....	57
4.8.4.	<i>Conductividad eléctrica (ce)</i> .....	58
4.8.5.	<i>Salinidad</i> .....	59
4.8.6.	<i>Fosfatos (<math>PO_4^{3-}</math>)</i> .....	59
4.8.7.	<i>Nitratos (<math>NO_3^-</math>)</i> .....	60
4.8.8.	<i>Nitritos (<math>NO_2^-</math>)</i> .....	60
4.8.9.	<i>Oxígeno disuelto (OD)</i> .....	61
4.8.10.	<i>Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)</i> .....	62
4.8.11.	<i>Coliformes Fecales</i> .....	62
4.8.12.	<i>Temperatura</i> .....	63

<b>4.9.</b>	<b>Índice de calidad de agua</b> .....	64
<b>4.10.</b>	<b>Estado ecológico</b> .....	66
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	68
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	69
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Calificación de los organismos según la sensibilidad .....	13
<b>Tabla 2-2:</b>	Niveles de Calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF).....	18
<b>Tabla 2-3:</b>	Rangos de calidad según el índice QBR.....	18
<b>Tabla 2-4:</b>	Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del índice Biótico Andino (ABI) .....	19
<b>Tabla 2-5:</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO <sub>5</sub> ).....	20
<b>Tabla 2-6:</b>	Valores del índice de calidad de Agua (ICA).....	23
<b>Tabla 3-1:</b>	Evaluación de diversidad según Shannon .....	31
<b>Tabla 3-2:</b>	Evaluación de diversidad según Simpson .....	31
<b>Tabla 3-3:</b>	Métodos para el análisis Físico - Químico y Microbiológico del agua .....	32
<b>Tabla 3-4:</b>	Pesos relativos para cada parámetro del ICA NSF.....	34
<b>Tabla 3-5:</b>	Materiales y Equipos .....	42
<b>Tabla 3-6:</b>	Puntajes establecidos de familias de macroinvertebrados acuáticos por índice ABI.....	42
<b>Tabla 4-1:</b>	Coordenadas del área de estudio .....	44
<b>Tabla 4-2:</b>	Resultados de la medición del caudal en las quebradas de estudio .....	44
<b>Tabla 4-3:</b>	Aportación hídrica a la subcuenca del río Chambo.....	45
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados de los índices de Shannon y Simpson en las quebradas de estudio	46
<b>Tabla 4-5:</b>	Parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos .....	56
<b>Tabla 4-6:</b>	Resultados de pH en las quebradas de estudio .....	57
<b>Tabla 4-7:</b>	Resultados de Turbidez en las quebradas de estudio.....	57
<b>Tabla 4-8:</b>	Resultados de los sólidos disueltos totales en las quebradas de estudio.....	58
<b>Tabla 4-9:</b>	Resultados de Conductividad Eléctrica en las quebradas de estudio .....	58
<b>Tabla 4-10:</b>	Resultados de Salinidad en las quebradas de estudio.....	59
<b>Tabla 4-11:</b>	Resultados del ión Fosfato en las quebradas de estudio.....	60
<b>Tabla 4-12:</b>	Resultados de Nitratos en las quebradas de estudio .....	60
<b>Tabla 4-13:</b>	Resultados de Nitritos en las quebradas de estudio.....	61
<b>Tabla 4-14:</b>	Resultados del oxígeno disuelto en las quebradas de estudio. ....	61
<b>Tabla 4-15:</b>	Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno quebradas de estudio.....	62
<b>Tabla 4-16:</b>	Resultados de Coliformes fecales en las Quebradas de estudio. ....	63
<b>Tabla 4-17:</b>	Diferencia de temperatura en las Quebradas de estudio.....	63
<b>Tabla 4-18:</b>	Resultados de la calidad del agua de acuerdo al índice ICA en el período de noviembre-abril durante una época transitoria .....	64
<b>Tabla 4-19:</b>	Resultado del ICA .....	65

**Tabla 4-20:** Resultados de los Índices ecológicos en las quebradas de estudio..... 66

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Funciones ecológicas y servicios ambientales de Bosque Ripario.....	12
<b>Ilustración 2-2:</b>	Clasificación de los macrovertebrados acuáticos.....	14
<b>Ilustración 2-3:</b>	Ecosistemas Acuáticos.....	15
<b>Ilustración 3-1:</b>	Área de estudio.....	25
<b>Ilustración 3-2:</b>	<b>(a):</b> QG, <b>(b):</b> QCa, <b>(c):</b> QCach.....	26
<b>Ilustración 3-3:</b>	<b>(d):</b> QP.....	26
<b>Ilustración 3-4:</b>	Secciones parciales de un cauce.....	29
<b>Ilustración 3-5:</b>	<b>(f):</b> Análisis físico – químico y microbiológico.....	32
<b>Ilustración 3-6:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.....	35
<b>Ilustración 3-7:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	35
<b>Ilustración 3-8:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5.....	36
<b>Ilustración 3-9:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno.....	36
<b>Ilustración 3-10:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo.....	37
<b>Ilustración 3-11:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.....	37
<b>Ilustración 3-12:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.....	38
<b>Ilustración 3-13:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total.....	38
<b>Ilustración 3-14:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación Oxígeno.....	39
<b>Ilustración 3-15:</b>	<b>(e):</b> Colecta de Macroinvertebrados Acuáticos.....	41
<b>Ilustración 3-16:</b>	Instrucciones en laboratorio.....	41
<b>Ilustración 4-1:</b>	Variación del caudal en cada uno de los puntos de monitoreo.....	45
<b>Ilustración 4-2:</b>	Aportación hídrica a la subcuenca del río Chambo.....	46
<b>Ilustración 4-3:</b>	Dendograma de distribución de familias de la Quebrada Guayllabamba- Método del Vecino más Lejano.....	48
<b>Ilustración 4-4:</b>	Dendograma de distribución de familias de la Quebrada El Carmen- Método del Vecino más Lejano.....	49
<b>Ilustración 4-5:</b>	Dendograma de distribución de familias de la Quebrada Cachipata- Método del Vecino más Lejano.....	50
<b>Ilustración 4-6:</b>	Dendograma de distribución de familias de la Quebrada Cachipata- Método del Vecino más Lejano.....	50
<b>Ilustración 4-7:</b>	Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QG.....	51
<b>Ilustración 4-8:</b>	Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QCa.....	52

<b>Ilustración 4-9:</b>	Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QCach.....	53
<b>Ilustración 4-10:</b>	Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QP.....	54
<b>Ilustración 4-11:</b>	Correlación de los macroinvertebrados acuáticos .....	55
<b>Ilustración 4-12:</b>	Variación de la temperatura en las quebradas Guayllabamba, El Carmen, Cachipata y Patulú.....	64
<b>Ilustración 4-13:</b>	ICA.....	65
<b>Ilustración 4-14:</b>	Índices Ecológicos.....	66

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
%OD	Porcentaje de oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
SDT	Sólidos Disueltos Totales
UNT	Unidad nefelométrica de turbidez
NMP/100 ml	Número más probable de Colonias por cada 100 mililitros
NO3-	Nitratos
PO4-	Fosfatos
EC	Escherichia Coli
m	Metros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
L	Litros
WQI	Water Quality Index
ABI	Andean Biotic Index/ Índice Biótico Andino
BMWP/Col	Biological Monitoring Working Party/ Colombia
QG	Quebrada Guayllabamba
QCa	Quebrada El Carmen
QP	Quebrada Patulú
QCach	Quebrada Cachipata
MAB	Macroinvertebrados Acuáticos Bentónicos
WHO	<i>Guidelines for drinking water quality</i>
ACP	Análisis de Componentes Principales

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** HOJA DE CAMPO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS.
- ANEXO B:** HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF)
- ANEXO C:** HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR-AND).
- ANEXO D:** MEDICIÓN DE CAUDALES
- ANEXO E:** TOMA DE MUESTRA DE AGUA Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS
- ANEXO F:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
- ANEXO G:** IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA Y HÁBITAT FLUVIAL
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE AGUA EN EL LABORATORIO
- ANEXO I:** MEDICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL LABORATORIO
- ANEXO J:** IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL LABORATORIO
- ANEXO K:** FOTOGRAFÍAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS
- ANEXO L:** ÍNDICE BIOLÓGICO ANDINO (ABI)
- ANEXO M:** CORRELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo valorar la importancia ecológica en cuatro contribuyentes Alto Andinos de la Provincia de Chimborazo. Para ello se utilizó una metodología que incluyó la investigación de campo, de laboratorio, cualitativa, cuantitativa y experimental, por el tipo de datos a analizar, donde se determinaron un total de 48 puntos de monitoreo, tres puntos por cada una de las siguientes Quebrada: Guayllabamba, El Carmen, Cachipata ubicados en el cantón Chambo y el Patulú ubicado en el cantón Guano. Los muestreos se realizaron en los periodos de noviembre 2022 - abril 2023, además, se utilizó índices ecológicos y de calidad como: índices de biodiversidad y abundancia (Shannon-Simpson), índice de Calidad de Agua (ICA), índices ecológicos (Bosque de Ribera Andino (QBR), Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice Biótico Andino (ABI)). Se manejó programas como: Sistemas de información geográfica (SIG), Google Earth, GPS. Obteniendo como resultado de la investigación donde el índice de Shannon presenta un promedio de (2,29) lo que significa que tiene una diversidad de especies media, El índice de Simpson con un promedio de (0,84) presenta una diversidad alta. También que en la quebrada Guayllabamba, El Carmen y Cachipata tienen una calidad de agua Buena, mientras que en el Patulú presenta una calidad Regular; debido a las actividades antrópicas que realizan en estas zonas. El estudio de macroinvertebrados bentónicos registró un total de 3850 especies distribuidas en 14 órdenes y 33 familias. Concluyendo que se encontró gran diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos destacándose la presencia mayoritariamente las familias que pertenecen al orden Trichoptera y Coleóptera y recomendando ampliar estudios sobre la taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos para el Índice Biótico Andino (IBA).

**Palabras clave:** < (QBR) ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA>, < (IHF) ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL>, < (ABI) ÍNDICE BIÓTICO ANDINO>, < (ICA) ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA>, <CALIDAD ECOLÓGICA>, < MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS>.

1620-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

This study aimed to assess the ecological importance of four High Andean taxpayers of the Province of Chimborazo. For this, a methodology was used that included field, laboratory, qualitative, quantitative and experimental research due to the type of data to be analyzed, where a total of 48 monitoring points were determined, three points for each of the following: Quebrada Guayllabamba, El Carmen, Cachipata located in the Chambo canton and the Patulú located in the Guano canton. The samplings were carried out in the periods of November 2022 - April 2023; in addition, ecological and quality indices were used, such as biodiversity and abundance indices (Shannon-Simpson), Water Quality Index (ICA), ecological indices (Bosque de Andean Bank (QBR), Fluvial Habitat Index (IHF) and the Andean Biotic Index (ABI)). Programs such as Geographic Information Systems (GIS), Google Earth, and GPS were managed. The result of the investigation is that the Shannon index presents an average of (2.29), meaning it has a medium diversity of species. The Simpson index with an average of (0.84) presents a high diversity. Also, in the Guayllabamba stream, El Carmen and Cachipata have Good water quality. At the same time, Patulú presents a Regular quality due to the anthropic activities in these areas. The study of benthic macroinvertebrates recorded a total of 3850 species distributed in 14 orders and 33 families. It is concluded that a great diversity of aquatic macroinvertebrate species was found, highlighting the presence mainly of the families belonging to the order Trichoptera and Coleoptera and recommending further studies on the taxonomy of benthic macroinvertebrates for the Andean Biotic Index (IBA).

Keywords: < (QBR) RIVERSIDE FOREST QUALITY INDEX>, < (IHF) RIVER HABITAT INDEX>, < (ABI) ANDEAN BIOTIC INDEX>, < (ICA) WATER QUALITY INDEX>, < ECOLOGICAL QUALITY>, < AQUATIC MACROINVERTEBRATES>.



Ing. Paul Obregón.

Mgs0601927122

## INTRODUCCIÓN

En primer lugar, es importante destacar que las Quebradas Alto Andinas son importantes áreas que conservan la vegetación nativa, y que han mantenido el equilibrio en los sistemas hídricos y ecológicos (Vázquez Zambrano, 2010); además los paisajes de montañas, cerros y bosques andinos, así como los arroyos y cañadas que fluyen a través de ellos, ofrecen servicios ecosistémicos y disminuyen el riesgo de deslizamientos de tierra y agua. La flora y fauna que habitan en los alrededores de estos ríos son únicas y la tierra se mantiene sin sufrir erosión (Chuncho & Chuncho, 2019). Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, el mundo ha sido invadido por la basura y los desechos sólidos, aguas hervidas, cascajo y basura domiciliaria, lo cual ha tenido un impacto negativo en el ecosistema (Campos Urgilés, 2019).

Se estima que alrededor del 30% del agua en nuestro planeta es dulce, gracias a la presencia de humedad y acuíferos (Agua.org.mx, 2022). Esta agua fluye a través de las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos, y se acumula en cuerpos superficiales como lagos y lagunas, así como en acuíferos subterráneos (Barragan, 2020). Es de conocimiento general que el agua dulce es un bien nacional estratégico de uso público, el cual no puede ser vendido, transferido, embargado o prescripto (Martínez Moscoso, 2015). Es un recurso vital para la naturaleza y para la supervivencia de los seres humanos y otros seres vivos. Además, debe ser gestionado considerando aspectos sociales, comunitarios, ambientales, culturales, económicos y políticos para asegurar su disponibilidad a largo plazo y su uso sostenible. (ENCA, 2016).

La calidad del agua, tanto superficial como subterránea, varía debido a diversos factores naturales y a la actividad humana (Sánchez, 2018). No obstante, gracias a los avances en ciencia y tecnología, se han implementado tratamientos que mejoran la calidad del agua de manera segura para el consumo humano y sin alterar su composición física o química (Nuñez, 2018). A pesar de esto, la eutrofización sigue siendo el principal problema relacionado con la calidad del agua, ya que se produce por el aumento de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) y puede afectar el uso del agua. Afortunadamente, se han establecido medidas para controlar este problema y reducir sus impactos negativos (PNUMA, 2014).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos en cuatro afluentes de alta montaña ubicados en la provincia de Chimborazo. Se llevará a cabo en cuatro capítulos que se describirán a continuación (Acosta, 2009). Los resultados obtenidos serán una herramienta útil para los responsables de la toma de decisiones en la gestión sostenible de los recursos hídricos locales. Además, se busca fomentar la conciencia sobre la conservación, recuperación y manejo adecuado del agua en los contribuyentes

Guayllabamba, El Carmen, Cachipata y Patulú, con el fin de satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población y mejorar sus condiciones de vida y salud (Secretaría de Agua, 2016).

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la contaminación de los ríos es un problema que está empeorando con el tiempo, afectando estos cuerpos de agua debido a la actividad humana y factores naturales (Escobar, Jairo, 2022). Sin embargo, muchas personas no se han dado cuenta de que el crecimiento poblacional, la contaminación y la falta de tecnologías adecuadas son factores osmolimitantes que contribuyen a la escasez y disminución del agua disponible para el consumo humano (Arango Ruiz, 2020. p. 2). Según Hessberg (2009), la cantidad de agua en la Tierra es de aproximadamente 1.385 millones de km<sup>3</sup>, pero menos del 1% se considera agua dulce. De estos porcentajes, el 38% se basa en la humedad del suelo, el 52% a lagos, el 8% es vapor atmosférico, el 1% son organismos vivos y solo el 1% se encuentra en los ríos (Escobar, Jairo, 2022).

En consecuencia, se observan problemas como el desinterés por la conservación de las quebradas alto andinas, el crecimiento de la población y la expansión de la actividad agrícola, que conllevan a procesos de contaminación difusa en ríos y disminución en la calidad y cantidad de las fuentes hídricas superficiales (Guanquiza Tello, et al., 2019). Estas fuentes de agua son vulnerables a diferentes tipos de contaminantes, tanto de origen natural como antrópico, que con el tiempo generan alteraciones en el suelo, aire y agua (Naciones Unidas, 1990). Esto se debe a que la mayoría de los habitantes se dedican a actividades como la producción agrícola y ganadera, que en el futuro podrían agotar la gran diversidad de recursos naturales y especies exóticas que se encuentran en estas quebradas (Rico, 2017). Además, las microempresas dedicadas a la fabricación de madera, confección textil, construcción de represas, invernaderos y canales de riego, también afectan la composición y calidad del agua en la zona (Vinueza, 2015).

Para lograr una evaluación de la calidad del agua de las quebradas de la subcuenca del río Chambo y la microcuenca del río Guano, se utilizará una metodología simple y sencilla que se basa en la utilización de índices fisicoquímicos y biológicos. Esto nos permitirá conocer el estado actual de nuestras fuentes hídricas y, al mismo tiempo, inspirar y crear conciencia entre los habitantes sobre la importancia del uso y conservación del agua (Vaca, 2017).

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo general***

Valorar la importancia ecológica de macroinvertebrados acuáticos en cuatro contribuyentes Alto Andinos de la provincia de Chimborazo.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

- Identificar la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en los cuatro contribuyentes.
- Analizar la calidad de agua de los cuatro contribuyentes mediante el índice Water Quality Index (IQW).
- Evaluar el estado ecológico de los cuatro contribuyentes de la subcuenca del río Chambo.

## **1.3. Justificación**

La importancia del agua radica en función clave a la protección de los ecosistemas y la relación entre los territorios, manteniendo una estrecha y mutua dependencia con la vegetación ubicada en las orillas de los cuerpos de agua (Anon., 2023).

Es necesario la conservación de los contribuyentes por la gran geomorfología que alberga la mayor biodiversidad animal y vegetal, para ello es importante identificar familias de macroinvertebrados para evaluar la ecología y la abundancia de especies, todo ello con el objetivo de determinar el grado de contaminación del agua resultante de actividades humanas (López Pacheco, 2019). Es común que el agua que surge de las quebradas sea utilizada para la irrigación y el consumo (Alarcón Valdivieso, 2019), por lo que es crucial estudiar las características y composición del agua para preservar el equilibrio ambiental en el que interactúan las actividades humanas y el ecosistema acuático (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018). Para obtener resultados precisos y confiables sobre la calidad del agua en la zona de estudio, se midieron parámetros físico-químicos y biológicos (Valdés & García, 2017).

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Guano y Chambo en colaboración con las parroquias rurales cercanas, buscan obtener información acerca de la importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos presentes en los contribuyentes Alto Andinos. Actualmente, existe una falta de estudios que evidencien el papel que estos organismos que desempeñan en el ecosistema, por lo que es crucial identificar los cambios en el uso de suelo y áreas de mayor vulnerabilidad ambiental, para promover políticas públicas que fomenten la conservación y

recuperación de los ecosistemas (Departamento de Medio ambiente, 2015). Esto se puede lograr mediante mecanismos que permitan un desarrollo económico sostenible en la región y una gestión racional de los recursos naturales (Ladrera Fernández, 2012).

Es fundamental llevar a cabo esta investigación, que implicará la utilización de técnicas de laboratorio, índices bióticos y estadísticos para evaluar la calidad del agua de una manera económicamente viable. Se sabe que los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a los cambios en su entorno y se distribuyen ampliamente, lo que los convierte en excelentes indicadores de la calidad del agua (Ortiz, 2017).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

La base de esta investigación son siete estudios teóricos y experimentales publicados a partir del año 2012, los cuales emplean diversas metodologías como el ABI, BMWP/Col y IWQ, entre otros índices ecológicos, con el propósito de evaluar la calidad del agua en microcuencas y conocer el estado actual de los ecosistemas. A continuación, se presentan detalladamente algunos de los estudios previos realizados.

En el año 2012, Núñez y Mosquera llevaron a cabo una investigación descriptiva titulada "Estudio de la parte alta de la microcuenca del río Mocha, Parroquia San Andrés-Guano, Chimborazo 2012", cuyo objetivo fue establecer la línea base de la microcuenca a través de la determinación de los factores ambientales, bióticos (flora y fauna) mediante el Método Lineal de Canfield, y abióticos mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua. En el año 2015, se llevó a cabo una investigación con el título "Evaluación de la Calidad del Agua en la Microcuenca del río Chimborazo, mediante Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores Biológicos", el objetivo principal del mismo fue determinar la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Se emplearon el índice biológico Monitoring Working Party de Colombia (BMWP/CoI) y el Índice Biótico Andino (ABI), así como el índice de calidad del agua basado en parámetros físico-químicos Water Quality Index (WQI). En general, la utilización de los índices biológicos señaló que la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo era regular, lo que llevó a recomendar la implementación de un plan de gestión para proteger y preservar la microcuenca (Basantes, 2015).

En el estudio del año 2016 titulado "Evaluación de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Blanco de la Provincia de Chimborazo mediante Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores", se utilizó el índice BMWP/Col para evaluar la calidad del agua en cinco puntos de monitoreo en el río Blanco. Además, se tomaron medidas de parámetros fisicoquímicos y de caudal, y se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Jaccard. Los macroinvertebrados acuáticos fueron recolectados con una red tipo D-net. La calidad de agua del río Blanco fue considerada dudosa, lo que indica que está moderadamente contaminada. Además, se descubrió que las familias de macroinvertebrados son influenciadas directamente por la temperatura, el caudal y el punto de monitoreo. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos

en el campo con un medidor multiparámetros y un medidor de oxígeno disuelto. Se llevaron a cabo cinco monitoreos mensuales entre junio y octubre (AGUIRRE, 2016).

En el año 2017 fue publicado el artículo llamado "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador", el mismo que muestra información de gran interés para nuestro proyecto en curso. El objetivo de la investigación fue caracterizar las condiciones físico-químicas del agua, identificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y determinar la calidad hídrica en dos sitios urbanos de monitoreo del río en la ciudad de Quevedo, utilizando una metodología que incluye análisis de parámetros fisicoquímicos, índices de diversidad y de calidad. La investigación demostró que la zona urbana de Quevedo está fuertemente contaminada debido al urbanismo y las actividades agrícolas e industriales, lo que tiene un impacto negativo en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos (Rosado et al., 2017).

El artículo titulado "Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano" publicado en el año 2018 proporcionó información relevante para este proyecto. El objetivo del estudio fue determinar la calidad del agua y el estado ecológico del Río Sardinas durante las épocas seca y lluviosa mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores ambientales. Los investigadores emplearon el índice BMWP/Col, el índice EPT y un análisis de componentes principales (PCA) para evaluar la biodiversidad y la relación entre los parámetros físico-químicos y los macroinvertebrados (Machado et al., 2018).

En el año 2019, se presentó una tesis titulada "Evaluación de la Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia) a través de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores". El objetivo principal del trabajo fue analizar la calidad del agua en la ciénaga Mata de Palma y desarrollar estrategias de conservación y gestión de su ecosistema acuático. Para lograrlo, se aplicaron diversas metodologías, como el índice biológico BMWP/Col y los índices ecológicos de Shannon, Simpson, Margalef y Pielou, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (Nuñez et al., 2019).

En el artículo publicado en 2020 titulado "Uso de macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de las lagunas de estabilización El Salguero (Colombia)", El objetivo principal planteado fue evaluar la efectividad del sistema de lagunas de estabilización El Salguero, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Para alcanzar este objetivo, se emplearon metodologías como la adaptación del índice BMWP/Col para Colombia y los índices ecológicos de diversidad alfa y beta. A partir de los resultados obtenidos, se concluyó que existe

una dominancia del orden Díptera con respecto al índice BMWP/Col, lo que indica que hay diferencias en la calidad del agua en las distintas lagunas de estabilización. Además, los índices ecológicos alfa y beta permitieron obtener valores de diversidad entre medio y bajo y detectar asociaciones entre las diferentes familias de taxones, lo que permitió conocer que la mayor diversidad de los macroinvertebrados acuáticos se encontró en las lagunas de maduración, siendo el orden Díptera el que presenta mayor presencia de individuos en cada fase de tratamiento (Nuñez & Fragoso-Castilla, 2020).

## **2.2. Base teórico**

### **2.2.1. Contribuyentes altoandinos**

Las regiones tropicales alpinas que se encuentran en la cordillera de los Andes son conocidas como zonas altoandinas (Anthelme, et al., 2015). Estas regiones se caracterizan por tener diferentes tipos de ecosistemas y una gran biodiversidad de fauna y flora endémica en las quebradas altoandinas (Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2012) . Los climas también varían en función de las características específicas de cada lugar, como la temperatura, la precipitación y los niveles de humedad. Por esta razón, en estas zonas se pueden encontrar varios biomas que tienen un papel importante en la transferencia de materia y energía a través de la cadena trófica del ecosistema (Almanza Galvez & Defilippi, 2003).

Los afluentes de agua como arroyos y quebradas están estrechamente relacionados con los bofedales, ya que generalmente se encuentran en ambientes de alta altitud con condiciones extremas, como cambios de temperatura variables entre el día y la noche (30°C en 12 horas), baja presión atmosférica y otros cambios climáticos (Carrasco, et al., 2020). A pesar de estas condiciones adversas, se puede encontrar una amplia variedad de macroinvertebrados acuáticos que son propios de cada quebrada (Hanson, et al., 2010). Además, las características de los macroinvertebrados varían según las magnitudes geográficas como la latitud y la altitud (Anthelme, et al., 2012).

#### **2.2.1.1. Importancia ecológica de las fuentes altoandinas**

Los ríos que fluyen a través de las zonas altoandinas son vitales debido a su diversidad biológica y su papel fundamental como reguladores de la fuente de agua dulce utilizada en una variedad de actividades humanas, como la agricultura, ganadería y la industria. Estos cuerpos de agua pueden variar desde corrientes lentas hasta ríos rápidos con movimientos intensos. A pesar de ser ecosistemas resilientes, a menudo experimentan cambios naturales transitorios, como aumentos

de caudal debido a las lluvias intensas de la temporada, lo que puede tener consecuencias para la comunidad de macroinvertebrados (RODRÍGUEZ & OSPINA, 2016). Estos impactos pueden llevar a la pérdida de especies tanto de plantas como de animales, debido a la fragilidad de los ecosistemas y a los factores antrópicos que pueden afectarlos (Arce & Paladines, 1997).

### **2.2.2. Ecosistemas ribereños**

La palabra ribereño proviene del término anglosajón riparian, el cual a su vez tiene su origen en el latín riparius, que significa "perteneciente o relacionado con la ribera del río" (Magdaleno, 2013). Una zona ribereña es aquella que se encuentra en las proximidades de cuerpos de agua como ríos, arroyos, esteros, lagos y otros afluentes temporales o permanentes; por ello, las comunidades biológicas que se desarrollan en esta zona son conocidas como ribereñas. La zona ribereña es una interfaz entre los hábitats terrestres y acuáticos, y es de suma importancia conservarla para garantizar la salud de los bosques riparios, los cuales son uno de los factores biológicos más importantes en las zonas ribereñas. Además, estos bosques tienen funciones como la captación, almacenamiento y regulación de agua, y proporcionan sustento y recreación a la población (Becerra, 2013).

### **2.2.3. Servicios ecosistémicos de un bosque de ribera**

#### **2.2.3.1. Importancia de la vegetación ribereña**

Una forma común de caracterizar la zona ribereña es a través de la vegetación que se encuentra en ella tratándose de una vegetación que se encuentra cercana o influenciada directamente por un cuerpo de agua, como un río, arroyo o lago. Esta vegetación es considerada azonal, ya que se encuentra en el ecotono entre el ecosistema terrestre y acuático. Sin embargo, la presencia de esta vegetación no solo ayuda a reducir las inundaciones en aguas abajo, sino que también contribuye a mantener la calidad del agua, al actuar como filtro al retener sedimentos, nutrientes y contaminantes. Además, la vegetación ribereña es importante para la conservación de la biodiversidad, ya que proporciona un hábitat adecuado para una variedad de especies, tanto terrestres como acuáticas, como aves, anfibios, peces e insectos acuáticos (Möller, 2011). La sombra de los árboles permite que la cantidad de luz y la temperatura sean favorables para estos organismos, mientras que la hojarasca acumulada en el cauce del río sirve como sustrato, refugio y/o alimento. Además, al estar distribuida a lo largo de grandes extensiones a lo largo de los ríos, la vegetación ribereña forma corredores que favorecen la movilidad de plantas y animales, incrementando la biodiversidad del paisaje (Vázquez, 2022).

### 2.2.3.2. Elementos del bosque de ribera

La vegetación ribereña abarca diferentes áreas en los ecosistemas donde se encuentran, desde cuerpos de agua superficiales, sistemas ribereños y acuíferos aluviales, hasta características geomórficas (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022). En altitudes que oscilan entre los 1250 y 1700 metros, los fragmentos de la vegetación original, principalmente bosque mesófilo de montaña, son reducidos y escasos, lo que hace que los ambientes ribereños sean elementos importantes para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales en estos ecosistemas.

Los componentes del paisaje más significativos en los corredores fluviales son:

- **Corredor del río:** Es un elemento paisajístico lineal que se estructura a lo largo de una franja de aluviones que se extiende desde las cabeceras del río hasta su desembocadura en el mar (Jaramillo Arango, 2017).
- **Cuerpos de agua superficiales:** Son las masas de agua conectadas entre cuencas, que tienen una trayectoria definida, y que pueden ser de distintos tipos como aguas lóxicas, semióxicas y lénticas (Zoido, 2012).
- **Características geomórficas:** Las características geomórficas de este tipo de ecosistemas reflejan las complejas interacciones que existen entre el clima la geología del río el relieve topográfico y la dinámica fluvial existente.
- **Sistemas ribereños:** La vegetación presente en los corredores fluviales se caracteriza por una configuración de mosaico, que se debe a la influencia de diversos factores, como los gradientes climáticos, la humedad del suelo, las perturbaciones ambientales y la disponibilidad de nutrientes (Zoido, 2012).

### 2.2.3.3. Funciones y servicios ecosistémicos del bosque de ribera

El bosque ribereño se caracteriza por su gran diversidad en términos de taxonomía y estructura. Esta diversidad le permite ofrecer una amplia variedad de servicios ecosistémicos:

- El bosque de ribera influye significativamente en la morfología del cauce, debido a que estabiliza el suelo en las márgenes y orillas, lo que mejora su capacidad de resistir la erosión.
- La presencia de vegetación en la ribera, así como las raíces de las plantas y la calidad del suelo, tienen un efecto beneficioso en la mitigación de los impactos de la erosión y las inundaciones. Las raíces de las plantas ayudan a estabilizar el suelo y a prevenir la erosión y los deslizamientos (Sánchez Balibrea & García Moreno, 2022).
- La retención de la escorrentía de la cuenca se refiere a la capacidad del ecosistema ribereño para retener y filtrar el agua que fluye desde las zonas altas de la cuenca.

- La vegetación presente en los bosques de ribera utiliza una parte significativa de los nutrientes disueltos en el agua, lo que evita la eutrofización del cuerpo de agua.
- Se retienen sedimentos, lo que contribuye a mejorar la calidad del agua del cauce.
- La mejora del paisaje y la creación de un ambiente más atractivo para la recreación son otros de los beneficios que aporta el bosque de ribera.
- El bosque de ribera proporciona sombra al bloquear la luz solar e insolación del ambiente cercano al río, lo que contribuye a regular la temperatura del agua y mantenerla bien oxigenada.
- Son responsables de gran parte de la introducción de materia orgánica en forma de partículas al cauce, incluyendo hojas, frutos, flores y ramas, los cuales son recursos alimenticios vitales para los organismos acuáticos.
- El bosque de ribera cumple una función clave en la estabilidad de la cadena alimentaria de invertebrados y peces, ya que aporta importantes cantidades de materia orgánica al cauce durante los períodos de otoño e invierno.
- La presencia de troncos caídos en el bosque de ribera aumenta la complejidad estructural del hábitat y tiene múltiples efectos positivos en el ecosistema fluvial. Estos troncos proporcionan refugio para los peces y otros organismos acuáticos, estabilizan el canal del río y también afectan la temperatura del agua, reduciéndola en invierno e incrementándola en verano. Además, los troncos caídos funcionan como un recurso de escombros de árboles muertos, lo que favorece la retención de partículas y la creación de nuevos hábitats en el río (Gutiérrez, 2011).

El bosque de ribera ofrece una diversidad de servicios ecosistémicos de importancia para la sociedad humana:

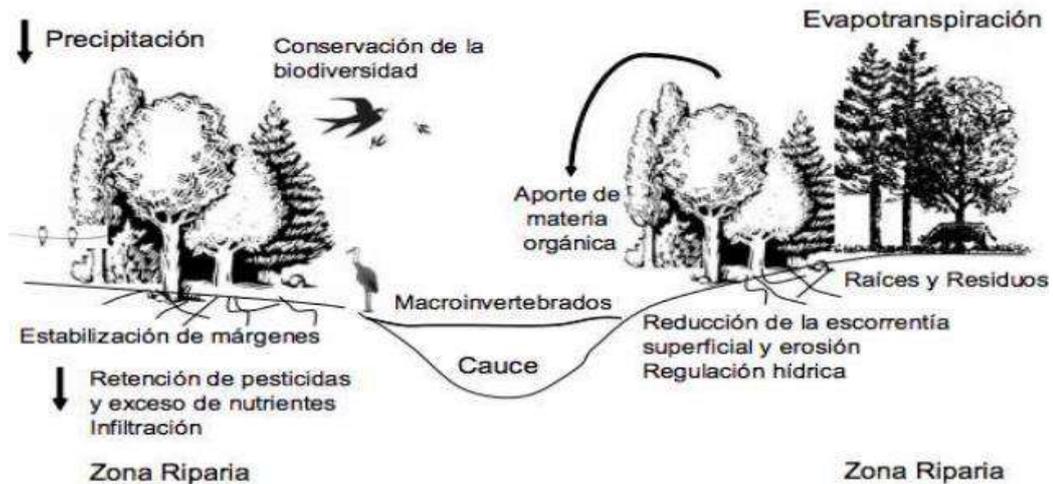
- Los paisajes ofrecen un atractivo para la recreación (servicios culturales).
- Áreas de alta diversidad biológica y riqueza de especies (servicios de soporte).
- Mejoramiento de la pureza del agua y gestión de las inundaciones (servicios de regulación).  
(Caisaguano Inga, 2015)

Las funciones que cumplen los bosques ubicados en las riberas de los ríos tienen diversas finalidades, aunque entre ellas se incluyen las siguientes:

- Influyen en el microclima del río de manera reguladora.
- Contribuyen a mantener la estabilidad de las riberas del río.
- Controlan el desarrollo de las plantas acuáticas de gran tamaño.
- Proporcionan un entorno óptimo para una amplia variedad de especies de plantas y animales.
- Fuente de alimentos para las especies que habitan en ellos.
- Funcionan como un filtro que impide la entrada de sedimentos y productos químicos al lecho del río.

- Desempeñan una función de acumulación de agua y sedimentos.
- Actúan como áreas de recarga de las aguas subterráneas.
- Tienen un valor importante en términos de paisaje, recreación y patrimonio cultural (Demográfico, 2022)

### Funciones ecológicas y servicios ambientales del Bosque Ripario



**Ilustración 2-1:** Funciones ecológicas y servicios ambientales de Bosque Ripario

Fuente: (Demográfico, 2023).

#### 2.2.4. *Macroinvertebrados como bioindicadores de sensibilidad, y tolerancia a la contaminación*

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que pueden ser vistos a simple vista y cuyo tamaño es superior a 500  $\mu$  (Ladrera, et al., 2013). El término "macro" se refiere a su tamaño relativamente grande, que oscila entre 2 mm y 30 cm, mientras que "invertebrados" indica que no tienen huesos, la palabra "acuáticos" hace referencia a su presencia en hábitats de agua dulce, como estuarios, ríos, lagos, arroyos y lagunas (Ladrera, et al., 2013). En general, los macroinvertebrados habitan en los sedimentos de los ecosistemas acuáticos o en cualquier tipo de sustrato, como hojas, troncos, macrofitas, entre otros. Entre los macroinvertebrados acuáticos se encuentran organismos pertenecientes a la clase Insecta, como efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros, pero también se pueden encontrar animales como esponjas, entre otros (Anthelme, et al., 2012).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se encuentran generalmente en los sedimentos y sustratos de los ecosistemas acuáticos (Consejería de Industria, Energía y Medio ambiente,

2021). Además, incluyen individuos con un tamaño igual o superior a 250  $\mu\text{m}$ , que son considerados excelentes indicadores biológicos de la calidad del agua superficial (Acevedo, 2012). Es importante destacar que estos organismos completan su ciclo de vida en el agua en la mayoría de los casos, como es el caso de los chinches (Hemiptera), algunos escarabajos (Coleoptera, aunque su pupa se encuentra en tierra), crustáceos, moluscos y planarias. En cambio, otros macroinvertebrados, como los efemerópteros, odonatos, plecópteros, megalópteros, tricópteros, lepidópteros y dípteros, pasan a vivir en la parte terrestre después de convertirse en adultos (EguíaLis, et al., 2014).

Los bioindicadores son organismos o grupos de organismos que tienen sensibilidad a los contaminantes y tienen necesidades específicas en términos de factores físicos o químicos (Anze, et al., 2007). Los cambios que se reflejan en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos, la forma y los comportamientos, nos indican que ciertos factores están cerca de los límites de tolerancia (Anon., 2011). En particular, los invertebrados acuáticos son ampliamente utilizados como indicadores biológicos para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en todo el mundo (Gamboa, 2008).

Los macroinvertebrados son considerados sensibles ya que no pueden tolerar las nuevas condiciones ambientales y pueden abandonar la zona afectada o morir (Chavez Cruz, 2022). Por esta razón, los expertos han clasificado a cada especie de macroinvertebrados según un número que indica su nivel de sensibilidad a los contaminantes, esta escala varía del 1 al 10, donde el número 1 indica que la especie es menos sensible y gradualmente va aumentando hasta llegar al 10 que indica la mayor sensibilidad a los contaminantes (Gamboa, et al., 2008).

Se clasifica en 5 grupos:

**Tabla 2-1:** Calificación de los organismos según la sensibilidad

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

**Fuente:** (Carrera & Fierro, 2001).

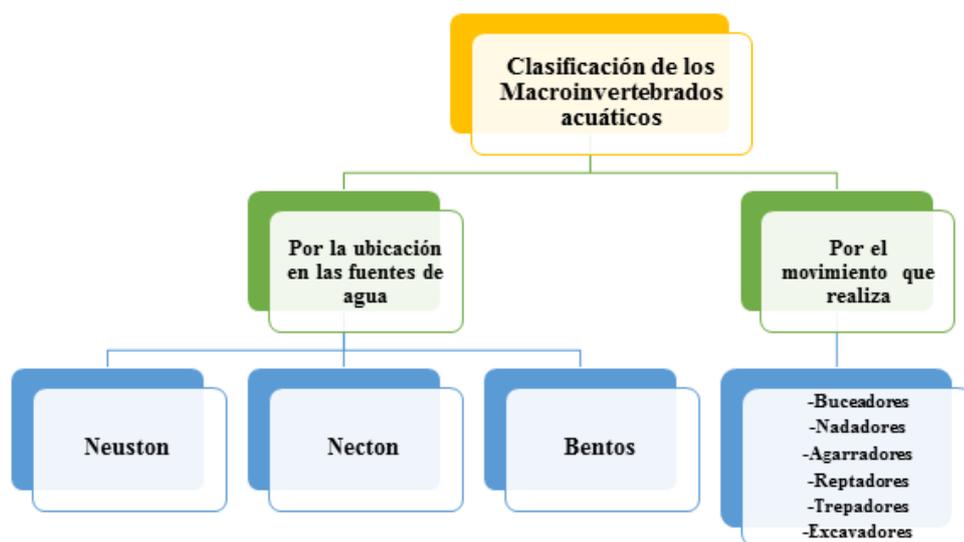
**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

La presencia de diversos grupos de macroinvertebrados puede indicar la existencia o ausencia de una perturbación específica en el medio acuático, ya sea que los organismos sean sensibles o tolerantes a los contaminantes presentes (Carrera & Fierro, 2001).

Algunos grupos de macroinvertebrados tienen límites de tolerancia específicos frente a ciertas alteraciones, y entre ellos se encuentran las familias Asellidae, Syrphidae, Chironomidae y Physidae, que parecen tener una mayor capacidad de tolerar la contaminación (Vivas, et al., 2022).

#### 2.2.4.1. Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos que habitan en agua dulce presentan diversas adaptaciones y ciclos de vida, siendo algunos de ellos completamente acuáticos (Hanson, et al., 2010). Existen distintos grupos de macroinvertebrados acuáticos que se pueden clasificar según su ubicación en el cuerpo de agua y su forma de movimiento (Barinas Vizcaíno, 2008). Algunos habitan en la superficie, otros se encuentran en suspensión en la columna de agua y otros nadan activamente. La gran parte de estos seres habitan en algún tipo de material de soporte, como en el lecho del cuerpo de agua o adheridos a plantas acuáticas, madera o rocas (Hanson, et al., 2010).



**Ilustración 2-2:** Clasificación de los macrovertebrados acuáticos

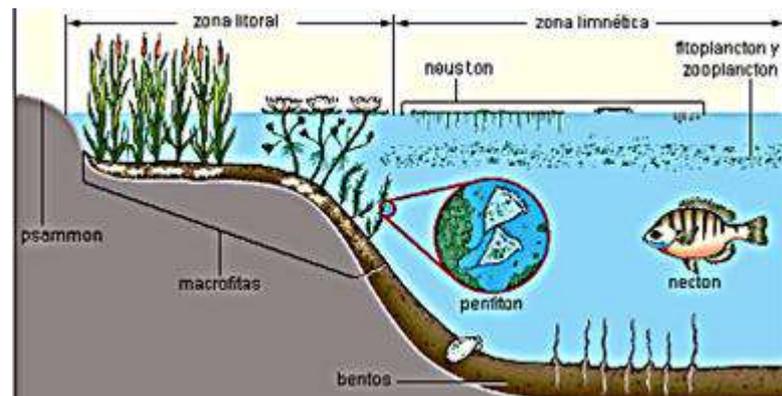
Fuente: (Hanson, et al., 2010)

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### Por la ubicación en las fuentes de agua

- **Neuston:** Este grupo de organismos se compone de seres microscópicos que conforman el pleuston y que habitan la capa superficial que divide el agua y la atmósfera. Estos organismos incluyen aquellos que nadan o se desplazan sobre la superficie del agua (Carrera & Fierro, 2001).

- **Necton:** Los organismos acuáticos móviles son aquellos que se desplazan activamente en las áreas acuáticas, lo que les permite recorrer grandes distancias y, en ocasiones, migrar. Dentro de esta categoría se encuentran los cetáceos, como la ballena o la orca, que tienen una estructura corporal similar a la de los peces, pero con la particularidad de que poseen una aleta horizontal que les permite elevarse para tomar aire de la superficie (Caixa, 2010).
- **Bentos:** Son organismos que habitan en el fondo del medio acuático, ya sea fijados a él o moviéndose por la superficie. La mayoría de los organismos que conforman los bentos son invertebrados. (Ecosistemas, 2022)



**Ilustración 2-3:** Ecosistemas Acuáticos

Fuente: (Ecosistemas, 2022).

### Por el movimiento que realizan

- **Buceadores:** Estas especies respiran en la superficie del agua, pero se sumergen y nadan para obtener alimento. Suelen permanecer aferradas a objetos sumergidos y tienen un cuerpo hidrodinámico y patas traseras con forma de remo equipadas con pelos natatorios (Hanson, et al., 2010).
- **Nadadores:** Son macroinvertebrados acuáticos que habitan de manera permanente en el agua y tienen la capacidad de nadar de manera similar a los peces, aunque su actividad natatoria suele ser breve (Becerra, 2013). Mayormente, estos organismos se mantienen adheridos a objetos sumergidos como rocas, tallos de plantas acuáticas u otros objetos similares (Hanson, et al., 2010).
- **Reptadores:** Los Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera que habitan en ambientes con menor fuerza de corriente, suelen desplazarse reptando sobre la superficie del sustrato, como rocas, sedimentos, hojarasca o madera (Hanson, et al., 2010).
- **Trepadores:** Existen diversas especies de macroinvertebrados que habitan en las zonas acuáticas sumergidas de las plantas, aunque no todos se nutren de ellas. Algunos de estos animales son las ninfas de diversas familias de libélulas, que son depredadoras en su alimentación (Arce & Paladines, 1997).

- **Excavadores:** Se refiere a los macroinvertebrados que habitan en sedimentos blandos y que tienen la capacidad de excavar y enterrarse en ellos. Estos organismos suelen presentar setas en la parte superior del cuerpo, una cabeza aplanada y patas anteriores adaptadas para la excavación (Carrera & Fierro, 2001) (Arce Arias , 2017).

#### 2.2.4.2. *Adaptaciones de vida acuática*

Los macroinvertebrados tienen diversas adaptaciones para sobrevivir en su hábitat, ya que pueden enfrentar condiciones desfavorables como la reducción del oxígeno disuelto en el agua, que puede disminuir debido al aumento de la temperatura y la disminución de la corriente (Zulai, et al., 2012).

##### **- Alimentación de los macroinvertebrados**

Los animales que habitan en el agua dulce pueden obtener su alimento de dos fuentes: del ecosistema acuático en el que viven (autóctono) o del terrestre (alóctono) (Vega, 2018). Dependiendo de si son herbívoros, carnívoros o detritívoros, se alimentarán de organismos vivos o materia orgánica en descomposición (detritus) (Vega, 2018). En cada una de estas categorías, existen diferentes grupos funcionales basados en su comportamiento alimentario, aunque es importante tener en cuenta que este comportamiento puede variar durante el ciclo de vida del animal y que algunos animales son omnívoros y se alimentan de distintos tipos de alimentos (Rodríguez-Barrios, et al., 2011) .

##### **-Respiración de los macroinvertebrados**

En los ambientes acuáticos, el oxígeno es menos abundante que en los ambientes terrestres y se difunde más lentamente en el agua (Musso, 2012) . La cantidad de oxígeno disuelto en el agua disminuye a medida que aumenta la temperatura y disminuye la corriente. Mientras que en el aire hay 200,000 partes por millón (ppm) de oxígeno, en agua fría puede haber sólo 15ppm. Esta es la razón por la que los macroinvertebrados han logrado desarrollar diversas adaptaciones para de esta manera obtener oxígeno del agua en los ambientes acuáticos (ATSDR en Español, 2016).

##### **-Osmoregulación de los macroinvertebrados**

Se refiere al proceso de mantener niveles específicos de sales o iones en el cuerpo (FORERO DUARTE, 2017). Los animales de agua dulce habitan en un entorno hipotónico, lo que significa que el agua tiende a ingresar a sus cuerpos debido a que las concentraciones de sales son mayores en sus cuerpos que en el medio ambiente (Pérez, 2018). Para evitar la entrada excesiva de agua, los animales han desarrollado adaptaciones como una cutícula impermeable con cera en los insectos o carbonato de calcio en los crustáceos. Sin embargo, la respiración cutánea y branquial (traqueas

branquiales en el caso de los insectos) requieren superficies permeables, lo que puede resultar en una entrada excesiva de agua al cuerpo (Arce Arias , 2017).

## **2.2.5. Índices ecológicos aplicados al monitoreo de agua**

### *2.2.5.1. Índices de biodiversidad*

#### -Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver, es uno de los métodos más comúnmente utilizados para medir la biodiversidad de una comunidad. Este índice se basa en la teoría de la información y se utiliza para evaluar la heterogeneidad de la comunidad en términos de la cantidad de especies presentes y su abundancia relativa (V. G. JHINGRAN, et al., 1989). El índice de Shannon es una medida que indica la cantidad de incertidumbre que hay al seleccionar un individuo al azar dentro de una comunidad. Si una comunidad es homogénea y está dominada por una especie, el grado de incertidumbre será bajo, mientras que, si todas las especies son igualmente abundantes, el grado de incertidumbre será alto (Pla, 2006).

$$H = -\sum \pi_i \ln \pi_i \quad \text{Ecuación 1}$$

#### -Índice de Simpson

El índice de Simpson es una medida que refleja la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en una comunidad sean de la misma especie. La influencia de las especies más dominantes es significativa en este índice (Nagendra, 2002). Dado que el índice de Simpson es inversamente proporcional a la equidad, la diversidad se puede calcular como  $1 - \lambda$ .

Enfatiza la dominancia mediante la ecuación:

$$\lambda = \sum (p_i)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

El valor de  $p$  sub  $i$  representa la proporción de individuos de la especie  $i$  y se obtiene dividiendo el número de individuos de la especie  $i$  entre el número total de individuos en la muestra (Valdez, 2018).

### *2.2.5.2. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)*

El índice de Hábitat Fluvial es una herramienta utilizada para evaluar el estado general de un ecosistema acuático y su capacidad para albergar comunidades bióticas (Vieira-Lanero, et al., 2002). Este índice considera factores como la hidrología, la sedimentación en pozas, la diversidad y los

sustratos presentes en la zona para determinar la calidad del hábitat faunístico (Pardo, et al., 2002). Su objetivo es analizar las características de una zona y determinar los aspectos que pueden influir en la composición de las comunidades bióticas (Camprodo, 2012).

**Tabla 2-2:** Niveles de Calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF).

Valor (IHF)	Nivel de Calidad	Color
71-100	Muy buena	
51-70	Buena	
0-50	Mala	

**Fuente:** (Consejería de Industria, Energía y Medio ambiente, 2021)

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### 2.2.5.3. Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

El índice QBR es un conjunto de medidas prácticas y adaptables que se utilizan para evaluar el estado y la conservación de las áreas ribereñas, y que incluyen factores tanto biológicos como morfológicos (Navarro, 2020). Es importante destacar que estas zonas tienen una gran riqueza de diversidad de flora y fauna, y actúan como puertas de entrada para nutrientes y materiales orgánicos no contaminados, lo que ayuda a retener y mitigar los efectos negativos de las fuentes hidrológicas y los páramos (CARRASCO, 2014).

**Tabla 2-3:** Rangos de calidad según el índice QBR.

Nivel de Calidad	Valor (QBR)	COLOR
Bosque de ribera sin alteraciones, en condiciones naturales.	95-100	<b>Muy bueno</b>
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	<b>Bueno</b>
Inicio de alteración importante, calidad intermedia.	55-70	<b>Moderado</b>
Alteración fuerte, mala calidad	30-50	<b>Deficiente</b>
Degradación extrema, calidad pésima.	0-25	<b>Malo</b>

**Fuente:** ( Hidromorfológica de los Ríos, 2020)

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### 2.2.5.4. El Índice Biológico Andino (ABI)

Se considera al índice ABI como un índice biótico que se utiliza en los ecosistemas acuáticos de altura, y se utiliza para determinar la calidad del agua mediante la evaluación de macroinvertebrados identificados taxonómicamente a nivel de familia (CORDERO LEDERGERBER, 2015). El índice se usa para medir la salud y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos,

pero sólo incluye un número limitado de familias de macroinvertebrados debido a que su distribución está restringida por la altitud y su tolerancia al disturbio ambiental. (Gamarra, 2017).

**Tabla 2-4:** Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del índice Biótico Andino (ABI)

ABI	Calidad
>96	Excelente
59 – 96	Buena
35 – 58	Moderada
<35	Mala
Sin vida	Pésima

Fuente: (Encalada et al., 2011).

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 2.2.4.5. El Índice de Calidad del Agua (ICA NSF)

El índice ICA es una forma sencilla de combinar varios parámetros que describen la calidad del agua. A pesar de su simplicidad, fue mejorado por Brown y la Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF), quienes desarrollaron un sistema para comparar la calidad del agua en diferentes ríos del país (Miravet Sánchez, 2016). Para lograrlo, crearon un índice estándar conocido como Índice de Calidad del Agua (ICA) (Fernández-Rodríguez, 2020).

Para la determinación del ICA se toma en cuenta 9 parámetros, los cuales son:

**Coliformes Fecales:** Las bacterias coliformes son conocidas como "indicadores" porque señalan la posible existencia de bacterias que pueden causar enfermedades en el agua. Sin embargo, la presencia de coliformes en el agua no garantiza que su consumo produzca una enfermedad. Por el contrario, indica que hay una posible fuente de contaminación de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) que puede afectar el suministro de agua. Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de animales de sangre caliente, incluidos los humanos (Barrantes, et al., 2013). Por consiguiente, se requiere una prueba más precisa para identificar la presencia de contaminación en aguas residuales o desperdicios animales (Swistock, 2020).

**pH:** El pH es una unidad de medida que indica el nivel de acidez o alcalinidad de una solución. Se refiere a la cantidad de iones hidrógeno (H<sup>+</sup>) presentes en la sustancia. El concepto "pH" se refiere a la "potencialidad de hidrógeno" o la "potencia de hidrógeno" (palabra derivada del término latino "pondus", que significa peso, del latín *pondus*, n. = peso; *potentia*, f. = potencia; *hydrogenium*, n. = hidrógeno). (Lumitos, 2023).

$$pH = -\log_{10}[a_{H^+}] \quad \text{Ecuación 3}$$

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) es un indicador de la cantidad de oxígeno que los microorganismos utilizan para descomponer la materia orgánica en condiciones aeróbicas a una temperatura específica. Es comúnmente utilizada para evaluar el impacto a corto plazo de los efluentes de aguas residuales en los niveles de oxígeno del agua receptora (Raffo Lecca, et al., 2014). La DBO5 es un parámetro que indica la cantidad de oxígeno que se consume durante cinco días a una temperatura de 20°C en una muestra de agua por los microorganismos, para la degradación aeróbica de las sustancias orgánicas presentes. Esta medida indirecta indica la cantidad de sustancias orgánicas biodegradables en el agua residual, y su valor representa la cantidad de oxígeno disuelto (en mg/l) necesaria para degradar estas sustancias biológicamente (Tecnal, 2022).

**Tabla 2-5:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>)

CRITERIO (mg/L)	CLASIFICACIÓN	COLOR
DBO <sub>5</sub> ≤ 3	No contaminada	EXCELENTE
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	BUENA CALIDAD
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	Con inicio de contaminación, aguas superficiales con capacidad de auto depurarse o con descargas de agua residuales tratadas biológicamente	ACEPTABLE
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	CONTAMINADA
DBO <sub>5</sub> > 120	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	FUERTEMENTE CONTAMINADA

Fuente: (SEMARNAT, 2020)

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

**Nitratos:** El nitrato es un compuesto químico presente en la mayoría de los fertilizantes, estiércoles y residuos líquidos liberados por los tanques sépticos. Las bacterias presentes en el suelo tienen la capacidad de convertir el nitrógeno en nitrato (Morábito, et al., 2009). El nitrato puede ser transportado a través del suelo por la lluvia o el agua de riego, alcanzando finalmente las aguas subterráneas. Si su pozo de agua extrae agua de estas aguas subterráneas, es posible que su agua potable contenga nitrato (Preguntas y Respuestas, 2016).

**Nitritos:** Los nitratos son producidos tanto de manera natural como por la actividad humana, pero esta última es responsable del aumento significativo en su concentración en los últimos años (Anthelme, et al., 2012). Los residuos industriales son una importante fuente de nitratos en las aguas, y entre las industrias que generan mayor contaminación se encuentran los mataderos, destilerías, azucareras, industrias de levadura, almidón, textiles y fertilizantes. A pesar de ello, estas emisiones suelen ser controladas y tienen un alcance limitado (Palomares, 2010).

**Sulfatos:** Los compuestos mencionados son sustancias que se encuentran naturalmente en el agua, debido a la erosión y disolución de materiales del suelo, principalmente formaciones rocosas que contienen yeso y suelos ricos en sulfatos (Bojaca, 2007). Tanto las aguas subterráneas como las superficiales que provienen de fuentes naturales pueden contener altas concentraciones de estos compuestos, lo que indica que no han sido afectadas por la contaminación causada por la actividad humana. Sin embargo, también es posible que estos compuestos aparezcan en el agua como resultado de residuos y vertidos industriales, así como por depósitos atmosféricos (Acquatecnologia, 2022).

**Temperatura:** Se define como una cantidad escalar que representa la energía cinética de las partículas que componen un objeto o sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso. Cuando la velocidad de las partículas aumenta, la temperatura también aumenta y viceversa. La noción de frío y calor, que se pueden percibir de manera instintiva, está estrechamente relacionada con la medición de la temperatura (Química.es, 2022).

**Turbidez:** La turbidez se refiere a la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión, lo que causa que el agua parezca más sucia y aumente la turbidez. La turbidez se considera un indicador importante de la calidad del agua, ya que cuanto más turbia sea el agua, menor será su calidad. Las partículas en suspensión absorben calor de la luz solar, lo que aumenta la temperatura del agua y disminuye la concentración de oxígeno (ya que el oxígeno se disuelve mejor en agua fría). Esto puede ser perjudicial para algunos organismos que no pueden sobrevivir en aguas más cálidas, pero favorece la proliferación de otros (Pure, 2023).

La turbidez es causada por la presencia de partículas en suspensión que dispersan la luz y reducen la actividad fotosintética en plantas y algas. Esto conduce a una disminución en la concentración de oxígeno y, en consecuencia, a la asfixia de los huevos de peces y larvas de insectos, además de dañar las agallas de los peces (Telleria, 2022). La sedimentación de las partículas en el fondo de los lagos poco profundos acelera su colmatación y cubre y sofoca los huevos y larvas. Aunque la turbidez principalmente afecta la estética del agua, su eliminación es esencial para desinfectar adecuadamente el agua para consumo humano, lo que aumenta los costos de tratamiento. Además,

las partículas suspendidas pueden adherir compuestos tóxicos y pesticidas, incluyendo metales pesados (Equipos y Laboratorio , 2022)

**Sólidos disueltos totales:** Se considera que los sólidos totales disueltos son un indicador físico importante de la calidad del agua, ya que se refiere a las partículas presentes en el medio acuoso que tienen un tamaño promedio de 2 micrones y que no se pueden filtrar fácilmente. El análisis de este parámetro es crucial para controlar los procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, así como para cumplir con las regulaciones sobre la descarga de efluentes (Adam Sigler & Bauder, 2020). La concentración elevada de STD puede afectar negativamente a la penetración de la luz solar en el medio acuático y a los procesos fotosintéticos de la vegetación en este tipo de ecosistemas.

La OMS establece recomendaciones para los niveles de sólidos disueltos totales (TDS) en agua potable, expresados en mg/l o ppm:

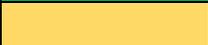
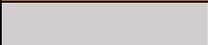
- 0 – 300 Excelente
- 300 – 600 Nivel bueno
- 600 – 900 Nivel aceptable
- 900 – 1200 Nivel pobre o no recomendable
- 1,200 a más Inaceptable. (Carbotecnia, 2021)

- **Oxígeno Disuelto:** La medida se define tanto como la cantidad actual de oxígeno disuelto en el agua a una temperatura específica, en unidades de mg/L, como el porcentaje de saturación de oxígeno en el agua. La unidad de medida mg/L se refiere a la cantidad de miligramos de una sustancia en un litro de agua (Navarro Pérez , et al., 2013). A veces se utiliza el término partes por millón (ppm) como sinónimo de mg/L, ya que un litro de agua dulce equivale a 1000 gramos y un miligramo es una milésima parte de un gramo.

La falta de oxígeno disuelto en el agua puede provocar diversas consecuencias: (Folleto Informativo, 2022)

- Mortalidad de individuos adultos y jóvenes.
- Reducción en la velocidad de crecimiento.
- Incubación y supervivencia de los huevos y las larvas.
- Variaciones en las especies en diferentes cuerpos de agua (Folleto Informativo, 2022)

**Tabla 2-6:** Valores del índice de calidad de Agua (ICA)

<b>CALIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>COLOR</b>
<i>Excelente</i>	91-100	
<i>Buena</i>	71-90	
<i>Mediana</i>	51-70	
<i>Mala</i>	26-50	
<i>Muy Mala</i>	0-25	

Fuente: (Guanoquiza Tello, et al., 2019)

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

## 2.2.5. Índices convencionales a la calidad de agua

### 2.2.5.1. Iones nitratos y nitritos

(De Miguel-Fernandez & Vásquez-Taset, 2006) Los iones son compuestos que se pueden disolver en agua. En el ambiente acuático, el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se transforma en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), lo que indica que es poco común encontrar nitrito en fuentes de agua. Por otro lado, el nitrato es esencial para el crecimiento de las plantas y forma parte del ciclo natural del nitrógeno. La actividad humana ha aumentado los niveles de estos compuestos en el suelo y, debido a su solubilidad en agua, pueden llegar a alcanzar concentraciones elevadas en los ríos. (John Diego Bolaños-Alfaro, et al., 2017).

Existen dos tipos de contaminación por compuestos nitrogenados que pueden estar presentes en fuentes de agua natural: la contaminación puntual y la contaminación difusa. La primera está asociada a actividades de origen industrial, ganadero o urbano, mientras que la segunda está relacionada con la actividad agrícola (ATSDR en Español, 2016).

### 2.2.5.2. Los sulfatos

En la naturaleza, los sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) son comunes y su presencia en el agua depende de la cantidad de sulfato de hierro presente en el suelo y en los lechos de los ríos. La explotación de la pirita en las minas puede conducir a un aumento gradual de los iones sulfato en el agua debido a la oxidación del mineral durante el proceso de extracción (Bolaños-Alfaro, et al., 2017). Además, las concentraciones de dióxido de azufre generadas por las actividades humanas, como los motores que utilizan combustible diésel, se correlacionan con los niveles de sulfato en el agua superficial y en la lluvia. La contaminación por sulfatos puede ser puntual, relacionada con actividades industriales, ganaderas o urbanas, o difusa, relacionada con la actividad agrícola (Equipos y Laboratorio, 2022).

### *2.2.5.3. El ion fosfato*

Los iones de fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) se originan comúnmente a partir del fósforo inorgánico y contribuyen al ciclo del elemento en el medio ambiente (Análisis de agua, 2020). Las precipitaciones, incluyendo la lluvia, contienen cantidades de fosfato que se filtran en el suelo agrícola. Estos iones también actúan como nutrientes para el crecimiento de algas. Altas concentraciones de fosfato pueden provocar un crecimiento excesivo de algas, lo que a su vez puede afectar los niveles de oxígeno en el agua y causar un crecimiento descontrolado de organismos vivos. Esto puede llevar a tasas de descomposición más altas y a la aparición de procesos de eutrofización (Beltrán Pineda, 2014).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de estudio

La investigación se basó en varios tipos de investigación, que incluyen la investigación de campo, de laboratorio, cualitativa, cuantitativa y experimental.

Por el tipo de datos a analizar - Descriptiva –No experimental

Por la medición de dos o as variables – Correlacional- No experimental

Para poder explicar el objeto o fenómeno estudiado – Explicativa- Cualitativos y cuantitativos- No experimental.

Por las condiciones de estudio - Laboratorio y Campo.

#### 3.2. Área de estudio



**Ilustración 3-1:** Área de estudio

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

Para definir los límites del área de investigación, se emplea un sistema de información geográfica y cartográfica para localizar las cuatro quebradas de alta montaña de la provincia de Chimborazo. El objetivo es recopilar datos sobre los tipos de vegetación y los factores o actividades humanas que causan contaminación en estas zonas de estudio (Sarría, 2005).

Las quebradas **Guayllabamba (a)**, **Cachipata (b)** y **El Carmen (c)** están situadas en el cantón Chambo, perteneciente a la provincia de Chimborazo. Estas fuentes hídricas son utilizadas para actividades recreativas y agropecuarias, y presentan temperaturas que oscilan entre 0 y 15 grados Celsius, correspondientes a una zona de clima templado, siendo adecuado para la agricultura y la ganadería, y se identifica tres pisos climáticos: templado, subandino, frío andino y glacial. Los márgenes de los ríos están cubiertos de arbustos, pastos y plantas nativas que varían según las características climáticas, geográficas y del suelo de cada quebrada (Parra Ortega, 2022).



**Ilustración 3-2: (a): QG (b): QCa (c): QCach**

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

**Quebrada Patulú (figura d)** está localizada en la parroquia "San Isidro" del Cantón Guano, y su agua es sumamente valiosa para los residentes de la zona, quienes la utilizan principalmente para fines agrícolas, ganaderos, de riego y domésticos. Por otro lado, el clima es característico de una zona alto andina y va desde los 4° a 18° C durante la época de verano, además, la precipitación y la temperatura son factores determinantes para los sistemas productivos que favorecen la producción agrícola, pecuaria y el establecimiento de algunos pobladores en zonas alto andinas que van desde los 2.900 hasta 3.600 msnm. (Equipo Técnico GADPRSA, 2022).



**Ilustración 3-3: (d): QP**

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### **3.3. Población de estudio**

Las Quebradas Patulú, Guayllabamba, Cachipata, y El Carmen son los contribuyentes alto andinos de la subcuenca del río Chambo que oscilan de una altitud de 2500 a 4000 m.s.n.m.; cuentan con múltiples comunidades de macroinvertebrados bentónicos y gran diversidad de flora y fauna, por lo tanto, se identifican problemáticas ambientales como: deforestación, expansión de fronteras agrícolas, actividad piscicultura en las zonas altoandinas y aguas residuales domésticas y agrícolas presentes sobre las fuentes de las quebradas (Urdanigo & Díaz Ponce, 2019).

### **3.4. Campañas de muestreo**

#### ***3.4.1. Selección de los puntos de monitoreo***

Para identificar los puntos de monitoreo en las áreas de investigación, se utilizó el software de información geográfica (ArcGis), con el fin de crear los mapas de ubicación de las cuatro quebradas junto con la georreferenciación del curso principal de cada una de ellas. Además, se utilizó un enfoque de muestreo aleatorio donde se consideró tres puntos de monitoreo por cada quebrada y finalmente se tomó en cuenta una separación de 1 km por cada uno de los puntos a monitorear (Buenaño, et al., 2018).

#### ***3.4.2. Selección de la muestra***

Para la selección de la muestra se consideró a los cuatro contribuyentes alto andinos pertenecientes a la subcuenca del río Chambo que fueron seleccionados de forma aleatoria, tomando en cuenta la altitud, biodiversidad y con fines de interés para la población. (Bustamante Guerrero & Angulo Valencia, 2018)

#### ***3.4.3. Criterios de selección***

##### ***3.4.3.1. Criterios de Selección de los Contribuyentes***

- Se tomó en cuenta una altitud desde los 2500-4000.
- Alta Biodiversidad
- Estado ecológico y climático de las zonas
- Intereses públicos

### 3.4.3.2. Para seleccionar la ubicación de los puntos

- Se excluyeron áreas con inclinaciones superiores a 35 grados debido a la dificultad para realizar el monitoreo.
- La selección de los puntos de muestreo se complementó con la realización de reconocimiento en campo de las zonas de estudio pertenecientes a la Subcuenca del río Chambo.
- En la selección de los puntos se consideraron áreas con presencia y ausencia de población humana
- Se consideró lugares donde realizan actividades agrarias
- Cada punto de monitoreo fue registrado con un dispositivo (GPS) y posteriormente se analizó su ubicación y datos asociados utilizando el software de Sistema de Información Geográfica (SIG).

## 3.5. Determinación de Caudales

Para la determinación de los caudales de cada uno de los contribuyentes estudiados se utilizó la metodología del método de sección por velocidad para obtener resultados verídicos.

### 3.5.1. Método de sección por velocidad

Este método consiste en medir la velocidad en diversos puntos de la sección transversal del río. Posteriormente se dividió el río en tramos y se midió la profundidad en distintos puntos, para después calcular el caudal mediante la ecuación de continuidad (Caudal, 2022).

$$Q = A \times V \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

**Q**= Caudal del agua, en m<sup>3</sup>/s

**A**= Área de la sección transversal, en m<sup>2</sup>

**V**= Velocidad media del agua en, m/s

### 3.5.2. Determinación del área de la sección

Para calcular el área de la sección, se tuvieron en cuenta las características del cauce. Se midieron las profundidades de la sección transversal con un molinete y se determinó la distancia entre los bordes del río en cada una de las áreas medidas (Medición de Caudal, 2020). Con esta información, se obtuvo el área correspondiente a cada tramo y se realizó el cálculo utilizando la fórmula correspondiente.

$$A1 = a+b /2 \times L + A2 = a+b /2 \dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

A1= Área de la sección, en m<sup>2</sup>

a= profundidad inicial del tramo, en m

b= profundidad final del tramo, en m

L= Ancho de la sección, en m

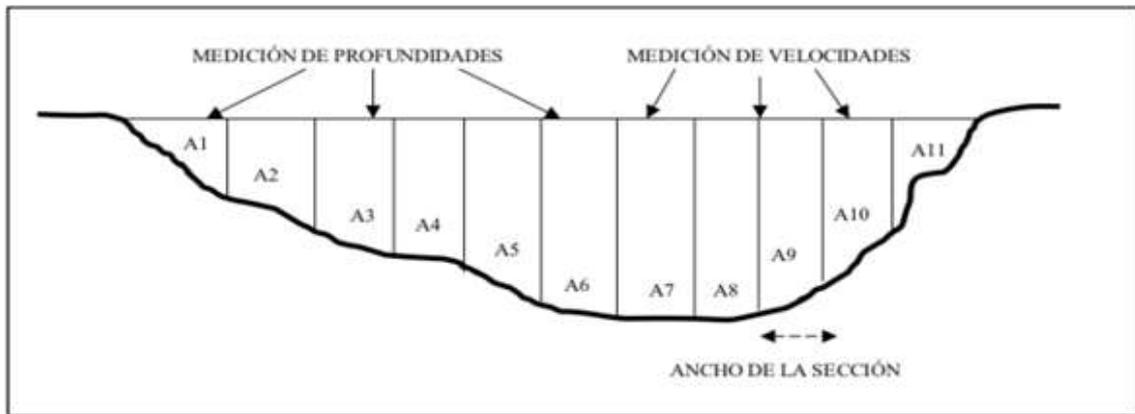
Para determinar el área total del lecho del río, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Área total} = \Sigma A1 + A2 \dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

A1= Área de la sección uno, en m<sup>2</sup>

A2= Área de la sección dos, en m<sup>2</sup>



**Ilustración 3-4:** Secciones parciales de un cauce

Fuente: (Alvarado, 2017).

### 3.5.3. Determinación de la velocidad por medio del molinete

Se utilizó el molinete como instrumento para medir las distintas velocidades a través del correntómetro digital Global Water FP11. Este equipo es capaz de medir caudales en canales abiertos, y consta de una hélice que gira al chocar con el agua de la corriente. El movimiento de rotación de la hélice es proporcional a la velocidad de la corriente de agua. Para obtener las velocidades medias en cada área parcial se empleó el método de varios puntos, que consiste en hacer una medición superficial y una cercana al fondo del río, con mediciones adicionales entre distintos intervalos de profundidad. El promedio de todas estas mediciones será nuestra velocidad media. Con los caudales obtenidos en cada sección del río se realizó una suma para obtener el caudal total (Alvarado, 2017).

$$Q_{total} = Q1 + Q2 + Q3 \dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Q1=Caudal uno

Q2=Caudal dos

Q3=Caudal tres

Finalmente, se aplica un factor de corrección de velocidad, conocido como Factor de Cowan, que se relaciona con la rugosidad del lecho del río. Este factor se determina según el tipo de lecho que tenga el río y puede ser uno de los siguientes:

- Fondos arenosos o terrosos: 0.030
- Fondos rocosos: 0.025
- Fondos de grava fina: 0.024
- Fondos de grava gruesa: 0.028

$$Q_{final} = Q_{total} \times \eta \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Q total= La suma de todos los caudales en las distintas secciones del río, en m<sup>3</sup>/s

n= Coeficiente de rugosidad del lecho del río (adimensional)

### 3.6. Determinación de los Índices de Diversidad y Abundancia

#### 3.6.1. Determinación del índice Shannon Wiener

El índice de Shannon Wiener (diversidad alpha) se calcula a partir de la hoja de datos que contiene la taxonomía y cantidad de todas las familias de macroinvertebrados acuáticos identificadas durante la investigación en cada punto monitoreado. Este índice representa la diversidad de especies presente en el ecosistema y su valor típicamente oscila entre 1.5, indicando baja diversidad, y 3.5, indicando alta diversidad (Uvidia, et al., 2022).

La ecuación empleada para calcular este índice es la siguiente:

$$H = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

H: Índice de Shannon-Wiener

p<sub>i</sub>: Abundancia proporcional de las i-ésimas especies, es igual a (n/N)

n<sub>i</sub>: Número de especies de un área particular

N: Número de individuos de todas las especies

Además, para el análisis se toma en cuenta los rangos de la tabla siguiente:

**Tabla 3-1:** Evaluación de diversidad según Shannon

Índice de Shannon	Diversidad
3,5 - 5	alta
1,6 - 3	media
0 – 1,5	poca

Fuente: Cardno, 2016

### 3.6.2. Determinación del índice de Simpson

El índice de dominancia de Simpson se usa para medir la abundancia de las especies más comunes en una muestra de individuos (Salmerón López, et al., 2017) Este índice proporciona información sobre la diversidad y equidad de una comunidad de especies (Lifeder, 2020). Para obtener los resultados se toma en cuenta la base de datos de las especies en estudio y posterior a ello calcularlo utilizando la ecuación siguiente:

$$D = 1 - \sum pi^2 \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$pi$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $y$  dividido entre el número total de individuos de la muestra (Lifeder, 2020).

$D$  = índice de diversidad de Simpson

Además, para el análisis se toma en cuenta los rangos de la tabla siguiente:

**Tabla 3-2:** Evaluación de diversidad según Simpson

Índice de Simpson	Abundancia
0,76 - 1,00	Alta
0,35 - 0,75	Mediana
0,00 - 0,35	Baja

Fuente: Cardno, 2016

### 3.7. Caracterización físico-química y microbiológica del agua

El muestreo de agua en los puntos de monitoreos establecidos se realizó en una época transitoria (seca y lluviosa) correspondiente al mes de Noviembre – Abril, donde se recolecto un total de 48 muestras de los cuatro contribuyentes Altoandinos (Guayllabamba, El Carmen, Cachipata, y Patulú). De acuerdo al protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods 1060 para parámetros físico-químicos y Standard 62 Methods 901 para análisis microbiológico se realizaron los análisis que se muestran en la Tabla 9.

**Muestreo Físicoquímico:** Para la toma de muestras se ha considerado previamente los parámetros requeridos para la investigación. Se tomó 1L de agua en botellas de vidrio ámbar,

previamente lavadas (Agrocalidad, 2018). Para evitar la contaminación de las botellas en el río, se sumergió al fondo del mismo y se abrió la tapa, una vez que esté totalmente introducida en el agua se procedió a cerrar evitando que queden burbujas dentro de la botella (Jiménez Pérez & Cabezas Suarez, 2017). Es importante mencionar que para la determinación de la DBO5 se utilizó las botellas wheaton y procedió a realizar el mismo procedimiento antes mencionado.

Una vez recolectada las muestras, se trasladaron en un cooler a temperatura ambiente para luego llevarlas directamente al Laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se realizaron los análisis de: Turbidez, fosfatos, Nitratos, Nitritos y DBO5.

**Muestreo Microbiológico:** La recolección de muestras de agua para el análisis se realizó utilizando frascos estériles de plásticos de 100 mL, la muestra fue tomada en la mitad del cauce del río para una mayor representatividad y evitando totalmente tomar de la zona superficial donde se encuentran contaminantes externos (ATSDR en Español, 2016). Finalmente se transportaron las muestras en un Cooler para luego llevarlas directamente al Laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se realizaron las siembras en cajas Petri para la determinación de Coliformes Fecales.



**Ilustración 3-5: (f):** Análisis físico – químico y microbiológico

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

**Tabla 3-3:** Métodos para el análisis Físico - Químico y Microbiológico del agua

Parámetros	Métodos
pH	<i>Utilización del equipo: Multiparámetro, consiste en colocar el equipo directamente en la fuente de agua, esperar que se estabiliza y obtener el dato requerido.</i>
Sólidos disueltos totales (mg/L)	

Salinidad (ppts)	
Conductividad Eléctrica (µs/cm)	
Oxígeno Disuelto (%)	
Temperatura del Agua-Ambiente (°C)	
Turbidez (NTU)	<i>Utilización del equipo: Turbidímetro, donde se añade la muestra de agua en un frasco del equipo, luego se procede cerrar y secar correctamente, finalmente esperar que el equipo se estabilice y así obtener el dato requerido.</i>
Nitratos (mg/L)	<i>Utilización del equipo: Multiparámetro HANNA, donde se añade la muestra de agua en un frasco de 10ml, luego se agrega la sustancia y se agita suavemente para dejar reposar durante 4 minutos, finalmente colocar en el equipo la muestra y obtener el dato requerido.</i>
Nitritos (mg/L)	<i>Utilización del equipo: Multiparámetro HANNA, donde se añade la muestra de agua en un frasco de 10ml, luego se agrega la sustancia y se agita suavemente para dejar reposar durante 10 minutos, finalmente colocar en el equipo la muestra y obtener el dato requerido.</i>
Fosfatos (mg/L)	<i>Utilización del equipo: Multiparámetro HANNA; donde se añade la muestra de agua en un frasco de 10ml, luego se agrega la sustancia y se agita suavemente para dejar reposar durante 3 minutos, finalmente colocar en el equipo la muestra y obtener el dato requerido.</i>
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L)	<i>Para realizar este análisis se debe primero airear el agua destilada con la bomba de vacío durante 30 minutos aproximadamente. En un balón de afluencia de 1000ml se añade 500ml de agua destilada aireada más 2ml de Buffer pH7 más 1ml CaCl2 más 1ml FeCl3 y dependiendo del agua a ser analizada se coloca el volumen indicado.</i>
Coliformes Fecales (en NMP/100mL)	<i>Utilización del Agar MacConkey, este método consiste en esterilizar las cajas Petri un día antes de realizar la incubación, luego realizar el análisis colocando la muestra de agua con el Agar MacConkey ya solidificados para incubar a una temperatura de 35°C durante 24 horas, pasado este tiempo se puede observar el crecimiento de las colonias y finalmente se procede a contabilizarlas.</i>

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### 3.7.1. Determinación del índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua adopta condiciones óptimas cuando el valor máximo determinado es de 100, que va disminuyendo según el grado de contaminación que exista en el curso de agua de la subcuenca del río Chambo, los rangos se encuentran establecidos en la tabla 6 (Leon Vizcaino, 2019).

Para la determinación del valor de la calidad de agua de los Contribuyentes Alto Andinos, se midió los siguientes parámetros como son: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos, Turbidez, fosfatos, Nitratos, Nitritos, Coliformes fecales y DBO5 (ICA, 2013). La determinación numérica del “ICA”, se calcula con técnicas multiplicativas y ponderadas mediante la asignación de pesos específicos ya establecidos por la metodología de

BROWN, donde se realiza una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA) o en función a la ponderada multiplicativa (Universidad de Panplona, 2020). Matemáticamente se expresa mediante las ecuaciones siguientes:

$$ICA = \sum (Subi * Wi) \text{ } 9 \text{ } i=1 \quad \text{Ecuación 11}$$

$$ICA = \prod (Subi wi) \text{ } 9 \text{ } i=1 \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

Wi= Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi= Subíndice del parámetro i. Los pesos de los diversos parámetros son:

**Tabla 3-4:** Pesos relativos para cada parámetro del ICA NSF

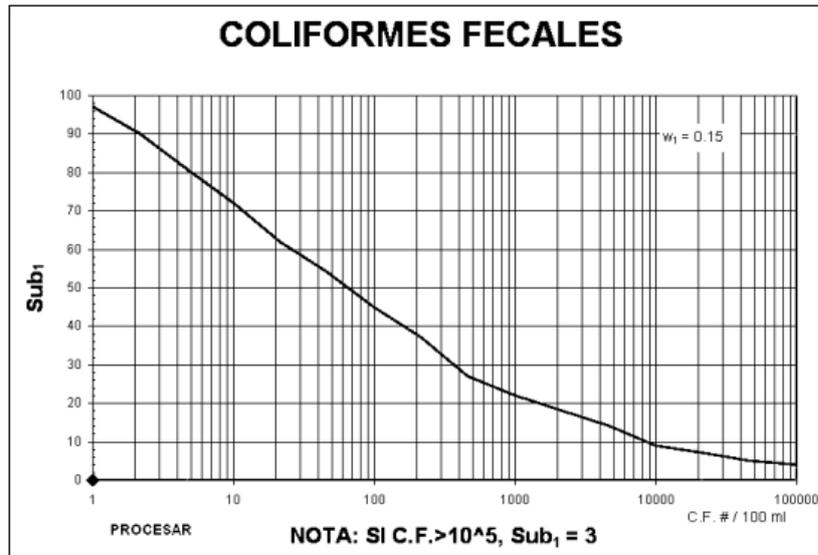
I	Sub Li	wi
1	Coliformes Fecales	0.15
2	Ph	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.10
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto (%)	0.08

**Fuente:** (Barrios, 2018)

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

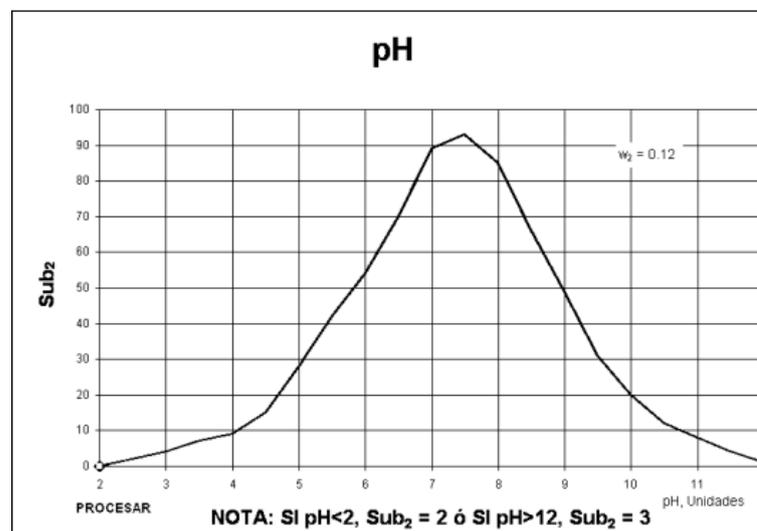
Los pasos a seguir para calcular los (Subi) del Índice de Calidad General es mediante la interpolación en cada una de las gráficas que representa a los parámetros del ICA son:

- Si los coliformes fecales son mayores de 100,000 UFC/100mL el puntaje es igual a 3. Si el valor es menor de 100,00 UFC/100mL, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



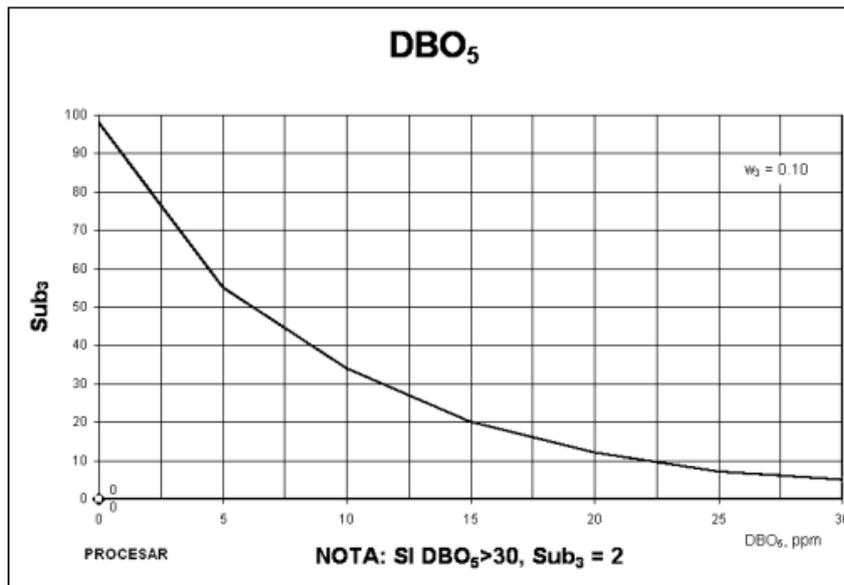
**Ilustración 3-6:** Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales  
**Fuente:** (SNET, 2015).

- Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el puntaje es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 12 unidades el puntaje es igual a 3. Si el valor de pH está entre 2 y 10 se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-7:** Valoración de la calidad de agua en función del pH  
**Fuente:** (SNET, 2015).

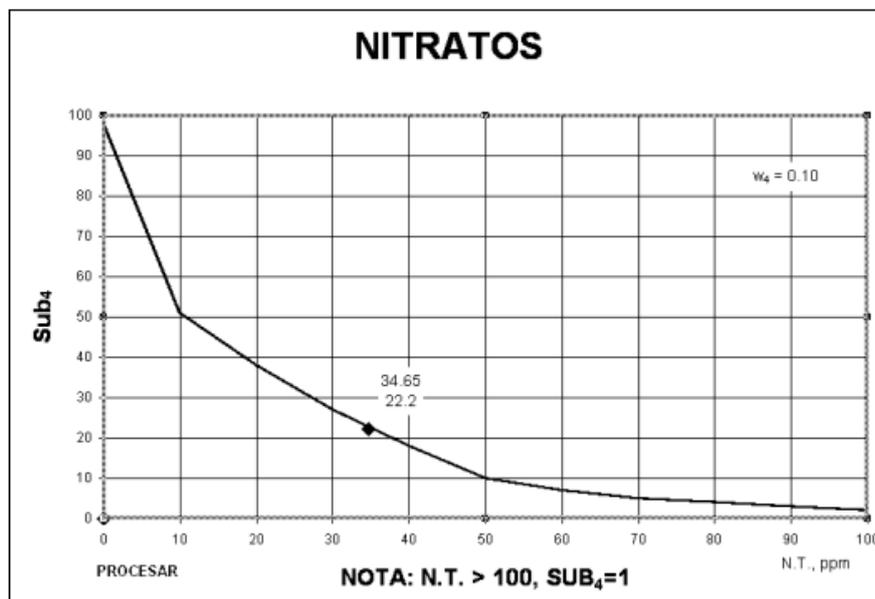
- Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el puntaje es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-8:** Valoración de la calidad de agua en función de la DBO<sub>5</sub>

Fuente: (SNET, 2015).

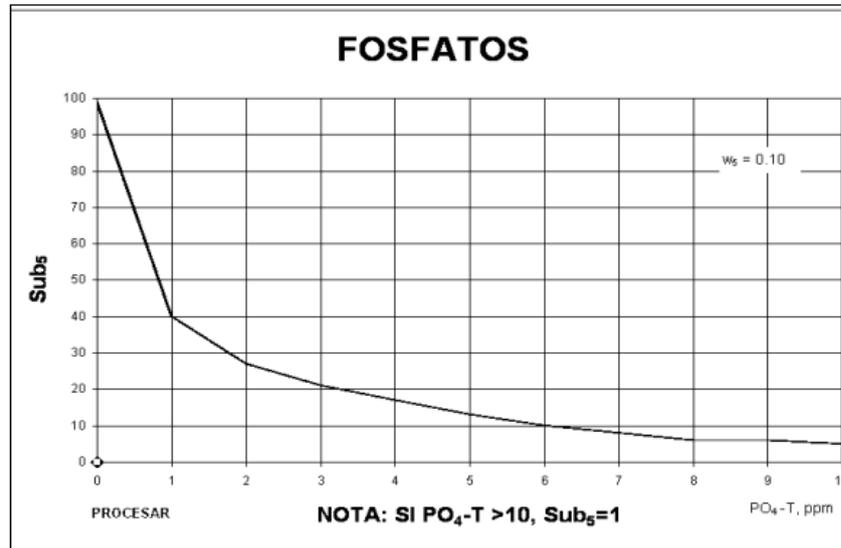
- Si el valor de Nitratos es mayor a 100 mg/L el puntaje es igual a 1. Si el valor de Nitratos es menor de 100 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-9:** Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

Fuente: (SNET, 2015).

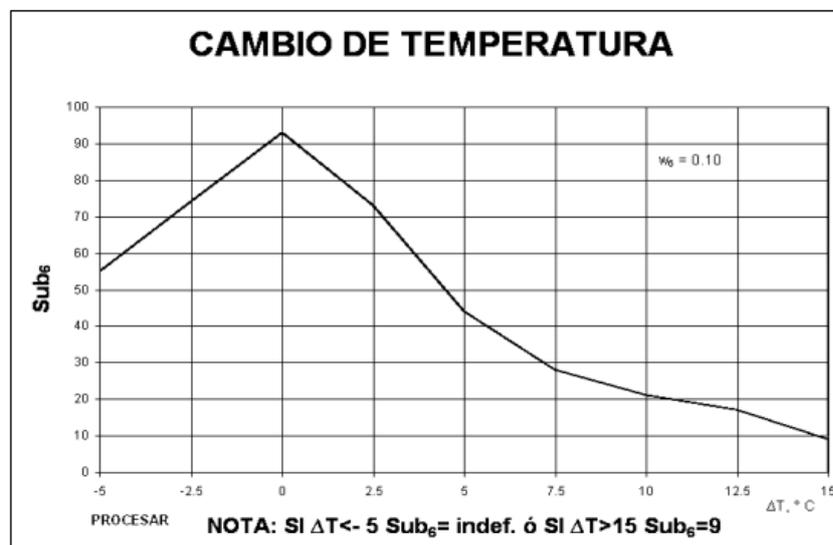
- Si el valor de Fosfatos es mayor a 10 mg/L el puntaje es igual a 1. Si valor de Fosfatos es menor a 10 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-10:** Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo

Fuente: (SNET, 2015).

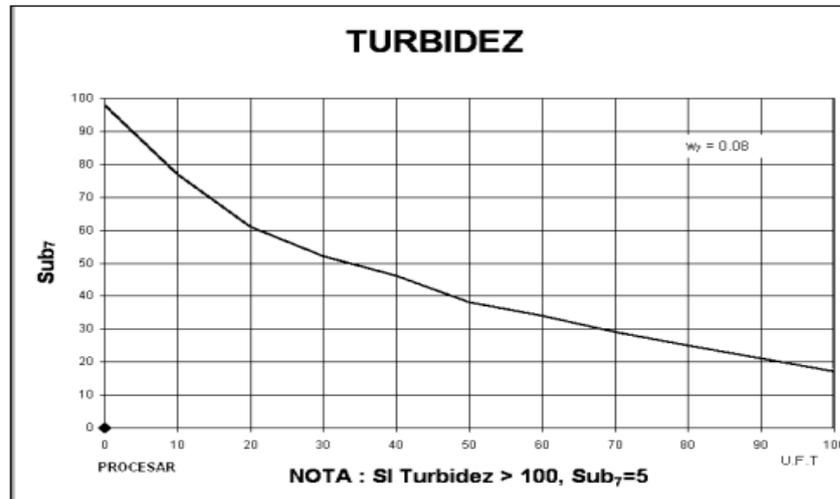
- Para el parámetro de Temperatura primero se debe calcular la diferencia entre la Temperatura Ambiente y la Temperatura Muestra y con el valor obtenido determinar. Si nuestro valor de la diferencia es mayor de 15°C el puntaje es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-11:** Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

Fuente: (SNET, 2015).

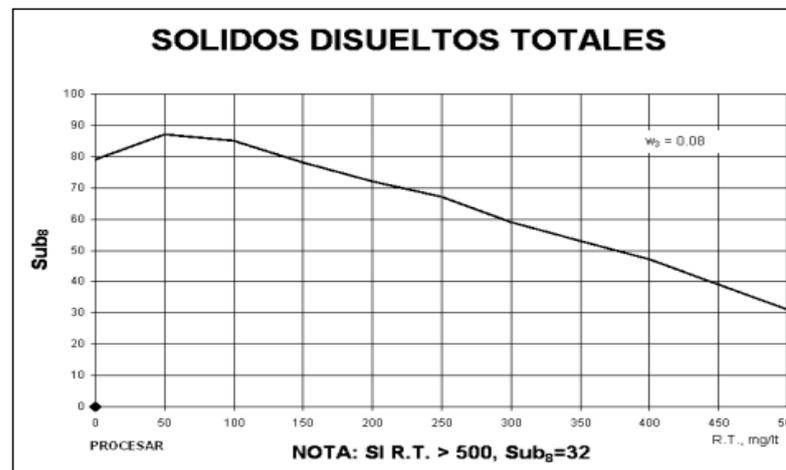
- Si la Turbidez es mayor de 100 NTU el puntaje es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 NTU, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-12:** Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez

Fuente: (SNET, 2015)

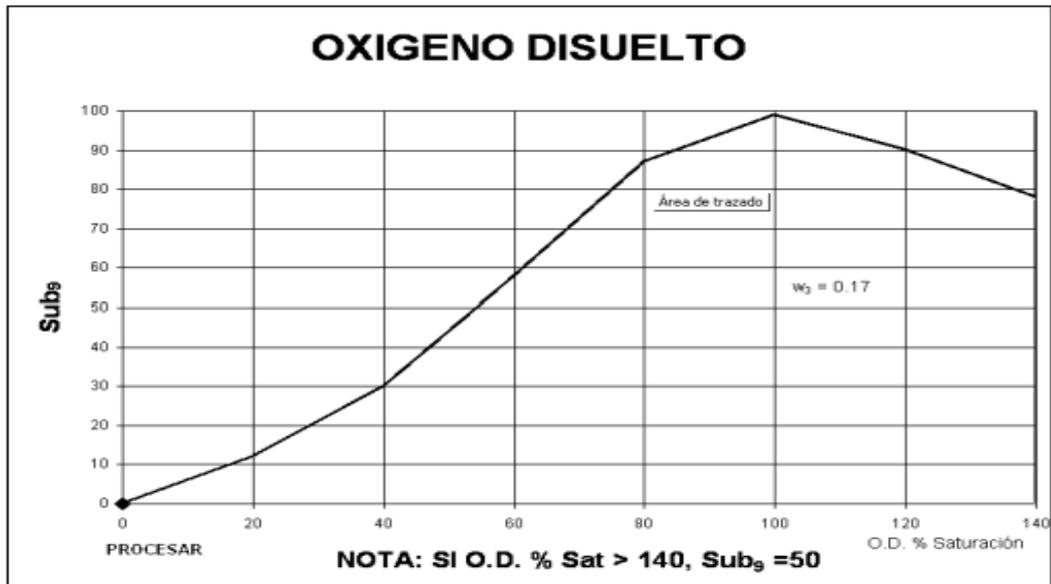
- Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el puntaje es igual a 32, si es menor de 500 mg/L, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-13:** Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total

Fuente: (SNET, 2015).

- Si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el puntaje es igual a 50. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (Duchicela Moreira & Rivera Manosalva, 2022).



**Ilustración 3-14:** Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno  
Fuente: (SNET, 2015).

### 3.8. Determinación de los índices ecológicos

#### 3.8.1. Determinación del índice QBR (calidad del bosque de ribera)

Para evaluar la vegetación ribereña en cada zona de muestreo, se realizó una observación en campo, tomando en cuenta un área de aproximadamente 100 metros a la redonda de cada punto empleando fichas de observación para registrar las variables cualitativas. Posterior a ello, se clasificaron las riberas en cuatro categorías que incluyen diferentes componentes y atributos, como la cobertura vegetal, la estructura de la vegetación, la naturalidad, la complejidad del bosque ribereño y el grado de alteración del canal fluvial (Agencia de Catalana del agua, 2006). A través, de las fichas de observación se estableció que una calidad muy buena y en estado natural se estima con un valor mayor a 96, mientras que una calidad buena de bosque con ligeras perturbaciones se valora de 90 a 76, una calidad aceptable, pero con inicio de una alteración importante de 75 a 51, una mala calidad y con alteración fuerte de 26 a 50, y una calidad pésima y degradación extrema de <25, como se representa en la Tabla 3. En el índice QBR-And en cada sección se puede obtener una puntuación máxima de 25 y el total del QBR-And para una ribera tipo 3 perfectamente conservada sería de 100. Sin embargo, para las riberas tipo 1 y 2, como no se alcanzó la puntuación máxima, se debe ponderar cada apartado para indirectamente alcanzar el valor máximo y así poder compararse con las riberas de tipo 3 (Amon Mendoza & Lopez Iñiguez, 2020).

### **3.8.2. Determinación del IHF**

(PROTOCOLO 2, 2020) Para evaluar el hábitat fluvial cualitativamente en función de la heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat se utilizó la ficha de observación; donde se procedió a llenar la ficha de campo tras varias observaciones y visitas de campo, en cada punto se tomó en cuenta un área de aproximadamente 100 metros a la redonda, donde se resaltan los parámetros: inclusión de rápidos/pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra del cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática; de los cuales se obtiene una puntuación final que se debe sumar por cada bloque mencionado y luego el total, alcanzando rangos que van desde óptima a mala calidad, como se puede ver en la tabla 2.

### **3.8.3. Determinación del índice ABI**

#### *3.8.3.1. Muestreo de macroinvertebrados:*

Para obtener una muestra de macroinvertebrados, se utilizó la técnica de la Red de Patada; esta técnica consiste en remover el fondo del río con las manos y/o botas para atrapar los macroinvertebrados (Carrera & Fierro, 2001), luego se coloca la red en dirección a la corriente y se realiza un movimiento oscilatorio de izquierda a derecha para que los macroinvertebrados sean arrastrados y se acumulen en el fondo de la red, de tal forma que se puedan capturar, durante 30 minutos por cada punto de muestreo (Carrera, 2001).

#### *3.8.3.2. Colecta de macroinvertebradas in situ*

##### **Del sedimento:**

- Para la recolección de los macroinvertebrados que se desprendían del sedimento y la hojarasca, se utilizó una red de tipo D y se llevó a cabo en la dirección de la corriente. Las especies recolectados con la red correspondían a diferentes grupos, como trepadores, nadadores, buceadores y excavadores (Ramírez, 2010).
- Se puso el sedimento atrapado en una bandeja blanca y se repitió este procedimiento tres veces en caso de que hubiera una cantidad insuficiente de sedimento (Ramírez, 2010).
- Se examinó minuciosamente el sedimento en una charola blanca o transparente para identificar los macroinvertebrados presentes. Estos fueron recolectados con pinzas metálicas y pinceles finos y se guardaron en tubos eppendorf que contenían alcohol al 70%. Si la recolección en el campo era difícil, se podía guardar el sedimento en bolsas ziploc etiquetadas,

junto con aproximadamente 100 ml de alcohol al 70% para su conservación (CORDERO LEDERGERBER, 2016).

#### De rocas:

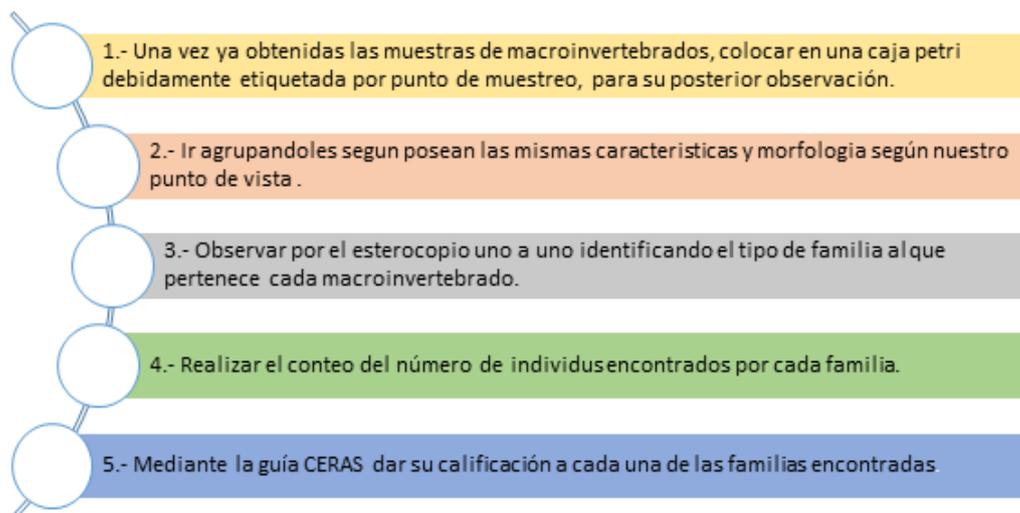
- Para las rocas grandes, se levantaron o movieron ligeramente una por una para obtener principalmente macroinvertebrados reptadores o agarradores, los cuales se recolectaron con pinzas metálicas (Samanez Valer, 2014). En el caso de las piedras o rocas pequeñas y medianas, así como troncos, se colocaron en bandejas para lavarlos y recolectar los macroinvertebrados. Luego, cada individuo se colocó en tubos eppendorf con alcohol al 70%, debidamente etiquetados para su conservación (Alarcón Valdivieso, 2019).



**Ilustración 3-15: (e):** Colecta de Macroinvertebrados Acuáticos

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 3.8.3.3. Instrucciones en el laboratorio para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos



**Ilustración 3-16:** Instrucciones en laboratorio.

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### 3.8.4. *Materiales y equipos*

**Tabla 3-5:** Materiales y Equipos

PARA CAMPO	PARA EL LABORATORIO
Red tipo D	Alcohol (70% o 95%)
Bandejas blancas	Guías de identificación de macroinvertebrados
Fundas ziplock	Estereoscopio
GPS	Gotero
Tubos Eppendorf	Caja Petri
Red de mano o colador	Agujas
Lupa	Pinza
Pinza	Sustancias químicas para su análisis correspondiente
Botas de caucho	Tubos Eppendorf
Mascarilla	Agua destilada
Guantes	Toallas de cocina
Cooler	Balón de aforro
Botellas Color ámbar y botellas <u>wheaton</u>	pipeta
Libreta para campo	Probetas
Frascos Plástico de 100 cc, de boca ancha, con tapa de rosca y material inoxidable.	Balanza digital

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

### 3.8.5. *Evaluación del índice ABI*

Para la evaluación del Índice ABI se contabilizó los macroinvertebrados acuáticos recolectados desde la identificación del nivel taxonómico de familia ya que, dependiendo del tipo de familia u orden presente, se asignó un puntaje específico a cada macroinvertebrado según se indica en el (MENESES-CAMPO, 2019) . Luego se completó la hoja de registro con los datos obtenidos y finalmente se sumaron los puntajes para obtener el valor del índice (tabla 4) (Pérez, 2016).

**Tabla 3-6:** Puntajes establecidos de familias de macroinvertebrados acuáticos por índice ABI

Familia	Puntaje
Hydridae, Grypoperygidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Anomalopsyshidae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Odontoceridae, Blephariceridae	10
N/A	9
Hydrobiosidae, Leptoceridae.	8
Leptohiphidae, Neumoridae, Curculionidae, Ecnomidae, Limnephilidae, Blephariceridae.	7
Hyallellidae, Corydalidae, Hydroptilidae,	6
Planariidae, Elmidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Hydropsychidae, Simulidae.	5

Baetidae, Pyralidae, Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Tipulidae, Limoniidae.	4
Haplontaxidae, Lymnaeidae, Planorbiidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Psychodidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Glossiphoniidae,	1

**Fuente:** (Encalada et al., 2011).

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

Para el rango de calidad del índice biótico andino (ABI) se tomó en cuenta los puntajes del ABI por cada familia encontrada en el cada una de las quebradas, posterior a ello se registró el valor según los rangos establecidos en la tabla 4 (Florida Cardiology, 2023).

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Área de estudio

**Subcuenca del río Chambo:** Forma parte de la cuenca alta del río Pastaza, su principal afluente es el río del mismo nombre. En la subcuenca se encuentran las QG, QCa y Qcach que desembocan en el río Chambo. Se localiza en la zona centro del Ecuador, cuyas coordenadas proyectadas en UTM Zona 17 sur/ Datum WGS 84 son 783487Este - 9817400 Sur, con un rango altitudinal que va desde los 3600 msnm a 4600 msnm.

**Microcuenca del río Patulú:** Está ubicada al norte de la provincia de Chimborazo, en el cantón Guano, parroquia San Isidro, se encuentra formando parte de la Subcuenca del río Chambo que desemboca en el afluente del río Pastaza. Tiene un área de 7774,00 ha, con rangos de elevación que van desde los 2801 y 4329 m.s.n.m

**Tabla 4-1:** Coordenadas del área de estudio

Quebradas	Longitud(m)	Latitud (m)	Altitud (msnm)
<b>QG</b>	770944	9803976	2779-3236
<b>QCa</b>	767349	9809814	2626-2808
<b>QCach</b>	771246	9809641	3176-3229
<b>QP</b>	758021	9827493	2994-3541

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

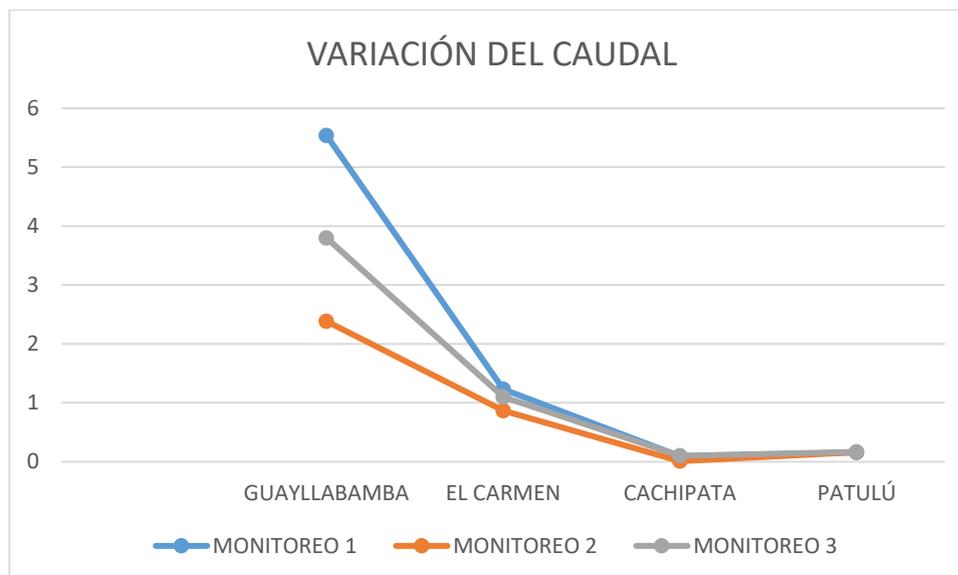
#### 4.2. Caudales

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de caudales durante el período de monitoreo establecido que corresponde a la época transitoria en los cuatro contribuyentes Alto Andinos.

**Tabla 4-2:** Resultados de la medición del caudal en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	PROM
GUAYLLABAMBA	5,54	2,38	3,8	3,91
EL CARMEN	1,23	0,87	1,1	1,07
CACHIPATA	0,09	0,01	0,1	0,07
PATULÚ	0,16	0,16	0,17	0,16

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.



**Ilustración 4-1:** Variación del caudal en cada uno de los puntos de monitoreo

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

La variación del caudal en las zonas de estudio se muestra en la siguiente tabla 14. La QCach presenta un valor mínimo de caudal de **0,07 m<sup>3</sup>/s**, seguido la QP con **0,16 m<sup>3</sup>/s**, mientras que la QCa con **1,07 m<sup>3</sup>/s**. Finalmente, la QG presenta un caudal mayor de **3,91 m<sup>3</sup>/s**. Esto en base a la profundidad y velocidad que se encuentran cada uno de los diferentes contribuyentes.

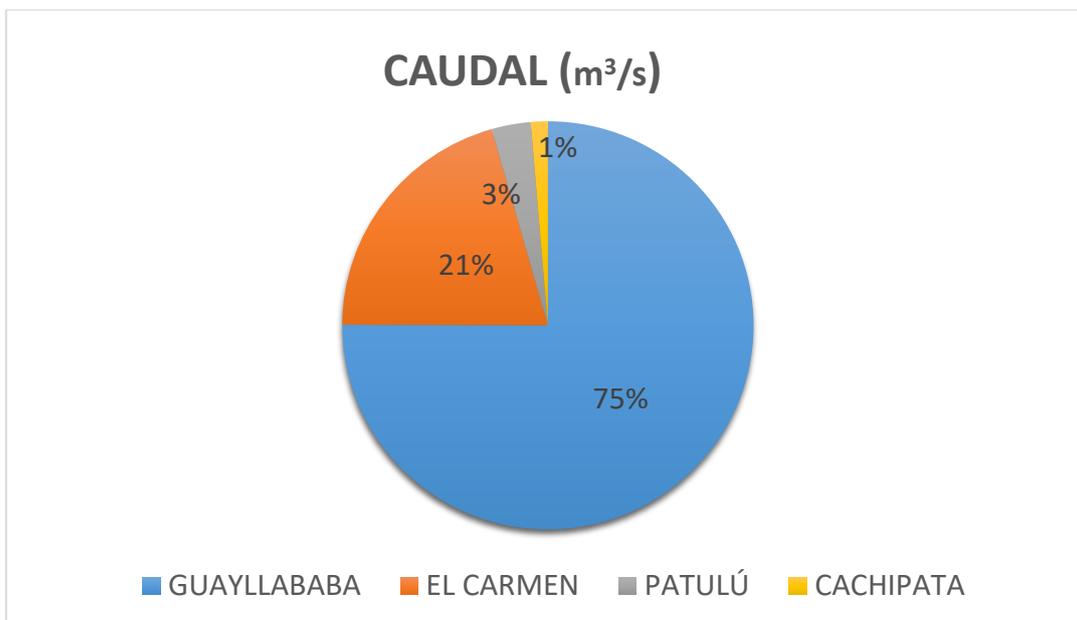
### 4.3. Aportes hídricos

En base a los resultados obtenidos de los caudales, el porcentaje de aportación hídrica para la subcuenca del río Chambo fue: La QCachi con un aporte mínimo de **1%**, mientras que la QG es la que más aporta con **60%**. Por otra parte, el promedio de los cuatro contribuyentes alto andinos es de: **20%**.

**Tabla 4-3:** Aportación hídrica a la subcuenca del río Chambo

QUEBRADAS	CAUDAL m <sup>3</sup> /s	%DE APORTACIÓN
GUAYLLABABA	3,91	75
EL CARMEN	1,07	21
PATULÚ	0,16	3
CACHIPATA	0,07	1
PROMEDIO TOTAL	5,21	

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.



**Ilustración 4-2:** Aportación hídrica a la subcuenca del río Chambo

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.4. Determinación de los Índices de Diversidad y Abundancia

##### 4.4.1. Índice de SHANNON y SIMPSON

El índice de diversidad de Shannon y Simpson es una forma de medir la abundancia y dominancia de la diversidad de especies en una comunidad. Cuanto mayor sea el valor del índice de Shannon, mayor será la diversidad de especies en una comunidad en particular. Cuanto menor sea el valor, menor será la diversidad y si n valor es = 0 indica una comunidad que solo tiene una especie. El valor del índice de diversidad de Simpson varía entre 0 y 1. Cuanto mayor sea el valor, menor será la abundancia.

**Tabla 4-4:** Resultados de los índices de Shannon y Simpson en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	INDICES			
	Shannon (Abundancia)		Simpson (Dominancia)	
	Valor	Cuantificación	Valor	Cuantificación
Guayllabamba	2,43	Diversidad de especies media.	0,91	Diversidad Alta
El Carmen	2,29	Diversidad de especies media.	0,57	Diversidad media
Cachipata	2,61	Diversidad de especies media.	0,94	Diversidad Alta

Patulú	1,81	Diversidad de especies media.	0,95	Diversidad Alta
Promedio	2,29	Diversidad de especies media.	0,84	Diversidad Alta

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

Mediante los resultados obtenidos para el índice de diversidad **Shannon (Abundancia) (tabla 7)**, la QP presenta un valor mínimo de **1,81** es decir, tiene una diversidad de especies media. Mientras que, la QG presenta un valor máximo de **2,43** esto significa que tiene una diversidad de especies media. Por otro lado, el promedio de todos los contribuyentes alto andinos es de **2,29** presentando así una diversidad de especies media.

Para el índice de diversidad **Simpson (Dominancia) (tabla 8)**, la QCa presenta un valor mínimo de **0,57** es decir tiene una diversidad media. Mientras que, la QP presenta un valor máximo de **0,96** esto significa que tiene una diversidad Alta. Por otra parte, el promedio de todos los contribuyentes es de 0,84 presentando una diversidad Alta.

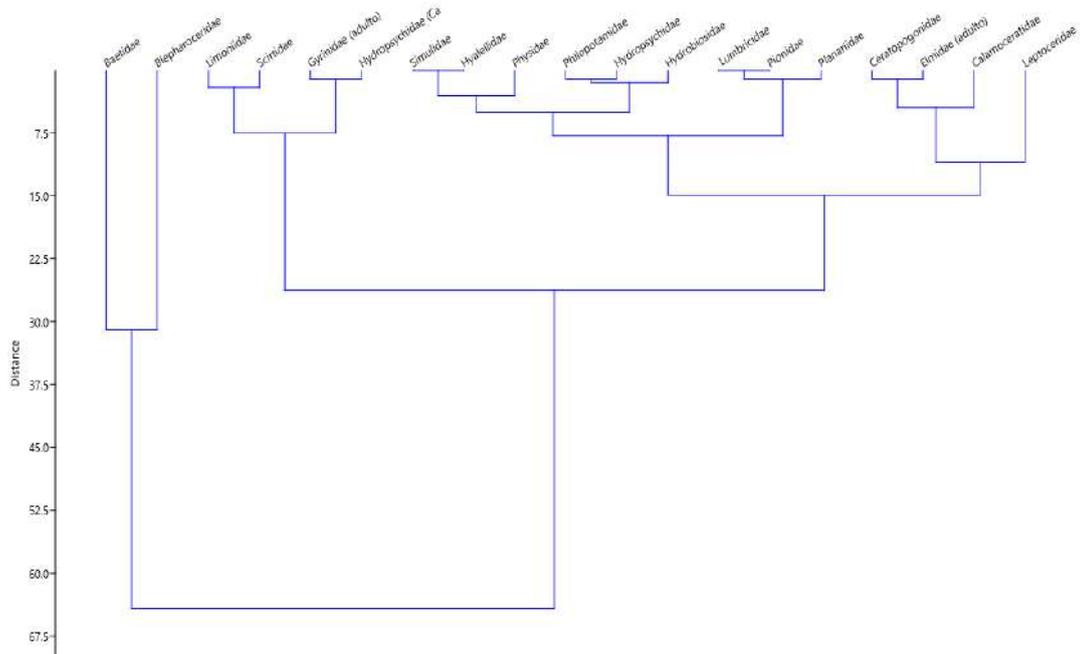
#### 4.5. Biodiversidad de macroinvertebrados

A lo largo de los Contribuyentes Guayllabamba, El Carmen, Cachipata y Patulú se contabilizaron un total de 3850 individuos durante la época de transición, distribuidos en 14 órdenes y 33 familias.

##### 4.5.1. Guayllabamba (QG)

En el resultado del método estadístico del vecino más lejano se puede diferenciar todas las familias encontradas en la quebrada Guayllabamba perteneciente a la subcuenca del río Chambo de la provincia de Chimborazo. Para este análisis se utilizó la distancia Euclidea donde se pudo observar 3 conglomerados de acuerdo a su nivel de similitud, este es medido en el eje vertical de acuerdo a la distancia que se encuentran.

El primer conglomerado (extremo izquierdo) corresponde a las siguientes familias: Limoniidae, Gyrinidae (adulto) y Hydropsychidae (Capullo) con un nivel de similitud de 50%. El Segundo Conglomerado corresponde a: Simuliidae, Hyalellidae, Lumbricidae, Pionidae con un nivel de similitud del 75%. Finalmente, el tercer conglomerado corresponde a las siguientes familias: Ceratopogonidae, Elmidae (adulto) con un nivel de similitud del 50%.

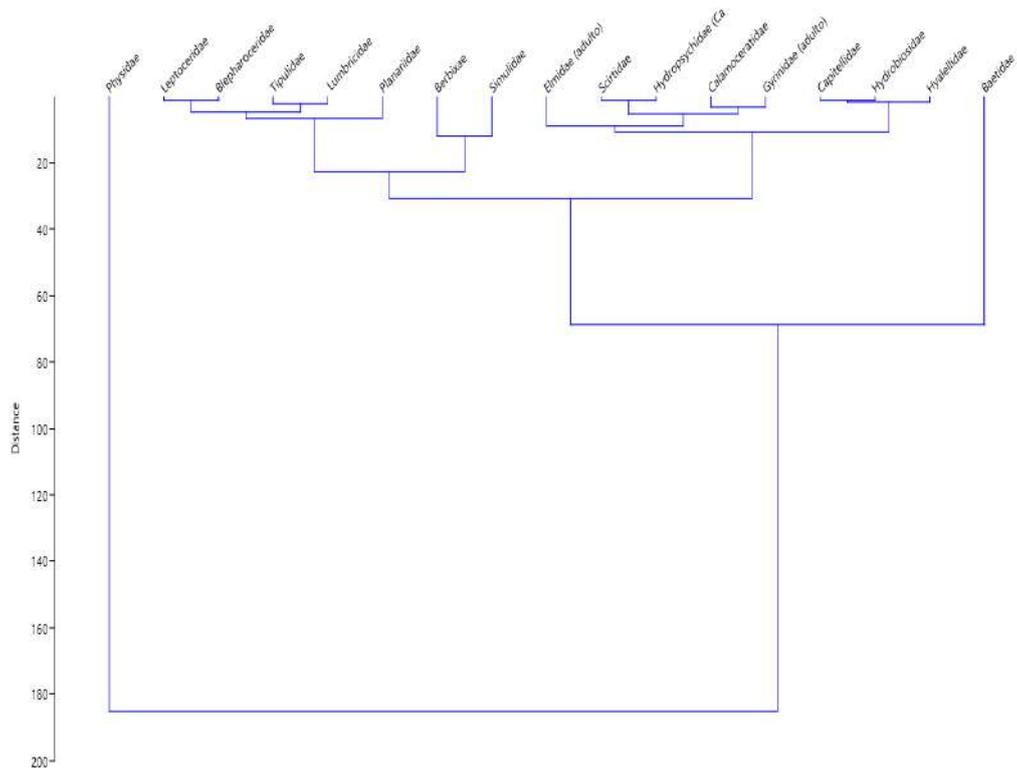


**Ilustración 4-3:** Dendrograma de distribución de familias de la Quebrada Guayllabamba- Método del Vecino más Lejano.

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.5.2. *El Carmen (QCa)*

En la QCa se forman 2 conglomerados, en el primer conglomerado (extremo izquierdo se encuentran las siguientes familias de macroinvertebrados acuáticos los cuales son: Leptoceridae, Blepharoceridae, Tipulidae, Lumbricidae con un nivel de similitud del 50%. En el Segundo conglomerado, se encuentran las siguientes especies: Scirtidae, Hydropsychidae (Capullo), Capitellidae y Hydrobiosidae con un nivel de similitud del 50 %.

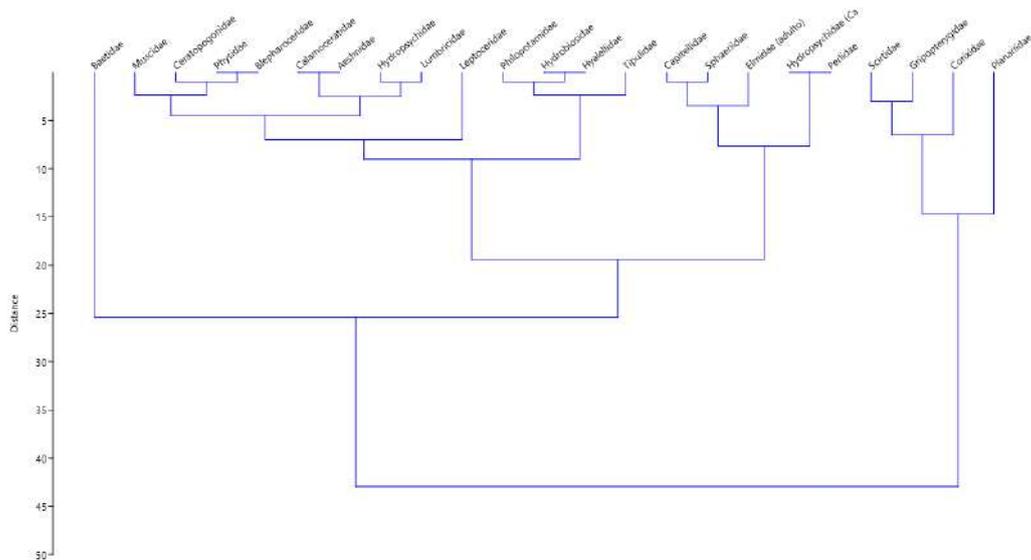


**Ilustración 4-4:** Dendrograma de distribución de familias de la Quebrada El Carmen- Método del Vecino más Lejano.

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.5.3. *Cachipata (QCach)*

En la QCach se forman 4 conglomerados. En el primer conglomerado (extremo izquierdo se compone de las siguientes familias: Physidae, Blepharoceridae, Calamoceratidae y Aeshnidae con un nivel de similitud del 75%. En el segundo conglomerado se encuentran las siguientes familias: Hydrobiosidae e Hyalellidae con un nivel de similitud del 75%. En el tercer conglomerado se identifican las siguientes familias: Hydropterygidae (Capullo) y Perlidae. Finalmente, en el cuarto conglomerado se encuentran las siguientes familias: Scirtidae, Gripopterygidae con una similitud del 25%.

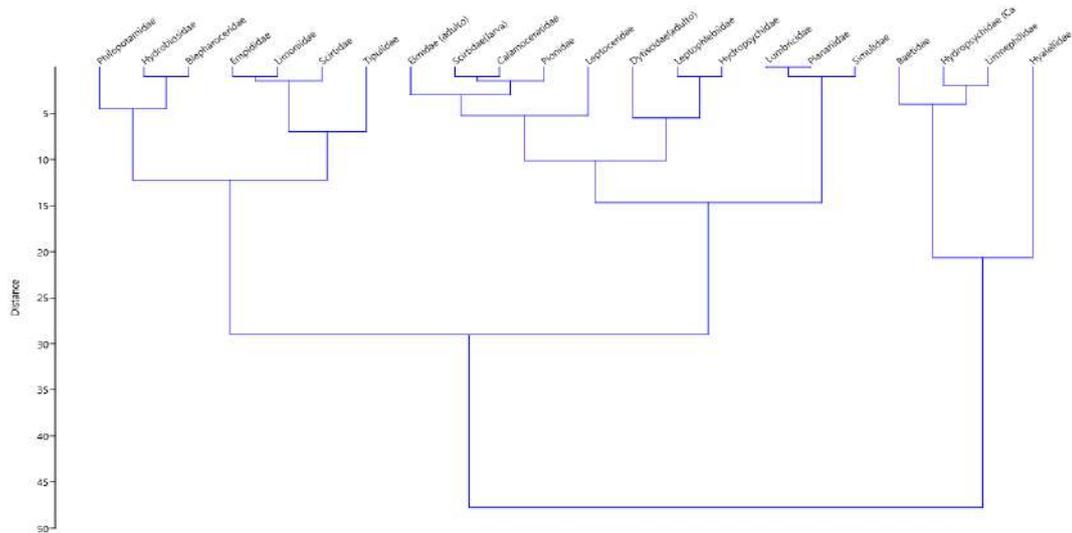


**Ilustración 4-5:** Dendograma de distribución de familias de la Quebrada Cachipata- Método del Vecino más Lejano.

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.5.4. Patulú (QP)

En la QP se formón 3 conglomerados. El primer conglomerado se compone de las siguientes familias los cuales son: Hydrobiosidae, Blepharoceridae, Empididae y Limoniidae con un nivel de similitud del 50%. En el segundo conglomerado se encuentra las siguientes Familias: Lumbricidae y Planariidae con un nivel de similitud del 75%. Finalmente, en el 3 conglomerado se encuentran las siguientes familias: Hydropsychidae (Capullo) y Limnephilidae con un nivel de similitud del 25%.



**Ilustración 4-6:** Dendograma de distribución de familias de la Quebrada Cachipata- Método del Vecino más Lejano.

**Realizado por:** Quishpe N & Charco V, 2023.

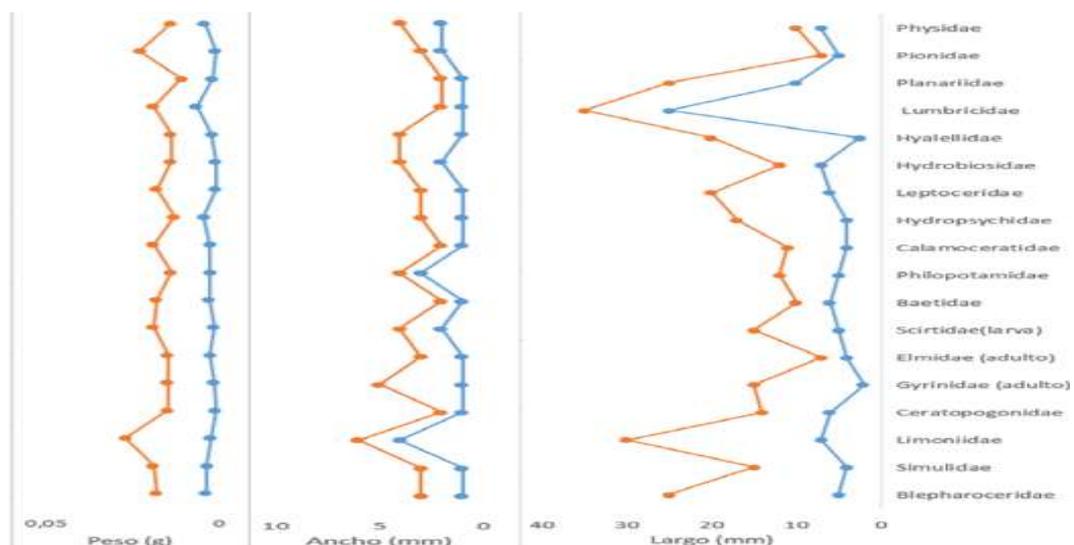
De acuerdo al análisis de forma general de los 4 contribuyentes Alto Andinos de la provincia de Chimborazo se destacaron nueve familias, que presentan un nivel de similitud del 75% las cuales son: Blepharoceridae, Elmidae, Scirtidae, Baetidae, Calamoceratidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Lumbricidae, y Planariidae.

#### 4.6. Medición de macroinvertebrados acuáticos (peso, ancho, Largo)

Para la medición de las especies encontradas en las 4 Quebradas Alto Andinas se tomó en cuenta el peso, expresado en (g), utilizando la balanza analítica. Para evaluar la longitud (ancho - largo) expresada en (mm) se utilizó papel milimetrado y una caja Petri, donde se realizó la medición de 33 familias correspondientes a los puntos de monitoreo (QG1,2,3, QCa4,5,6, QCach7,8,9, QP10,11,12).

##### 4.6.1. Guayllabamba (QG)

En la QG se identificaron 18 familias, de los cuales se realizó la medición con el objetivo de conocer la variabilidad de las dimensiones de los MAB, de esta manera conocer la capacidad de desarrollo y adaptación, en diferentes condiciones de calidad del agua, su hábitat u otros factores que intervienen en el crecimiento de los individuos. Las especies que predomina en QG son: Lumbricidae, Planariidae, Limoniidae, Blepharoceridae, Leptoceridae y Hydropsychidae con un Largo de un rango de (17- 35) mm, el ancho de (3-6) mm y un peso de (0,011-0,019) g, y la especie más pequeña encontrada fue: Gyrinidae con un Largo de (2) mm un ancho de (1) mm y su peso de (0,0015) g.



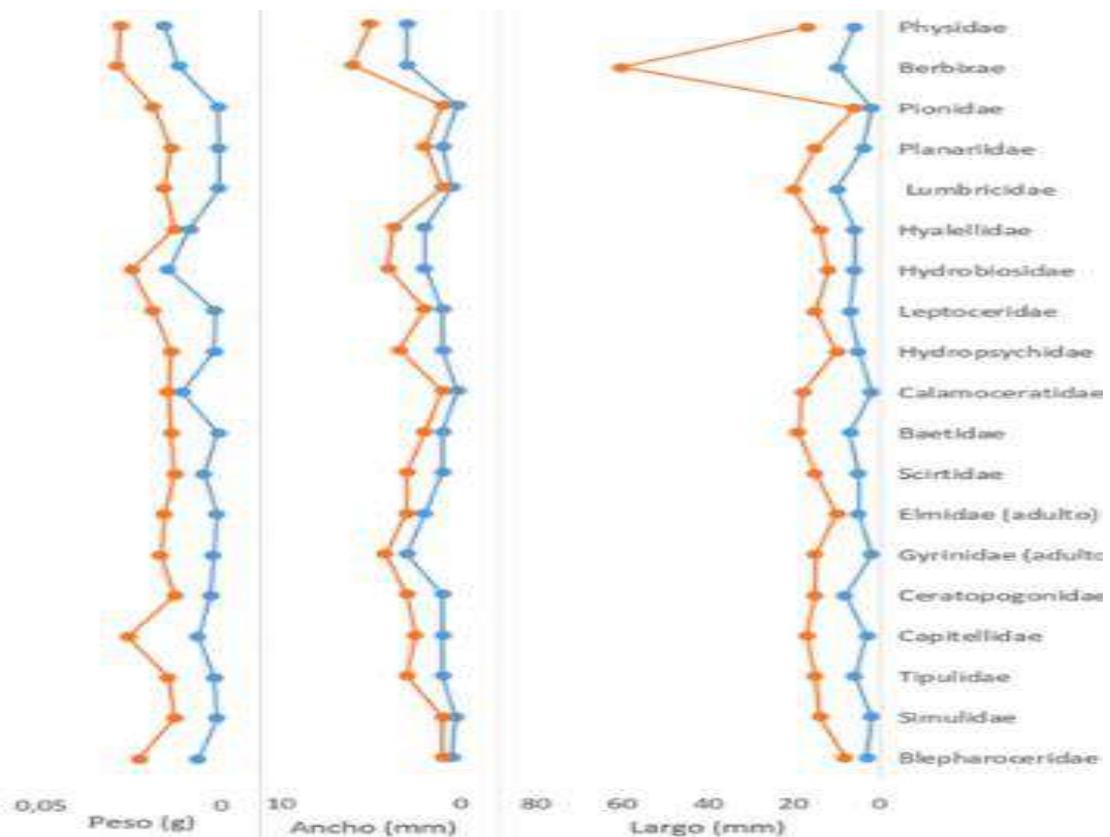
**Ilustración 4-7:** Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QG

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.6.2. El Carmen (QCa)

En la (QCa) se identificaron 19 familias de los cuales se realizó la medición con el objetivo de conocer la variabilidad de las dimensiones de los MAB, de esta manera conocer la capacidad de desarrollo y adaptación, en diferentes condiciones de calidad del agua, su hábitat u otros factores que intervienen en el crecimiento de los individuos.

Las especies que más predominan en esta quebrada son: Berbixae, Lumbricidae, Baetidae y Physidae con un Largo de un rango de (17- 70) mm, el ancho de (3,7-6) mm y un peso de (0,014- 0,029) g, y la especie más pequeña encontrada fue: Simulidae con un Largo de 2 mm un ancho de 0,3 mm y su peso de 0,0013 g.



**Ilustración 4-8:** Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QCa

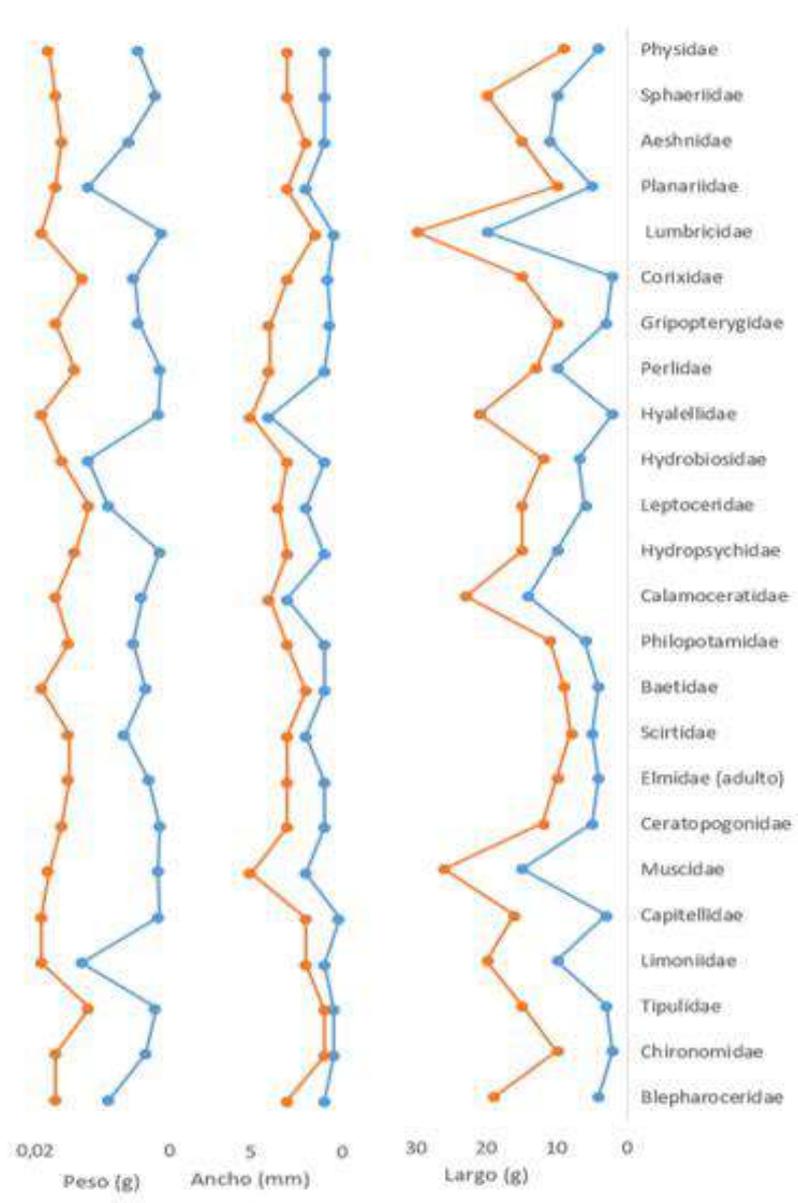
Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.6.3. Cachipata (QCach)

En la quebrada Cachipata se identificaron 24 familias de los cuales se realizó la medición con el objetivo de conocer la variabilidad de las dimensiones de los MAB, de esta manera conocer la

capacidad de desarrollo y adaptación, en diferentes condiciones de calidad del agua, su hábitat u otros factores que intervienen en el crecimiento de los individuos.

Las especies que más predominan en esta quebrada son: Blepharoceridae, Calamoceratidae, Limoniidae y Lumbricidae con un Largo de un rango de (20- 30) mm, el ancho de (1,5-4) mm y un peso de (0,012-0,019) g, y la especie más pequeña encontrada fue: Chironomidae con un Largo de 2 mm un ancho de 0,5 mm y su peso de 0,0035 g.



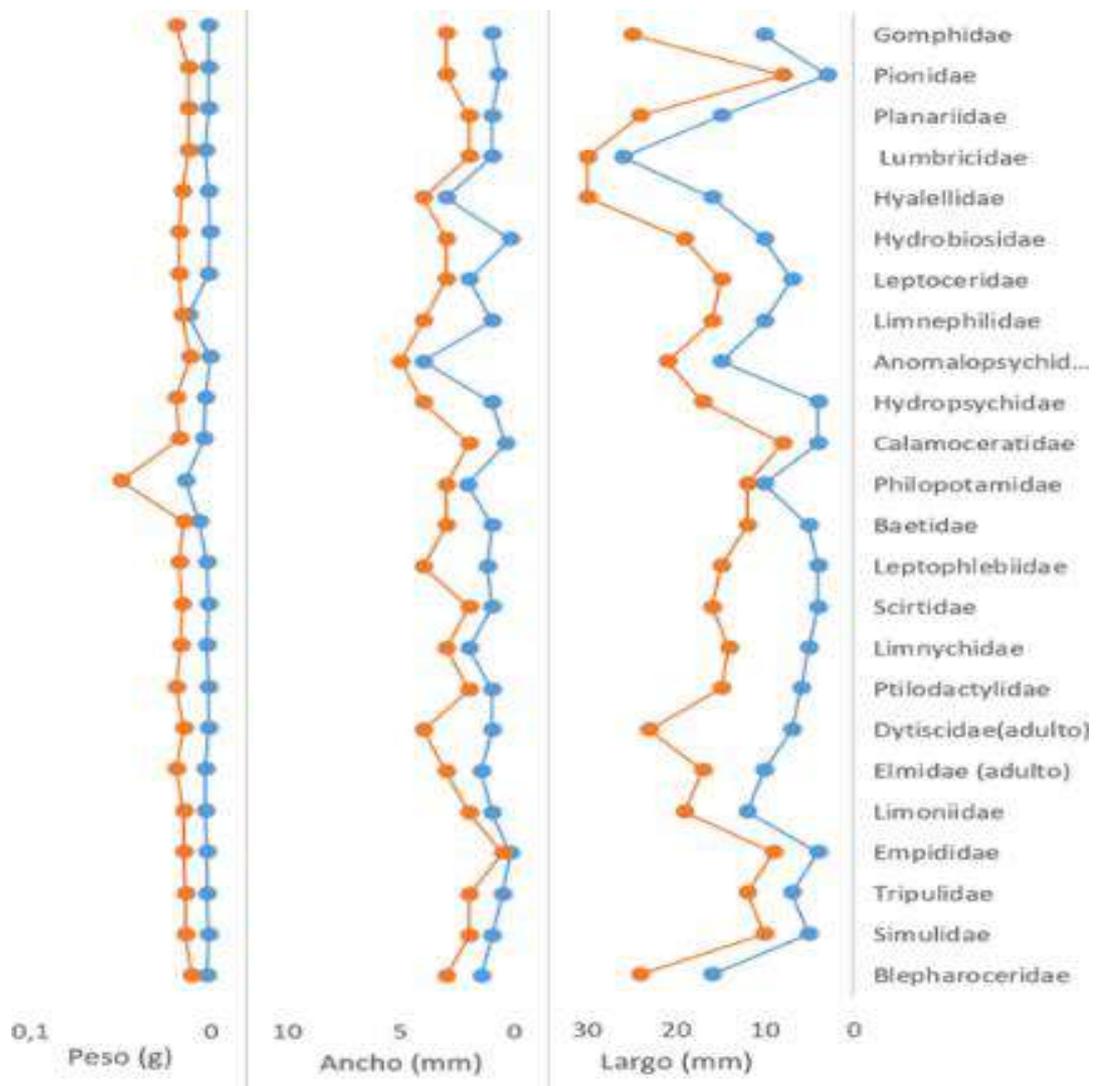
**Ilustración 4-9:** Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QCach

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.6.4. Patulú (QP)

En la QP se identificaron 24 familias de los cuales se realizó la medición, con el objetivo de conocer la variabilidad de las dimensiones de los MAB, de esta manera conocer la capacidad de desarrollo y adaptación, en diferentes condiciones de calidad del agua, su hábitat u otros factores que intervienen en el crecimiento de los individuos.

Las especies que más predominan en esta quebrada son: Hyalellidae, Gomphidae, Blepharoceridae, Planariidae, Anomalopsychidae y Lumbricidae con un Largo de un rango de (21- 30) mm, el ancho de (2-4) mm y un peso de (0,011-0,019) g, y la especie más pequeña encontrada fue: Pionidae con un Largo de 3 mm un ancho de 0,7mm y su peso de 0,0017 g.



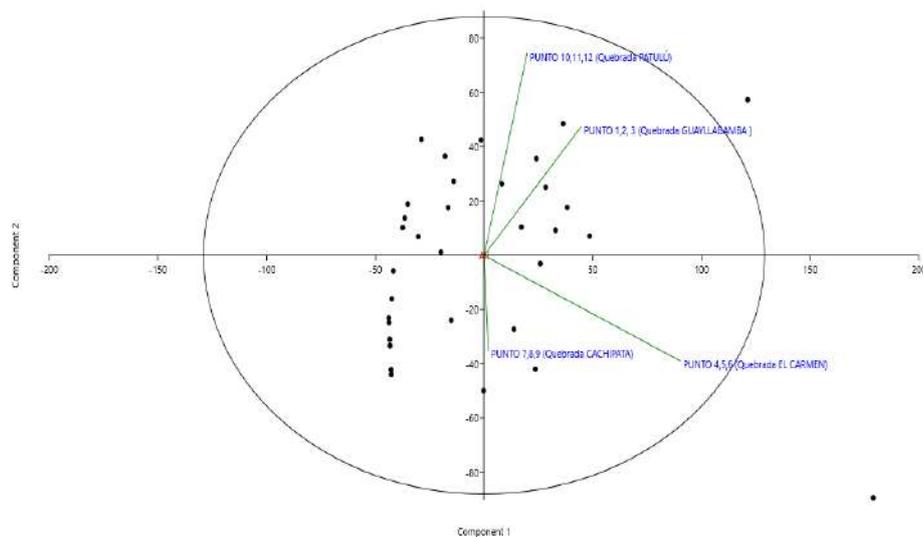
**Ilustración 4-10:** Distribución de las medidas correspondientes a las especies identificadas en QP

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.7. Correlación de macroinvertebrados acuáticos

Es una técnica de ordenación que tiene por objetivo resumir un conjunto complejo de datos, para identificar las variables entre sí. Se puede observar en el gráfico la correlación del ACP que existe entre las distintas familias de MBA en las (QG, QCa, QCach, QP) los cuales son: Blepharoceridae, Elmidae, Scirtidae, Baetidae, Calamoceratidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Lumbricidae, y Planariidae, determinados en un nivel de correlación de (1) que manifiesta que son directamente proporcionales entre sí.

La correlación inversamente proporcional, se expresa en las especies endémicas, determinadas en valores de (-1) identificados en el anexo. De esta manera se puede determinar las siguientes especies, por cada uno de los puntos de monitoreo. En la QG: Simuliidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Pionidae y Physidae. En la quebrada QCa: Tipulidae, Capitellidae y Berbixae. En la QCach: Muscidae, Ceratopogonidae, Perlidae, Perlidae, Corixidae, Aeshnidae y Sphaeriidae. Finalmente, en la QP se encuentran los siguientes: Empididae, Dytiscidae(adulto), Scirtidae(larva), Leptophlebiidae, y Limnephilidae.



**Ilustración 4-11:** Correlación de los macroinvertebrados acuáticos

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8. Resultados de la valoración del análisis fisicoquímico y microbiológico

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecen características únicas y fundamentales de una fuente hídrica para determinar la calidad de agua de una zona; es por ello que se analizaron los siguientes parámetros (tabla):

**Tabla 4-5:** Parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos

Parámetros	Unidades	Promedios	Rangos Permisibles	Referencia
pH	-	7,95	6,5–9,0	TULSMA
Turbidez	NTU	10,67	1-5	OMS
Temperatura Ambiente	°C	12,95	Condiciones naturales +3	TULSMA
Temperatura del Agua	°C	11	Condiciones naturales +3	TULSMA
Cambio de temperatura	°C	2,28		
Solidos Disueltos Totales	mg/L	69,91	1000	TULSMA
Conductividad Eléctrica	µs/cm	143,62	400	OMS
Oxígeno Disuelto	%	96,63	No menor a 6 mg/L	TULSMA
Salinidad	Ppts	0,06	0,5	TULSMA
Fosfatos	mg/L	0,62	0,1	WHO
Nitratos	mg/L	1,86	1	TULSMA
Nitritos	mg/L	0,45	1	TULSMA
DBO5	mg/L	5,16	250	
Coliformes Fecales	UFC/100mL	128,75	600	TULSMA

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

##### 4.8.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH del agua determina la solubilidad de sustancias químicas como nutrientes y metales pesados; ejerciendo influencia en la toxicidad de ciertas fuentes hídricas que causan cambios en la diversidad acuática (Torres, 2020).

Los resultados obtenidos registran que la QCa tiene el valor mínimo de pH con **7,69** que es medianamente básico. Mientras que el valor máximo fue de **8,41** que corresponde a la QP siendo ligeramente alcalino. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **7,95 (Tabla 17)**, es decir el agua es de carácter **básico**; en la tabla 18 se muestran los valores

promedios de cada quebrada. Además, el comportamiento de este parámetro en cuerpos de agua natural está influenciado por la naturaleza de la zona y su altitud.

**Tabla 4-6:** Resultados de pH en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	pH
GUAYLLABAMBA	7,94
EL CARMEN	7,69
CACHIPATA	7,75
PATULÚ	8,41

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.2. *Turbidez*

Los valores altos de turbidez pueden ser provocados por la presencia de partículas suspendidas en el agua como sedimentos, aguas residuales y plancton; es decir, si la turbidez del agua es alta, habrá muchas partículas suspendidas (Rivas, 2019).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **2,47 NTU** que corresponde a la QG considerándose apta para una fuente de agua potable según menciona la OMS. Mientras que la QP tiene el valor máximo de turbidez con **24,17 NTU** que indica presencia de partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **10, 67 NTU (Tabla 17)**, es decir el agua presenta una cantidad significativa de materiales en suspensión; en la tabla 19 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-7:** Resultados de Turbidez en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	TURBIDEZ (NTU)
GUAYLLABAMBA	2,47
EL CARMEN	7,89
CACHIPATA	8,15
PATULÚ	24,17

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.3. *Sólidos Disueltos Totales (TDS)*

Las concentraciones de TDS demasiado altas o demasiado bajas pueden limitar el crecimiento de las plantas acuáticas y provocar la muerte de muchos organismos marinos; sin embargo, el aumento de la concentración TDS en el agua representa un incremento de la salinidad (López, 2018).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **45,55 mg/L** que corresponde a la QG. Mientras que la QP tiene el valor máximo de TDS con **123,4 mg/L.**; estos valores indican que el agua de estas fuentes hídricas requiere un tratamiento convencional para que sea utilizada para consumo humano y uso doméstico. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **69,91 mg/L (Tabla 17)**, lo que refleja cambios por poca o mucha intervención humana y asentamientos urbanísticos que se relacionan con las diferentes actividades agropecuarias realizadas habitualmente en cada zona de estudio; en la tabla 20 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-8:** Resultados de los sólidos disueltos totales en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)
GUAYLLABAMBA	45,55
EL CARMEN	61,34
CACHIPATA	49,35
PATULÚ	123,4

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.4. Conductividad eléctrica (ce)

Es la capacidad que posee el agua para poder conducir la electricidad, donde los iones disueltos son las cargas conductoras, es decir, mientras mayor sea la cantidad de iones o electrolitos disueltos en el agua, mayor será la conductividad eléctrica del agua; es importante mencionar que el agua pura se encuentra estable y sin iones disueltos, lo que significa que el agua pura no es capaz de conducir la electricidad (Boyd, 2018).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **90,76 µs/cm** que corresponde a la QG. Mientras que la QP tiene el valor máximo de conductividad eléctrica con **258,15 µs/cm** indicando que existe mayor cantidad de electrolitos en esta fuente hídrica. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **143,62 µs/cm (Tabla 17)**, lo que representa que puede ser utilizado para uso doméstico y con un tratamiento adecuado también como agua potable; en la tabla 21 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-9:** Resultados de Conductividad Eléctrica en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µs/cm)
GUAYLLABAMBA	90,76
EL CARMEN	124,13
CACHIPATA	101,44
PATULÚ	258,15

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.5. Salinidad

La concentración de salinidad varía según la intensidad de la evaporación o el aporte de agua dulce de los ríos aumente en relación a la cantidad de agua (Matias, 2022).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **0,04 ppts** que corresponde a la QG. Mientras que la QP tiene el valor máximo de salinidad de **0,10 ppts** indicando que existe mayor cantidad de sales disueltas, la misma se encuentra relacionada con la conductividad eléctrica (>salinidad >CE). Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **0,06 ppts (Tabla 17)**, los valores de este parámetro varían según la intensidad de evaporación de la fuente de agua o el aporte de otros contribuyentes. En la tabla 22 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-10:** Resultados de Salinidad en las quebradas de estudio.

QUEBRADAS	SALINIDAD (ppts)
GUAYLLABAMBA	0,04
EL CARMEN	0,07
CACHIPATA	0,04
PATULÚ	0,10

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.6. Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )

El incremento de la concentración de fosfatos causa la eutrofización del agua pues la presencia de fósforo genera el crecimiento de algas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH en las fuentes hídricas (Huilcapi, 2020).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **0,38 mg/L** que corresponde a la QG. Mientras que la QP tiene el valor máximo de concentración del ion fosfato con **0,82 mg/L**. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **0,62 mg/L (Tabla 17)**, los valores identificados varían por la presencia de actividades agrícolas y ganaderas intensivas a lo largo de las fuentes hídricas, considerando que los monitoreos se realizaron en una época de transición; en la tabla 23 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-11:** Resultados del ión Fosfato en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	FOSFATOS (mg/L)
GUAYLLABAMBA	0,38
EL CARMEN	0,64
CACHIPATA	0,65
PATULÚ	0,82

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.7. Nitratos ( $NO_3^-$ )

Los nitratos no se consideran en sí tóxicos, pero la ingesta de grandes cantidades produce efectos significativos en los cuerpos de agua generando eutrofización (Molina, 2021). Es importante mencionar que la alta concentración de nitratos en el agua es un indicador de la presencia de heces fecales ya sean humanas o animales, las cuales son arrastradas al cuerpo de agua por procesos de lixiviación y escorrentía (Sierra Ramírez, 2011).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **0,58 mg/L** que corresponde a la QG. Mientras que la QP tiene el valor máximo de concentración del ion nitrato con **4,36 mg/L**, indicando que la concentración de este parámetro es debido a la intervención humana, asentamientos urbanos y descargas de agua residual de origen doméstico. Por otra parte, el promedio general de este ion en las cuatro quebradas alto andinas fue de **1,86 mg/L (Tabla 17)**, donde su presencia está relacionada con los residuos de fertilizantes que utilizan para los cultivos y actividades ganaderas. En la tabla 24 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-12:** Resultados de Nitratos en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	NITRATOS (mg/L)
GUAYLLABAMBA	0,58
EL CARMEN	0,88
CACHIPATA	1,62
PATULÚ	4,36

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.8. Nitritos ( $NO_2^-$ )

La concentración de nitritos en el agua superficial es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas; en general la presencia de nitritos en el agua es un indicativo de contaminación de carácter fecal reciente (L., 1971).

Los resultados obtenidos registran que el valor mínimo fue de **0,01 mg/L** que corresponde a la QG. Mientras que la QCach tiene el valor máximo de concentración del ion nitrito con **0,75mg/L**. Por otra parte, el promedio general de este ion en las cuatro quebradas alto andinas fue de **0,45 mg/L (Tabla 17)**, cuya presencia se debe a las actividades de ganadería cerca de las fuentes hídricas. En la tabla 25 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-13:** Resultados de Nitritos en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	NITRITOS (mg/L)
GUAYLLABAMBA	0,01
EL CARMEN	0,70
CACHIPATA	0,75
PATULÚ	0,34

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.9. Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es un parámetro muy importante a considerar en estudios de calidad de agua en río especialmente. Por tal motivo una leve disminución de este parámetro resulta mortífero para los macro y microorganismos de una fuente de agua (Roldán-Pérez, 2016b).

El OD a lo largo de la subcuenca del río Chambo presenta valores relativamente buenos, registrando que el valor mínimo fue de **89,06%** que corresponde a la QCach que indica un nivel adecuado de oxígeno disuelto. Mientras que la QCa tiene el valor máximo de oxígeno disuelto con **103,83%** que representa a una sobresaturación. Por otra parte, el promedio general de OD en las cuatro quebradas alto andinas fue de **96,63%**(Tabla 17), siendo excelente en porcentaje de saturación. Además, la variación de este parámetro está relacionada con comportamiento de factores ambientales como: temperatura del agua, altitud y actividades antrópicas (Chacón, 2016); mencionando que el agua más fría tiene una mayor capacidad de oxígeno disuelto que las aguas más cálidas (Roldán, 2017). En la tabla 26 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-14:** Resultados del oxígeno disuelto en las quebradas de estudio.

QUEBRADAS	OXIGENO DISUELTO (%)
GUAYLLABAMBA	103,47
EL CARMEN	103,83
CACHIPATA	89,06
PATULÚ	90,16

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.10. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)

La DBO mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia, siendo uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR), como también en el control del agua potable (Lecca, 2015).

Los valores obtenidos durante el monitoreo determinan que el valor mínimo fue de **4,3 mg/L** que corresponde a la QCach. Mientras que la QCa tiene el valor máximo de DBO5 con **5,41 mg/L** que indica un bajo contenido de materia orgánica biodegradable. Por otra parte, el promedio general de la demanda bioquímica de oxígeno disuelto en las cuatro quebradas alto andinas fue de **5,16 mg/L (Tabla 17)**, que indica que el agua superficial tiene un bajo contenido de materia orgánica biodegradable es decir es de buena calidad según los rangos establecidos en la tabla. Además, la poca variabilidad de DBO5 en las quebradas de estudio es atribuido a la presencia de actividades antropogénicas y a las condiciones climáticas que afectaron al agua, representando una mayor cantidad de materia orgánica en las zonas. En la tabla 27 se muestran los valores promedios de cada quebrada.

**Tabla 4-15:** Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	BDO5 (mg/L)
GUAYLLABAMBA	5,63
EL CARMEN	5,41
CACHIPATA	4,3
PATULÚ	5,31

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

#### 4.8.11. Coliformes Fecales

Son un subgrupo de las bacterias coliformes totales y tienen una característica adicional, que es su capacidad de producir gas o formar colonias a una temperatura de incubación de  $44,5 \pm 2^\circ \text{C}$ , además producen indol a partir del triptófano, los organismos que poseen estas propiedades son considerados como *Escherichia coli*. Éstos se pueden reproducir fuera del intestino, en las redes de distribución, formando biopelículas, o en cuerpos de agua donde hay condiciones favorables de pH, contenido de materia orgánica y humedad. Se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Los resultados obtenidos registran que la QP tiene un valor mínimo de Coliformes Fecales de **55,67 UFC**. Mientras que el valor máximo fue de **200 UFC** que corresponde a la QCa . Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **120.42 (Tabla 17)**, es decir las concentraciones de coliformes fecales en las quebradas durante el periodo de transición se atribuyen en gran proporción a los asentamientos humanos de tipo rural ya que al no poseer un plan de recolección de residuos sólidos y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas contribuyen a que el agua de escurrimiento corresponda a este tipo de vertimientos. En la zona de las aguas termales Guayllabamba presentaron bajos niveles de bacterias indicadoras de contaminación fecal, posiblemente esto obedezca a la baja influencia de actividades antrópicas relacionadas con la agricultura, la ganadería y las poblaciones aledañas.

**Tabla 4-16:** Resultados de Coliformes fecales en las Quebradas de estudio.

QUEBRADAS	COLIFORMES FECALES (UFC)
GUAYLLABAMBA	55,67
EL CARMEN	200
CACHIPATA	84,33
PATULÚ	141,67

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

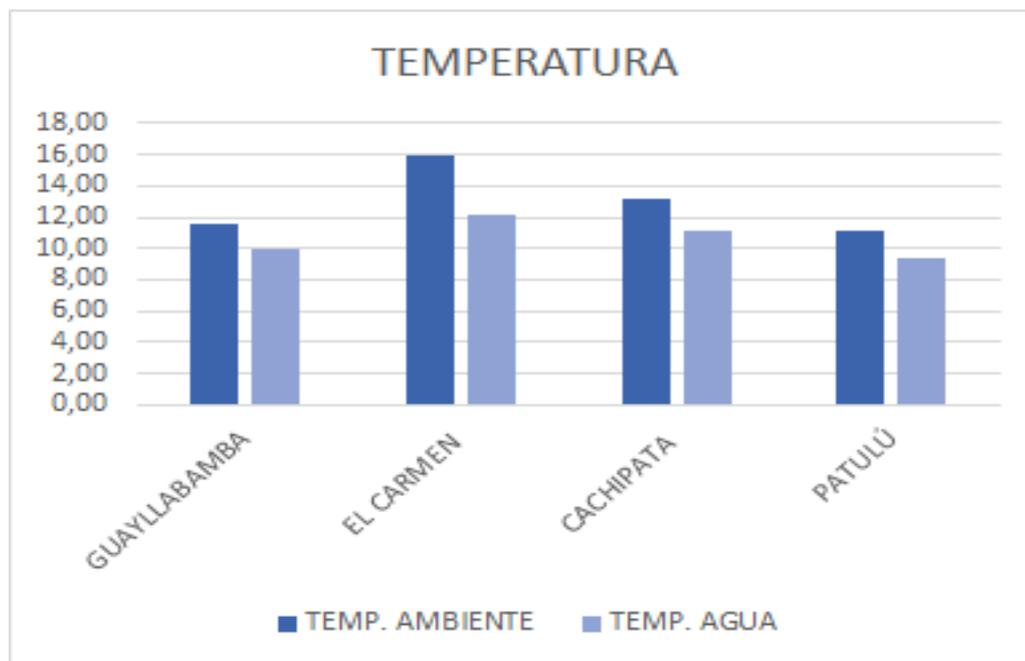
#### 4.8.12. Temperatura

La temperatura es un parámetro físico, que permite medir las sensaciones de calor y frío. Los animales las plantas acuáticas son sensibles a los cambios de temperatura del agua y requieren que esta se mantenga dentro de un intervalo determinado para poder sobrevivir y reproducirse.

**Tabla 4-17:** Diferencia de temperatura en las Quebradas de estudio

QUEBRADAS	TEMP. AMBIENTE	TEMP. AGUA	$\Delta$ TEMP.
GUAYLLABAMBA	11,53	9,99	1,53
EL CARMEN	15,93	12,22	3,71
CACHIPATA	13,21	11,09	2,12
PATULÚ	11,13	9,36	1,77

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.



**Ilustración 4-12:** Variación de la temperatura en las quebradas Guayllabamba, El Carmen, Cachipata y Patulú.

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

Los resultados obtenidos registran que la QG presenta un valor mínimo en la variación de Temperatura con **1,53 °C**. Mientras que el valor máximo fue de **3,71 °C** que corresponde a la QCa. Por otra parte, el promedio general de las cuatro quebradas alto andinas fue de **2,28 °C** (Tabla 17), es decir durante los monitoreos, la temperatura de las 4 zonas de estudio a lo largo de las quebradas, presentaron variaciones poco significativas entre sí, uno de los factores que afecta a este parámetro son las actividades antropogénicas como: actividades ganaderas y agrícolas, vertido directo de efluentes domésticos e industriales.

#### 4.9. Índice de calidad de agua

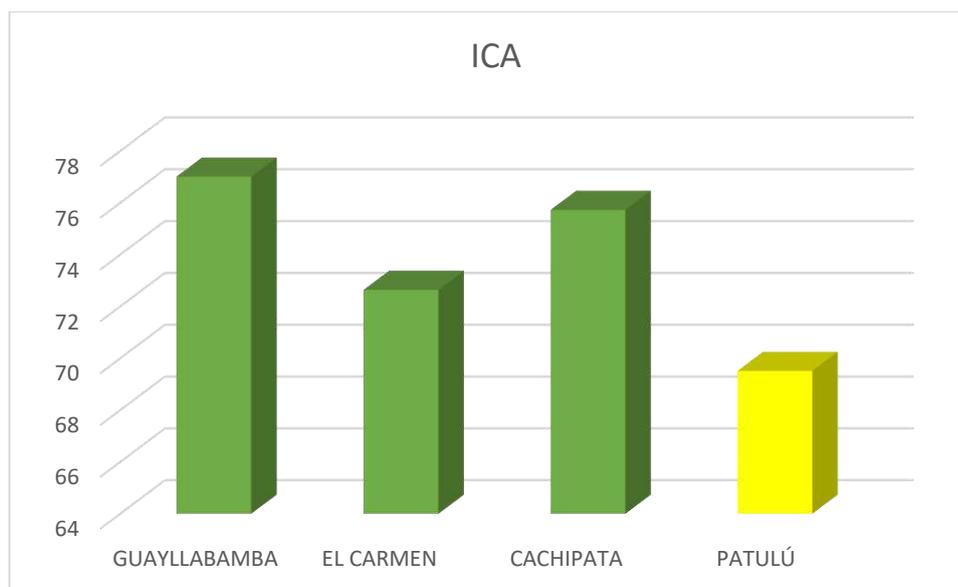
En el índice ICA durante el período de monitoreo se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 4-18:** Resultados de la calidad del agua de acuerdo al índice ICA en el período de noviembre-abril durante una época transitoria

Parámetros	Unidades	GUAYLLABAMBA	EL CARMEN	CACHIPATA	PATULÚ
pH	<i>U</i>	7,94	7,7	7,8	8,4
Turbidez	<i>UNT</i>	2,5	7,9	8,2	24,2
Cambio de temperatura	<i>mg/L</i>	1,5	3,7	2,1	1,77

Sólidos Disueltos Totales	mg/L	45,6	61,3	49,4	123,4
Oxígeno Disuelto	%	103,5	103,8	89,1	90,16
Fosfatos	mg/L	0,4	0,6	0,7	0,82
Nitratos	mg/L	0,6	0,9	1,6	4,36
DBO5	mg/L	5,6	5,4	4,3	5,3
Coliformes Fecales	UFC/100mL	55,7	200	84,3	141,2
<b>CALIDAD DEL AGUA</b>		<b>77</b>	<b>73</b>	<b>76</b>	<b>70</b>

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.



**Ilustración 4-13: ICA**

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

**Tabla 4-19: Resultado del ICA**

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo
91-100	71-90	51-70	26-50	0-25

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

La variación del Índice de calidad del agua (ICA) en las distintas zonas de monitoreo de las cuatro quebradas Alto Andinas en la época de transición, mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Según los resultados obtenidos, la QP Tiene una Calidad de Agua de **70**, es decir se encuentra dentro de la calificación como **REGULAR** por otro lado, las QG, QCa y la Qcach se encuentran dentro de un rango de Calidad de Agua de 71-90 es decir, tienen una calificación de **BUENO**. Se observa en el gráfico del ICA, existe una variación poco significativa entre los valores promedios de calidad del agua, presentando una tendencia decreciente en la QP. Las alteraciones de los

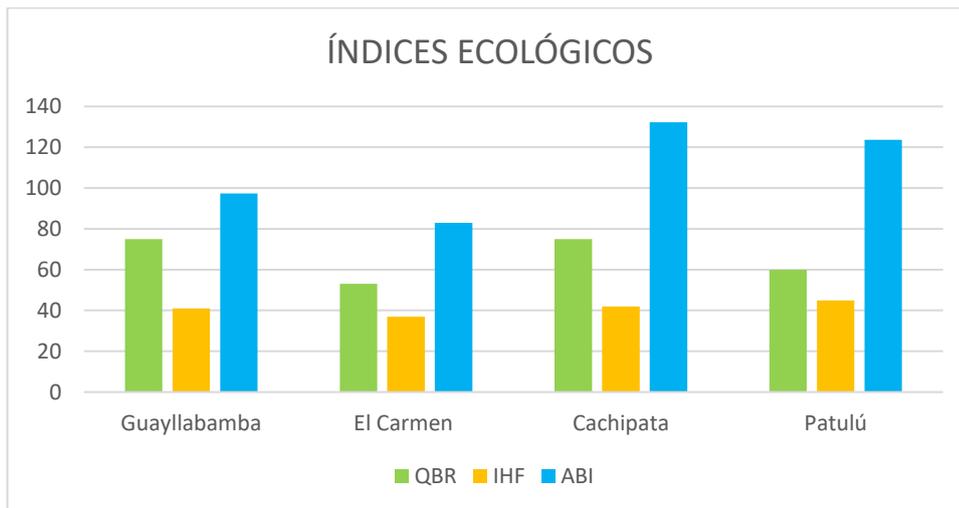
parámetros fisicoquímicos generalmente están relacionadas a descargas puntuales de desechos momentos antes de recolectar las muestras. Por tal motivo, es importante recalcar que todos los parámetros medidos, reflejan únicamente la condición en la que se encuentra el día en cual se tomó la muestra, más no las perturbaciones que afectan directamente al medio acuático a lo largo del tiempo.

#### 4.10. Estado ecológico

**Tabla 4-20:** Resultados de los Índices ecológicos en las quebradas de estudio

QUEBRADAS	QBR	IHF	ABI
Guayllabamba	75	41	97
El Carmen	53	37	83
Cachipata	75	42	132
Patulú	60	45	124

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.



**Ilustración 4-14:** Índices Ecológicos

Realizado por: Quishpe N & Charco V, 2023.

Se realizaron los análisis de dos índices ecológicos recomendados por Acosta (2009), en los que por cada zona se reportó lo siguiente:

- La QG arrojó un valor de QBR de 75 lo cual, se encuentra en un rango de calidad buena, donde su vegetación es ligeramente perturbada, en cuanto al índice IHF tiene un valor de 41 lo que significa que tiene una baja diversidad de hábitat. Según el índice ABI en el mes de noviembre tiene una puntuación de 89 que representa a una calidad de agua buena, mientras que en el mes de marzo y abril los valores fueron de 100 y 103 indicando que la calidad de agua es excelente como se indica en la tabla. Por otro lado, la especie que sobresalió fue la familia Baetidae con una cantidad de 123 individuos como se indica en el ANEXO L.

- La QCa arrojó el valor de QBR más bajo con 53 dando como resultado una calidad intermedia, donde se observa la presencia de una alteración fuerte; en cuanto al índice IHF posee un valor de 37 representando una baja diversidad de hábitat. Mediante el índice ABI en el mes de noviembre, marzo y abril se obtuvo una puntuación de 83 en los tres meses de monitoreo que representa a una calidad de agua excelente como se indica en la tabla.; Por otro lado, la especie que se destacó fue la familia Physidae con una cantidad de 230 individuos como se indica en el ANEXO L.
- La QCach posee un índice QBR de 75 que significa que se encuentra en un rango de calidad buena, presentando una vegetación ligeramente perturbada, por otro lado, el índice IHF representa un valor de 42 indicando que posee una baja diversidad de hábitat. Según el índice ABI en el mes de noviembre, marzo y abril se obtuvo una puntuación de 133 y 132 que representa a una calidad de agua buena como se indica en la tabla.; Por otro lado, la especie que se destacó fué la familia Corixidae con una cantidad de 84 individuos como se indica en la tabla en el ANEXO L.
- Por último, la QP de acuerdo al índice QBR tiene un valor de 60 encontrándose en una calidad intermedia es decir tiene inicios de alteración importante, en cuanto al índice IHF presenta un valor de 45 que indica la baja diversidad de hábitat. Mientras que, mediante el índice ABI se obtuvo que, para los meses de noviembre, marzo y la puntuación fue de 115 y 128 que representa a una calidad de agua buena como se indica en la tabla. como se indica en la tabla.; Por otro lado, la especie que se destacó fue la familia Hyalellidae con una cantidad de 101 individuos como se indica en la tabla en el ANEXO L.

Es importante mencionar los resultados del índice ABI reflejan un total de 3850 especies de macroinvertebrados identificados en los tres meses de monitoreo de las cuatro quebradas alto andinas, donde se pudo evidenciar que la familia predominante fue la Baetidae con 324 individuos que representa el 8,5% del total de las especies y la cantidad menor fue la familia Berbixae con 2 individuos que reflejan el 0,1%; estos valores surgen como consecuencia de las actividades antrópicas que se dan en cada punto de muestreo.

## CONCLUSIONES

Existe una gran biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos identificados en los cuatro contribuyentes altos Andinos (Guayllabamba, El Carmen, Cachipata y Patulú) en la época de transición donde se recolectó un total de 3850 especies. Para el índice de diversidad **Shannon (Abundancia)**, la QP presenta un valor mínimo de **1,81** es decir, tiene una diversidad de especies bajo. Mientras que, la QG presenta un valor máximo de **2,43** esto significa que tiene una diversidad de especies media. Para el índice de diversidad **Shannon (Abundancia)**, la QP presenta un valor mínimo de **1,81** es decir, tiene una diversidad de especies bajo. Mientras que, la QG presenta un valor máximo de **2,43** esto significa que tiene una diversidad de especies media.

Se analizó la calidad de agua en las cuatro quebradas alto andinas identificando que las fuentes hídricas de las zonas de Guayllabamba, el Carmen y Cachipata poseen una calidad de agua Buena, mientras que la quebrada Patulú tuvo una calidad Regular, sin embargo, los valores obtenidos fueron similares en cada una de las quebradas; considerando que los estudios que se realizan en zonas con altitudes superiores a los 2600 m.s.n.m. tienen gran importancia por su variabilidad ecosistémica y muchas fuentes de agua que conforman la subcuenca de un río. Además, para complementar se realizó minuciosamente análisis fisicoquímicos y microbiológicos del pH, sólidos disueltos totales, nitritos, nitratos, fosfatos, coliformes fecales, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, salinidad y conductividad eléctrica para la cuantificación e identificación de contaminantes en el agua, encontrando valores altos en algunos de los parámetros analizados esto surge debido a las actividades antropogénicas que realizan continuamente.

Finalmente se evaluó el estado ecológico de los cuatro contribuyentes alto andinos, considerando el QBR, IHF, ABI para validar la calidad ecológica en las zonas de estudio, donde se determinó que: el índice biótico andino (ABI) representó un estado ecológico excelente, el índice de bosque de ribera (QBR) indicó una calidad intermedia y el índice de hábitat fluvial (IHF) estimó que existe una poca diversidad en las quebradas. Por tal motivo se encontró gran diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos destacándose la presencia mayoritariamente las familias que pertenecen al orden Trichoptera y Coleóptera que son buenos indicadores de agua de buena calidad y se encuentran en hábitat bien oxigenados (89% hasta 103% de OD); entre ellas se sobresalen las especies: Blepharoceridae, Calamoceratidae, Hydropsychidae, Perlidae, Gripopterygidae que tienen una puntuación de 10 según el índice ABI indicando un nivel ecológico muy bueno alrededor de las quebradas en estudio.

## **RECOMENDACIONES**

Para realizar un muestreo adecuado de macroinvertebrados acuáticos en épocas lluviosas se debe considerar como mínimo 48h de espera posterior a la lluvia, debido a que existe arrastre de macroinvertebrados y sedimentos de otras zonas en los procesos de escorrentía, de esta manera se evita errores de monitoreo.

La abundancia de los macroinvertebrados acuáticos dependerá del tiempo de colecta, se recomienda recolectar en un tiempo prudente, dependiendo de las condiciones climatológicas y de las características del río.

Ampliar estudios sobre la taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos para el Índice Biótico Andino (IBA), ya que en los contribuyentes alto andinos se encontró nuevas familias que no tienen valores de tolerancia en este índice, perdiendo así información.

Implementar laboratorios específicamente orientados a la identificación de macroinvertebrados acuáticos a fin de que sean certificados y/o acreditados por algún ente, para poder validar estudios que involucren la calidad de agua usando índices biológicos.

Calibrar los equipos de campo antes de salir con la finalidad de evitar la alteración de la información obtenida.

Involucrar a la población o comunidades mediante la socialización para crear un plan de manejo de conservación del recurso hídrico para la subcuenca del río Chambo, donde se incluya la participación activa de todas las comunidades y poblaciones aledañas al sector.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACEVEDO, J. L. R.**, Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. p. 5.

**ACQUATECNOLOGIA**, *Ingeniería en tratamiento de agua y procesos*. [En línea]  
Available at: <http://acquatecnologiaperu.com/sulfatos.html>

**ADAM SIGLER , W. & BAUDER, J.**, Educación en el agua de pozo. *Well Educated*, 23(23), p. 13.

**AGENCIA DE CATALANA DEL AGUA**, *Agencia de Catalana del agua*. [En línea]  
Available at: [http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf\\_indicadores\\_calidad.pdf](http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf_indicadores_calidad.pdf)

**AGROCALIDAD**, *Laboratorio de suelos foliares y aguas*. [En línea]  
Available at: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua5.pdf>

**AGUA.org.mx**, *Agua en el planeta*. [En línea]  
Available at: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>

**ALARCÓN VALDIVIESO, M. A.**, *El problema del agua para uso y consumo humano en Santa Cruz*. [En línea]  
Available at: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7020/1/T3024-MGD-Alarcon-El%20problema.pdf>

**ALMANZA GALVEZ, C. & DEFILIPPI, E.**, *Geo Andino 2003*. [En línea]  
Available at: [https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/libro\\_GEO\\_Andino1.pdf](https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/libro_GEO_Andino1.pdf)

**ALVARADO, E.**, *Manual de Medición de Caudales*. [En línea]  
Available at: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>

**AMON MENDOZA, J. D. & LOPEZ IÑIGUEZ, C. J.**, *Trabajo experimental Estudio de la influencia de la vegetación y bosque de rivera en la calidad del agua*. [En línea]  
Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18462/4/UPS-CT008707.pdf>

**ANALISIS DE AGUA,** *Analisis de agua.* [En línea]  
Available at: [http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia\\_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf](http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf)

**ANON.,** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del calidad de agua de quebradas abastecedoras del. *Boletín científico centro de museos museo de historia natural*, 10(2), p. 5.

**ANON.,** *Fundación Chile.* [En línea]  
Available at: <https://escenarioshidricos.cl/noticia/ecosistemas-que-son-y-por-que-son-importantes/>

**ANTHELME, F., BECK, . S. & GINOT, . P.,** *Ecosistemas y plantas altoandinos de la Cordillera Real.* [En línea]  
Available at: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers18-01/010066577.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-01/010066577.pdf)

Anthelme, F., Beck, S., Ginot, P. & Isela Meneses, R., 2012. *Ecosistemas y plantas antoandinos.* [En línea]  
Available at: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers18-01/010066577.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-01/010066577.pdf)

**ANZE, R., FRANKEN, M., ZABALLA, M. & PINTO, M. R.,** Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Virtual REDESMA*, 2(2), p. 15.

**ARANGO RUIZ, A.,** *Corporación Universitaria Lasallista.* [En línea]  
Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n2/v8n2a01.pdf> p. 2.

**ARCE ARIAS , A.,** *Universidad Técnica Nacional Sede Central.* [En línea]  
Available at: <http://179.0.219.172/bitstream/handle/20.500.13077/131/Macroinvertebrados%20-%20Calidad%20del%20agua-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**ARCE, B. & PALADINES, O.,** Análisis y Opciones de Desarrollo Sostenible del Ecosistema Húmedo. *Consortio Carchi*, p. 3.

**ATSDR EN ESPAÑOL,** *Resúmenes de Salud Pública - Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite).* [En línea] available at: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs204.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.html)

**BARINAS VIZCAÍNO, M.,** *Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras.* [En línea] Available at: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/87111d81-77c8-437f-8be1-87b0f2e1233a/content>

**BARRANTES, K., CHACÓN, L. M., SOLANO, M. & ACHÍ, R.,** Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33(1).

**BECERRA, K.,** *Flora y vegetación ribereña en la Reserva Nacional Trapananda.*, [En línea] Available at: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fifb389f/doc/fifb389f.pdf>

**BELTRÁN PINEDA, M. E.,** La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(3), pp. 101-104.

**Bojaca, R. d. P.,** *Sulfatos en agua por el metodo nefelométrico, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.* [En línea] Available at: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sulfato+en+agua+por+Nefelometr%C3%A1Da.pdf/f65867a2-079f-420c-9067-b1c4c3139e89>

**BOLAÑOS-ALFARO, J. D., CORDERO-CASTRO, G. & SEGURA-ARAYA, G.,** Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), pp. 15-27.

**BUENAÑO, M., VÁSQUEZ, C., ZURITA, H. & PARRA, G.,** *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del pachanlica, Provincia de Tungurahua, Ecuador.* [En línea] Available at: <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-MacroinvertebradosBentonicosComoIndicadoresDeCalid-6768951.pdf>

**BUSTAMANTE GUERRERO, P. E. & ANGULO VALENCIA, A. M.,** “Prevalencia de familias de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en dos ecosistemas del Ecuador continental”. [En línea] Available at: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/9761/1/236T0354.pdf>

**BUSTOS, J. C. M.,** *Agencia Española de Cooperación Internacional.* [En línea]  
Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/148755912.pdf>

**CAISAGUANO INGA, C. A.,** *Trabajo de Titulación.* [En línea]  
Available at:  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1044/Valoraci%20econ%20del%20bosque%20de%20Ribera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CAIXA, O. S. L.,** *El mar a fondo.* [En línea]  
Available at: [https://elmarafons.icm.csic.es/wp-content/uploads/2018/04/gu%C3%ADa-de-actividad%C3%A1ctica-el-necton\\_red.pdf](https://elmarafons.icm.csic.es/wp-content/uploads/2018/04/gu%C3%ADa-de-actividad%C3%A1ctica-el-necton_red.pdf)

**CAMPOS URGILÉS, S. B.,** Escuela de gestión turística y medio ambiente, Trabajo de Titulación. [En línea]  
Available at: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3756/1/T-UIDE-2193.pdf>

**CAMPRODO, J.,** *Restauración y gestión ecológica fluvial.* [En línea]  
Available at: [http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf\\_restauracion\\_sudoe.pdf](http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf_restauracion_sudoe.pdf)

**CARBOTECNIA,** *Centro de aprendizaje.* [En línea]  
Available at: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/>

**CARRASCO, C., RAYME, C., ALARCÓN, . R. D. P. & AYALA, Y.,** Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Bilogia Tropical*, 68(2), p. 6.

**CARRASCO, S.,** *Scielo.* [En línea]  
Available at: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432014000100002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432014000100002)

**CARRERA, C. & FIERRO, K.,** *EcoCiencia.* [En línea]  
Available at: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

**CARRERA, C. & FIERRO, K.,** *Los microinvertebrados acuaticos, Manual de monitoreo.* [En línea] Available at: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

**CARRERA, C. & FIERRO, K.,** *Manual de Monitoreo.* [En línea]  
Available at: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

**CAUDAL,** *Métodos volumétricos.* [En línea]  
Available at: <https://www.fao.org/3/t0848s/t0848s06.htm#TopOfPage>

**CHAVEZ CRUZ, R. A.,** Evaluación de la calidad del agua mediante la bioindicación de macroinvertebrados acuáticos, en un tramo del río toribio, ciénaga magdalena, colombia. *Ciencia e Ingeniería*, 8(3).

**CHUNCHO, C. & CHUNCHO, G.,** Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones. *Latindex*, 05 12, Volumen 9(2), p. 73.

**CONSEJERIA DE INDUSTRIA, ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE,** *Junta de Extremadura.* [En línea]  
Available at: [http://pescayrios.juntaextremadura.es/pescayrios/web/guest/seguimiento-de-los-riosextremenos?p\\_p\\_id=101\\_INSTANCE\\_2A8h&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column3&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_101\\_INSTANCE\\_2A8h\\_struts\\_action=%2Fass](http://pescayrios.juntaextremadura.es/pescayrios/web/guest/seguimiento-de-los-riosextremenos?p_p_id=101_INSTANCE_2A8h&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column3&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_101_INSTANCE_2A8h_struts_action=%2Fass)

**CORDERO LEDERGERBER, P. A.,** *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos.* [En línea]  
Available at: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8746/Calidad%20del%20agua%20para%20los%20r%C3%ADos%20alto%20andinos%2C%20mediante%20indicadores%20biol%C3%B3gicos.%20Pablo%20Cordero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CORDERO LEDERGERBER, P. A.,** *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos.* [En línea]  
Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/143439258.pdf>

**DE MIGUEL-FERNANDEZ, C. & VÁSQUEZ-TASET, Y. M.,** Minería y Geología. *Minería y Geología*, p. 12.

**DEMOGRÁFICO, M. P. L. T. E. Y. E. R.,** *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.* [En línea]

Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/caracterizacion-vegetacion-ribera/funciones.aspx>

**DEMOGRÁFICO, M. P. L. T. E. Y. E. R.,** *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.* [En línea]

Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/caracterizacion-vegetacion-ribera/funciones.aspx#:~:text=Son%20un%20h%C3%A1bitat%20ideal%20para,acumuladores%20de%20agua%20y%20sedimentos.>

**DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,** *Estrategia para la biodiversidad en bizkaia, estrategia para la protección, mejora y gestión de la biodiversidad en bizkaia.* [En línea]

Available at: [https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio\\_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas\\_Estrategia%20Biodiversidad%20\(Para%20publicar\).pdf?hash=fcd0072c3d4d6d32930a7aff2118c6c0e&idioma=CA](https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia%20Biodiversidad%20(Para%20publicar).pdf?hash=fcd0072c3d4d6d32930a7aff2118c6c0e&idioma=CA)

**DUCHICELA MOREIRA, K. L. & RIVERA MANOSALVA, I. N.,** *Evaluación ecológica de la calidad del bosque de ribera de la microcuenca del río cebadas (Trabajo de Tiulacion).* [En línea] Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15437/1/236T0578.pdf>

**ECOSISTEMAS, A.,** *Ecosistemas Acuáticos.* [En línea]

Available at: <https://www.oposicionesguardiacivilweb.com/wp-content/uploads/2017/04/ECOLOGIA-ACTUALIZACION-11-12-17-1.pdf>

**EGUÍALIS, P. A., MORA, J. M. & CAMPBELL, B.,** *Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico.*

[En línea]

Available at: [http://www.gorgas.gob.pa/wp-content/uploads/2015/03/conservacion\\_y\\_uso\\_de\\_los\\_macroinvertebrados\\_dulceacuicolas.pdf](http://www.gorgas.gob.pa/wp-content/uploads/2015/03/conservacion_y_uso_de_los_macroinvertebrados_dulceacuicolas.pdf)

**EQUIPO TÉCNICO GADPRSA,** *Gobierno Parroquia de San Andres.* [En línea]

Available at: <http://sanandres.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/PDOT-SAN-ANDRES-ACTUALIZADOyyyyy.pdf>

**EQUIPOS Y LABORATORIO , D. C.,** *Equipos y Laboratorio de Colombia.* [En línea]

Available at: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/turbidez>

**ESCOBAR, JAIRO**, *La contaminación de los ríos, División de Recursos Naturales e Infraestructura.* [En línea]

Available at: <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

**ESCOBAR, J.**, [En línea]

Available at: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>

**FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.**, Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. p. 6.

**FLORIDA CARDIOLOGY**, *Estudio Doppler Arterial con ABI.* [En línea]

Available at: <https://flcard.com/servicios-de-oficina/estudio-doppler-arterial-con-abi/>

**FOLLETO INFORMATIVO**, *Folleto Informativo.* [En línea]

Available at:

[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)

**FORERO DUARTE, J.**, *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca).* [En línea]

Available at:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1>

**GAMARRA, Y.**, *Biota Colombiana.* [En línea]

Available at: <https://www.redalyc.org/journal/491/49162495002/html/>

**GAMBOA, M.**, *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental.* [En línea]

Available at: [https://www.researchgate.net/publication/239586192\\_Macroinvertebrados\\_bentonicos\\_como\\_bioindicadores\\_de\\_salud\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/239586192_Macroinvertebrados_bentonicos_como_bioindicadores_de_salud_ambiental)

**GAMBOA, M., REYES, R. & ARRIVILLAGA, J.**, *Scielo.* [En línea]

Available at: [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-46482008000200001&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-46482008000200001&script=sci_arttext)

**GUANOQUIZA TELLO, L., ANTÚNEZ SÁNCHEZ, A. & ZÚNIGA-GONZÁLEZ, C. A.**, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático.* 5(9), p. 10.

**GUTIÉRREZ, T.,** *Curso Básico de Hidráulica Fluvial.* [En línea] Available at: [https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias\\_tercer\\_seminario/marcelo\\_gavino/el\\_ecosistema\\_fluvial\\_parte\\_1\\_dr\\_marcelo\\_gavino.pdf](https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias_tercer_seminario/marcelo_gavino/el_ecosistema_fluvial_parte_1_dr_marcelo_gavino.pdf)

**HANSON, P., SPRINGER, M. & RAMIREZ, A.,** *Biología Tropical. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*, 3(3), p. 10.

**HANSON, P., SPRINGER, M. & RAMIREZ, . A.,** *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Escuela de Biología*, 58(4), p. 13.

**HANSON, P., SPRINGER, M. & RAMIREZ, A.,** *Scielo.* [En línea] Available at: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800001](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001)

**ICA,** *Indice de calidad de agua.* [En línea] Available at: <https://limnologiauniquindio.files.wordpress.com/2013/03/c3adndices-de-calidad-de-agua.pdf>

**JARAMILLO ARANGO, C. H.,** *El corredor del río en el modelo de ocupación (Trabajo de Titulación)* *Maestría.* [En línea] Available at: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4956/Corredor%20r%C3%ADo%20modelo%20ocupaci%C3%B3n%20territorial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**JIMÉNEZ PÉREZ, P. E. & CABEZAS SUAREZ, Y. C.,** *Protocolo de monitoreo de agua.* [En línea] Available at: [http://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/2.-PROTOCOLO\\_MONITOREO\\_AGUA\\_IDEAM.pdf](http://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/2.-PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf)

**JOHN DIEGO BOLAÑOS-ALFARO, J. D., CORDERO-CASTRO, G. & SEGURA-ARAYA, G.,** *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).* [En línea] Available at: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

**LADRERA FERNÁNDEZ, R.,** *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Investigación Nacionales e Internacionales*, p. 2.

**LADRERA, R.,** s.f. *ehu.eus.* [En línea]  
Available at: [https://www.ehu.eus/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf](https://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf)  
[Último acceso: 2018].

**LADRERA, R., RIERADEVALL, M. & PRAT, N.,** Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Didáctica*, 2(12).

**LEAÑO SANABRIA, J. J. & PÉREZ BARRIGA, D.,** Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL. *Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente*, 9(4).

**LEAÑO SANABRIA, J. J. & PÉREZ BARRIGA, D.,** Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del. *Scielo*, 9(4), p. 12.

**LEON VIZCAINO, L.,** Índice de calidad de agua. *Instituto Mexicano de tecnología de agua.*

**LIFEDER,** *Índice de Simpson: Fórmula, Interpretación y Ejemplo.* [En línea]  
Available at: <https://www.lifeder.com/indice-simpson/>

**LÓPEZ PACHECO, I.,** Divulgación científica. 2019. p. 3.

**LUMITOS,** *Lumitos.* [En línea]  
Available at: <https://www.quimica.es/enciclopedia/PH.html>

**MAGDALENO, F.,** *Las riberas fluviales.* [En línea]  
Available at: [https://www.researchgate.net/publication/256993717\\_Las\\_riberas\\_fluviales](https://www.researchgate.net/publication/256993717_Las_riberas_fluviales)

**MARTINEZ MOSCOSO, F.,** *Universidad de Alicante.* [En línea]  
Available at:  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/83953/1/tesis\\_fernando\\_andres\\_martinez\\_moscoso.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/83953/1/tesis_fernando_andres_martinez_moscoso.pdf)

**MARTÍNEZ VALDÉS, Y. & VILLALEJO GARCÍA, V. M.,** Ingeniería Hidráulica y Ambiental. *Scielo*, abril.

**MEDICION DE CAUDAL,** *Mediclón DEL CAUDAL.* [En línea]  
Available at: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap11.pdf>

**MENESES-CAMPO, Y.,** *Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices bmwp/col. Y abi.* [En línea]  
Available at: <https://www.redalyc.org/journal/3190/319060771010/html/>

**MINISTERIO DE AMBIENTE DE ECUADOR,** *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* [En línea]  
Available at: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)

**MIRAVET SÁNCHEZ, B. L.,** *Scielo.* [En línea]  
Available at: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200009)

**MÖLLER, P.,** *Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales.* [En línea]  
Available at: [https://www.researchgate.net/publication/259332396\\_Las\\_franjas\\_de\\_vegetacion\\_riberena\\_y\\_su\\_funcion\\_de\\_amortiguamiento\\_una\\_consideracion\\_importante\\_para\\_la\\_conservacion\\_de\\_humedales](https://www.researchgate.net/publication/259332396_Las_franjas_de_vegetacion_riberena_y_su_funcion_de_amortiguamiento_una_consideracion_importante_para_la_conservacion_de_humedales)

**MORÁBITO, J. et. al.** Presencia de nitratos en agua en los oasis Norte y Centro de Mendoza, Argentina: áreas regadías de los ríos Mendoza y Tunuyán Superior. *Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*, 12(3), p. 23.

**MUSO, J.,** *Escuela Politecnica del Ejecito, Determinación de la capacidad fitoremediadora Ingeniería Ambiental, (Trabajo de Titulación).* [En línea]  
Available at: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6255/1/T-ESPE-040215.pdf>

**NACIONES UNIDAS,** *Impacto ambiental de la contaminación hídrica producida por la refinera.* [En línea]  
Available at: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9212/S9000506\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9212/S9000506_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**NAGENDRA, H.,** Tendencias opuestas en respuesta a los índices de diversidad paisajística de Shannon y Simpson. *Elsevier*, 22(2), pp. 175-186.

**NAVARRO PÉREZ , Á. A., PADILLA BEJARANO , J. B. & PRÍAS BARRAGÁN, J. J.,** Construcción de un Sistema de Instrumentación para la Medición de la Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto presentes en la Piscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial. *Scientia et Technica*, 18(2), pp. 401-408.

**NAVARRO, T.,** *II Jornadas sobre el medio natural Albacete*. [En línea]  
Available at: <https://iealbacetenses.dipualba.es/viewer.vm?id=0000010103>

**NTE INEN 2169:2013,** *Norma Técnica Ecuatoriana*. [En línea]  
Available at: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>

**PACHECO, I. L.,** [En línea]  
Available at: <https://transferencia.tec.mx/2019/10/01/conoce-los-principales-contaminantes-del-agua-y-sus-consecuencias/>

**PALOMARES, A. E.,** *Aqualogy*. [En línea]  
Available at: <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>

**PARDO, I., ÁLVAREZ, M., CASAS, J. & MORENO, J. L.,** El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat.. *Asociación Española de Limnología*, 21(3-4), pp. 115-133.

**PARRA ORTEGA, S. L.,** *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos*. [En línea]  
Available at: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31206/13-10-308-040PS.pdf?bitstreamId=54753&locale-attribute=es>

**PÉREZ, J. I.,** *La regulación osmótica de los animales de agua dulce*. [En línea]  
Available at: <https://culturacientifica.com/2018/04/10/la-regulacion-osmotica-de-los-animales-de-agua-dulce/>

**PLA, L.,** *Scielo*. [En línea]  
Available at: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008)

**PREGUNTAS Y RESPUESTAS,** *Preguntas y Respuestas.* [En línea]

Available at: <https://doh.wa.gov/sites/default/files/legacy/Documents/Pubs//331-214s.pdf>

**PROTOCOLO 2,** *Índice de hábitat fluvial (IHF).* [En línea]

Available at: [https://descobreixelriu.files.wordpress.com/2014/07/protocol\\_hidri\\_ihf.pdf](https://descobreixelriu.files.wordpress.com/2014/07/protocol_hidri_ihf.pdf)

**PURE, W.,** *Turbidez, Floculación y Sedimentación.* [En línea]

Available at: <https://purewater.com.co/turbidez-floculacion-y-sedimentacion/>

**QUÍMICA.ES,** *Temperatura.* [En línea]

Available at: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Temperatura.html>

**RAFFO LECCA, E., RUIZ, . L. & CRUZ, E.,** Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Dianet*, 17(1), pp. 71-78.

**RAMÍREZ, A.,** *Métodos de recolección.* [En línea]

Available at: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a02v58s4.pdf>

**RICO, G.,** *Mongabay.* [En línea]

Available at: <https://es.mongabay.com/2017/01/colombia-ganaderia-deforestacion/>

**RODRÍGUEZ-BARRIOS, J., OSPINA-TÓRRES, R. & TURIZO-CORREA3, R.,** Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Biología Tropical*, 2(4), p. 6.

**RODRÍGUEZ, J. & OSPINA, R.,** Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de orgánica en la cabecera de un río tropical de. *Programa de Biología*, p. 16.

**SALMERÓN LÓPEZ, A., GEADA LÓPEZ , G. & FAGILDE ESPINOZA, M. D. C.,**

Propuesta de un índice de diversidad funcional. *Universidad de Pinar del Río*, 38(3), pp. 457-466.

**SAMANEZ VALER, I.,** *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas.* [En línea]

Available at: <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp->

content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf

**SÁNCHEZ BALIBREA, J. & GARCÍA MORENO, P.,** *La recuperación ambiental del bosque de ribera en La Contraparada.* [En línea] Available at: <https://www.um.es/documents/3456781/6160137/La+recuperacion+ambiental+del+bosque+de+Ribera+en+La+Contraparada.pdf/29b23e17-c4f8-4c43-9f9b-692b7941940b>

**SÁNCHEZ HERRERA , M. J.,** El índice biológico bmwp (biological monitoring working party score), modificado y adaptado al cauce principal del río pamplonita norte de santander. *Universidad de Pamplona*, 3(2), pp. 54-67.

**SECRETARIA DE AGUA,** *Estrategia nacional de la calidad del agua.* [En línea] Available at: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)

**SWISTOCK, B. R.,** *Pennstate Extension.* [En línea] Available at: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

**TECNAL,** *Tecnal.* [En línea] Available at: [https://tecnal.com.br/es/blog/215\\_dqo\\_vs\\_db](https://tecnal.com.br/es/blog/215_dqo_vs_db)

**TELLERIA, N.,** *Turbidez como Parámetro de Calidad en el Agua.* [En línea] Available at: <https://somosadvance.com/expertise/turbidez-como-parametro-de-calidad-en-el-agua/>

**UNIVERSIDAD DE PANPLONA,** *Indice de calidad de agua ICAS.* [En línea] Available at: [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)

**URDANIGO, J. P. & DÍAZ PONCE, M.,** *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba, Ecuador.* [En línea] Available at: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v67n4/0034-7744-rbt-67-04-861.pdf>

**UVIDIA, K., SALAZAR, L. & BONILLA-BEDOYA, S.,** Caracterización de fragmentos de bosque montano en un escenario de transición urbana. *Universidad Andina Simón Bolívar*, 3(3).

**V. G. JHINGRAN, , S. H. AHMAD & A. K. SINGH,** Aplicación del índice shannon-wiener como medida de la contaminación del río ganges en patna, bihar, india. *Ciencia actual*, 58(13), p. 4.

**VACA, F. B.,** [En línea]  
Available at: [https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01\\_20171030\\_Salud-Integral\\_Bersosa\\_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA\\_OK.pdf](https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01_20171030_Salud-Integral_Bersosa_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA_OK.pdf)

**VALDÉS, Y. & GARCÍA, V. M.,** Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Scielo*, 27(3).

**VALDÉS, Y. M.,** *scielo.* [En línea]  
Available at: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382018000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005)

**Valdez, C. G.,** *Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México.* [En línea]  
Available at: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442018000401674](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674)

**VALDIVIESO, M. A. A.,** [En línea]  
Available at: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7020/1/T3024-MGD-Alarcon-El%20problema.pdf>

**VÁZQUEZ ZAMBRANO, R. F.,** Modelación hidrológica de una microcuenca Altoandina ubicada en elAustro Ecuatoriano. *MASKANA*, , 1 (1), p. 8.

**VÁZQUEZ, G.,** La función de la vegetación ribereña y la calidad de los ríos. *Inecol*.2022.

**VEGA, L. E.,** *Ecosistemas de agua dulce.* [En línea]  
Available at: <https://ecosistemas.ovacen.com/acuaticos/agua-dulce/>

**VIEIRA-LANERO, R., SERVIA, M, J., BARCA, S. & COUTO, M. T.,** Índices de calidad de la vegetación de ribera y del hábitat fluvial en los afluentes de la margen española del Baixo Miño. *V Simpósio Ibérico Sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho*, 13(13).

**VINUEZA, D. F.,** [En línea]  
Available at: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0660820080001\\_diagnostico\\_14-10-2015\\_19-08-28.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660820080001_diagnostico_14-10-2015_19-08-28.pdf)

**VINUEZA, D. F. F., CEGESPU.** [En línea]  
Available at: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0660820080001\\_diagnostico\\_14-10-2015\\_19-08-28.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660820080001_diagnostico_14-10-2015_19-08-28.pdf)

**VIVAS, S., CASAS, J., PARDO, I. & ROBLES, S.,** Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED.. pp. 13-15.

**ZOIDO, F.,** *Los paisajes fluviales, Universidad de Sevilla.* [En línea]  
Available at: [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/web/temas\\_ambientales/paisaje/4\\_planificacion/paisajes\\_fluviales\\_planificacion\\_gestion.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/paisaje/4_planificacion/paisajes_fluviales_planificacion_gestion.pdf)

**ZULAI, G., YULI, R. & ANA, M.,** Museo de historia natural calidad de agua de quebradas abastecedoras del calidad de agua de quebradas abastecedoras del. *Boletín científico centro de museos museo de historia natural*, 12(12).



## ANEXOS

### ANEXO A: HOJA DE CAMPO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS.

# CONDICIONES DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS



Apartado	Poco	Medio	Mucho
<b>CUENCA</b>			
1.1 Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y Pinos especialmente)	5	3	1
1.2 Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3 Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4 Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5 Explotaciones mineras	5	3	1
1.6 Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
<b>HIDROLOGÍA</b>			
2.1 Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2 Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes < 10m	5	3	1
2.3 Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4 Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5 Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6 Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
<b>TRAMO (Incluye ribera y zona inundación)</b>			
3.1 Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2 Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3 Presencia de cultivos i/ovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4 Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5 Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6 % Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
<b>LECHO</b>			
4.1 Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2 Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3 Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4 Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5 Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6 Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo de 24.

Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

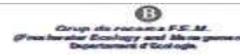
De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos en cada apartado.

## ANEXO B: HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF)

Bloques		Puntuación
<b>1. Inclusión rápidos</b>		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0
<b>TOTAL (una categoría)</b>		
<b>2. Frecuencia de rápidos</b>		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4
	Sólo pozas	2
<b>TOTAL (una categoría)</b>		
<b>3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)</b>		
	% Bloques y piedras	1 - 10%
		> 10%
	% Cantos y gravas	1 - 10%
		> 10%
	% Arena	1 - 10%
		> 10%
	% Limo y arcilla	1 - 10%
		> 10%
<b>TOTAL (sumar categorías)</b>		
<b>4. Regímenes de velocidad / profundidad</b>		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
<b>TOTAL (una categoría)</b>		
<b>5. Porcentaje de sombra en el cauce</b>		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Exposición	3
<b>TOTAL (una categoría)</b>		
<b>6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)</b>		
	Hojarasca	> 10% ó < 75%
		< 10% ó > 75%
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
<b>TOTAL (una categoría)</b>		
<b>7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)</b>		
	% Plocon + briófitos	10 - 50%
		< 10% ó > 50%
		Ausencia absoluta
	% Pecton	10 - 50%
		< 10% ó > 50%
		Ausencia absoluta
	% Fanerógamas	10 - 50%
		< 10% ó > 50%
		Ausencia absoluta
<b>TOTAL (sumar categorías)</b>		

## ANEXO C: HOJA DE CAMPO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR-AND).

**INDICE QBR-And**  
Calidad de la ribera para  
Comunidades arbóreas  
Protocolo CERA



---

**La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos**

**Grado de cubierta de la zona de ribera** Puntuación bloque 1

Puntuación	25 > 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan) 10 50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera 5 10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera 0 < 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera + 10 si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total + 5 si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50% - 5 si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50% - 10 si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%
------------	---

**Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)** Puntuación bloque 2

Puntuación	25 recubrimiento de árboles superior al 75 % 10 recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 % 5 recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 % 0 sin árboles y arbustos por debajo del 10 % + 10 si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 % + 5 si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 % + 5 si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque. - 5 si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 % - 5 si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad - 10 si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %
------------	--

**Calidad de la cubierta** Puntuación bloque 3

Puntuación	25 Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos 10 Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas 5 26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas 0 Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas + 10 > 75% de los arbustos son de especies autóctonas. + 5 51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas - 5 26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas - 10 Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas
------------	---

**Grado de naturalidad del canal fluvial** Puntuación bloque 4

Puntuación	25 el canal del río no ha estado modificado 10 modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal 5 signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río 0 río canalizado en la totalidad del tramo - 10 si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río - 10 si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río - 5 si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes - 10 si hay un basurero permanente en el tramo estudiado
------------	--

**Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)**

Estación \_\_\_\_\_

Observador \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

## ANEXO D: MEDICIÓN DE CAUDALES



Medición de la velocidad del río



Medición del ancho del río

#### ANEXO E: TOMA DE MUESTRA DE AGUA Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS



Medición de la temperatura, Ph, Sólidos Disueltos Totales, Oxígeno Disuelto y salinidad en el contribuyente Guayllabamba.



Toma de muestra de agua para el análisis de Coliformes Fecales en el contribuyente Cachipata.



Toma de muestras de agua en botellas de ámbar de 1L en el contribuyente Patulú.



Medición con el multiparámetro en el contribuyente El Carmen.

#### ANEXO F: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS



Recolección de macroinvertebrados acuáticos con la red tipo D en el contribuyente El Carmen.



Recolección de macroinvertebrados acuáticos en rocas en el contribuyente Guayllabamba.



Recolección de macroinvertebrados acuáticos en rocas en el contribuyente El Carmen.



Muestra de macroinvertebrados en eppendorf con alcohol al 95%



Recolección de macroinvertebrados acuáticos en rocas en el contribuyente Patulú.



Recolección de macroinvertebrados acuáticos con la red tipo D en el contribuyente Cachipata.



Recolección de macroinvertebrados del sedimento en el contribuyente Guayllabamba



Recolección de macroinvertebrados del sedimento en el contribuyente El Carmen



Recolección de macroinvertebrados acuáticos con la red tipo D en el contribuyente Patulú.



Recolección de macroinvertebrados acuáticos con la red tipo D en el contribuyente Guayllabamba.



Utilización de la red tipo D para la recolección de macroinvertebrados



Recolección de macroinvertebrados



Utilización de la red tipo D en la quebrada Cachipata



Utilización de la red tipo D en la quebrada Guayllabamba

**ANEXO G: IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA Y HÁBITAT FLUVIAL**



Presencia de vegetación endémica en la quebrada



Presencia de vegetación introducida en la quebrada



Presencia arbustiva



Fuente hídrica



Presencia de humedales



Presencia de vegetación



Camino de acceso a la fuente hídrica



Cascada



Presencia de ganadería



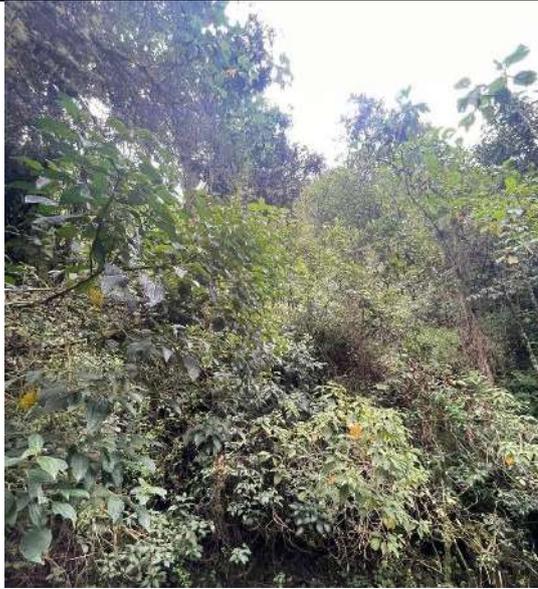
Fuente de agua



Vegetación



Vegetación



Flora nativa



Deslizamineto de tierra



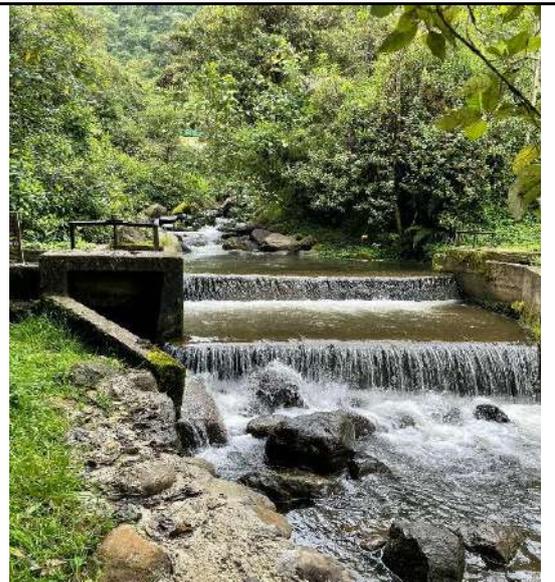
Flora nativa



Humedales



Flora nativa



Fuente hídrica



Puente de acceso



Cascada

## ANEXO H: ANÁLISIS DE AGUA EN EL LABORATORIO



Determinación de Nitrato, Nitrito y Fosfato - Laboratorio GIDAC



Utilización de reactivos para el multiparámetro HANNA.



Determinación de la DBO5 - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Preparación de reactivos para la determinación de DBO5.



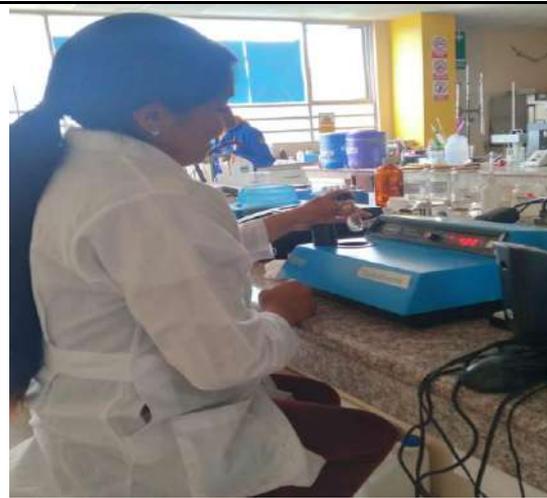
Utilización de las botellas Wheaton para la DBO5.



Siembra de coliformes fecales



Formación de colonias (Coliformes Fecales)



Análisis de la Turbidez

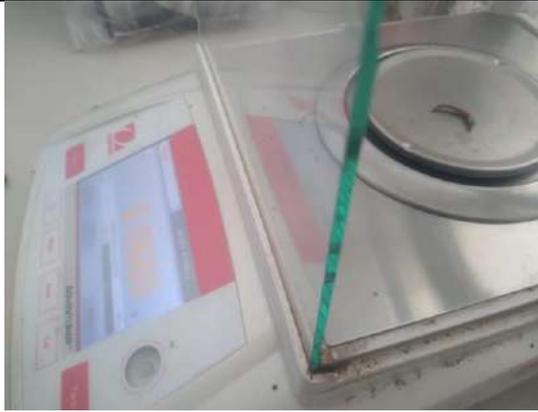
#### ANEXO I: MEDICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL LABORATORIO



Medición (largo, ancho) de macroinvertebrados acuáticos con ayuda de una caja Petri y papel milimetrado.



Utilización de la balanza analítica del laboratorio GIDAC.



Peso de los macroinvertebrados acuáticos.



Toma de datos de (Largo, ancho y Peso) de macroinvertebrados acuáticos.

**ANEXO J: IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL LABORATORIO**



Muestra de Macroinvertebrados Acuáticos.



Separación de macroinvertebrados acuáticos para una posterior identificación.



Identificación de macroinvertebrados en el Laboratorio GIDAC



Macroinvertebrados en cajas Petri con alcohol al 95% para identificación- Laboratorio GIDAC

**ANEXO K: FOTOGRAFÍAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS**



Hydropsychidae



Perlidae



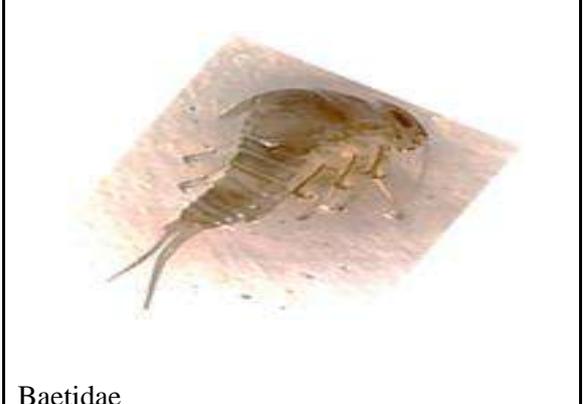
Berbixae



Limnephilidae



Calamoceratidae



Baetidae



Gyrinidae (adulto)



Planariidae



Corixidae



Blepharoceridae



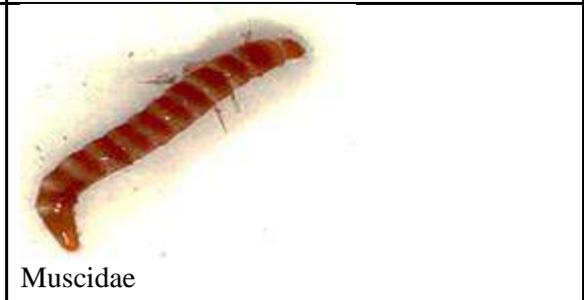
Sphaeriidae



Leptoceridae



Muscidae



Muscidae



Leptophlebiidae



Aeshnidae



Ceratopogonidae



Elmidae (adulto)



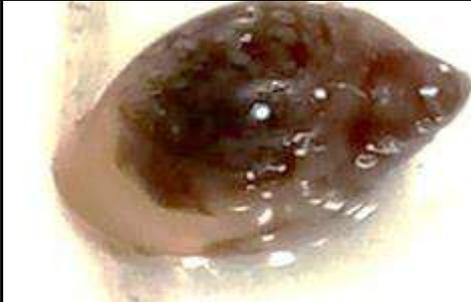
Hydropsychidae (Capullo)



Lumbricidae



Philopotamidae



Physidae



Limoniidae



Scirtidae(larva)



Dytiscidae (Adulto)



Empididae



Hyalellidae



Tipulidae



Pionidae



Hydrobiosidae



Scirtidae



Simuliidae

ANEXO L: ÍNDICE BIOLÓGICO ANDINO (ABI)

RESULTADOS DEL ÍNDICE BIOLÓGICO ANDINO (ABI)																																								
N°	ORDEN	FAMILIA	PUNTO 1,2,3 (GUAYLLABAMBA)									PUNTO 4,5,6 (EL CARMEN)									PUNTO 7,8,9 (CACHIPATA)									PUNTO 10,11,12 (PATULÚ)										
			NOVIEMBRE			MARZO			ABRIL			NOVIEMBRE			MARZO			ABRIL			NOVIEMBRE			MARZO			ABRIL			NOVIEMBRE			MARZO			ABRIL				
			Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI	Cantidad	%	ABI					
1	Diptera	Blepharoceridae	64		10	19	6,15	10	9	3,3	10	7	1,65	10	18	6,29	10	6	2,6	10	14	3,72	10	1	0,56	10	10	2,7	10	2	0,67	10	7	1,86	10	16	5,4	10		
		Simuliidae	13	3,5	5	21	6,80	5	10	3,7	5	7	1,65	5	2	0,7	5	5	2,1	5																				
		Tipulidae										12	2,82	5	1	0,35	5	15	6,4	5	19	5,05	5	2	1,11	5	16	4,3	5	2	0,67	5	2	0,53	5	16	5,4	5		
		Empididae																																						
		Limonidae				20	6,5	4	6	2,2	4																													
		Capitellidae										16	3,76		16	5,59		17	7,2		13	3,46		23	12,8		11	2,9												
		Muscidae																			16	4,26	2	2	1,11	2	5	1,3	2											
Ceratopogonidae	12	3,23	3	31	10,0	3	12	4,4	3										15	3,99	3	4	2,22	3	7	1,9	3													
2	Coleoptera	Gyrinidae (adulto)	16	4,31	3				4	1,5	3	12	2,82	3	25	8,74	3	19	8,1	3																				
		Elmidae (adulto)	18	4,85	5	19	6,1	5	19	7,0	5	32	7,5	5	21	7,34	5	13	5,5	5	13	3,46	5	17	9,44	5	13	3,5	5	16	5,33	5	16	4,26	5	18	6,0	5		
		Dytiscidae (Adulto)																																						
		Scirtidae(larva)																																						
		Scirtidae	13	3,50	5	12	3,88	5	3	1,1	5	21	4,94	5	22	7,69	5	16	6,8	5	48	12,8	5	11	6,11	5	17	4,5	5											
3	Ephemeropter	Leptophlebiidae																																						
		Baetidae	83	22,4	4	17	5,5	4	23	8,5	4	60	14,1	4	30	10,5	4	19	8,1	4	2	0,53	4	3	1,67	4	4	1,1	4	18	6	4	47	12,5	4	18	6,0	4		
4	Trichoptera	Philopotamidae	19	5,12	8	13	4,21	8	17	6,3	8									15	3,99	8	3	1,67	8	16	4,3	8	10	3,33	8	8	2,13	8	12	4,0	8			
		Calamoceratidae	22	5,93	10	15	4,85	10	23	8,5	10	17	4	10	12	4,2	10	24	10,2	10	13	3,46	10	2	1,11	10	13	3,5	10	11	3,67	10	24	6,38	10	13	4,3	10		
		Hydropsychidae (Capullo)				12	3,88	5	7	2,6	5	26	6,12	5	17	5,94	5	17	7,2	5	17	4,52	5	25	13,9	5	11	2,9	5	34	11,3	5	12	3,19	5	32	10,7	5		
		Hydropsychidae	17	4,58	10	18	5,8	10	15	5,5	10										19	5,05	10	1	0,56	10	10	2,7	10	23	7,67	10	12	3,19	10	6	2,0	10		
		Limnephilidae																																						
		Leptoceridae	15	4,04	8	21	6,80	8	32	11,8	8	17	4,0	8	1	0,35	8	14	6,0	8	9	2,39	8	2	1,11	8	9	2,4	8	17	5,67	8	27	7,18	8	9	3,0	8		
Hydrobiosidae	14	3,77	8	23	7,44	8	14	5,2	8	8	1,88	8	24	8,39	8	16	6,8	8	26	6,91	8	2	1,11	8	7	1,9	8	10	3,3	8	3	0,8	8	13	4,3	8				
5	Amphipoda	Hyalellidae	20	5,39	6	14	4,53	6	10	3,7	6	14	3,29	6	23	8,04	6	10	4,3	6	12	3,19	6	7	3,9	6	16	4,3	6	50	16,7	6	38	10,1	6	13	4,3	6		
6	Plecoptera	Perlidae																		19	5,05	10	11	6,1	10	23	6,1	10												
		Gripopterygidae																			33	8,78	10	16	8,9	10	30	8,0	10											
7	Hemiptera	Corixidae																		16	4,26	5	23	12,8	5	45	12,0	5												
8	Haplotaaxida	Lumbricidae	10	2,70	1	13	4,21	1	17	6,3	1	6	1,41	1	5	1,75	1	15	6,4	1	4	1,06	1	13	7,22	1	14	3,7	1	18	6,0	1	24	6,38	1	18	6,0	1		
9	Tricladida	Planariidae				16	5,18	5	23	8,5	5	3	0,71	5	21	7,34	5	12	5,1	5	19	5,05	5	8	4,4	5	38	10,1	5	19	6,3	5	22	5,85	5	19	6,4	5		
10	Trombidiform	Pionidae	17	4,58		15	4,85		8	3,0																														
11	Microglanis	Berbixae												2	0,7																									
12	Odonata	Aeshnidae																		13	3,46	6	1	0,56	6	14	3,7	6												
13	Veneroidea	Sphaeriidae																		18	4,79	4	2	1,11	3	26	6,9	3												
14	Basommatop	Physidae	18	4,85	3	10	3,2	3	19	7,0	3	167	39,3	3	46	16,1	3	17	7,2	3	3	0,8	3	1	0,56	3	21	5,6	3											
<b>TOTAL de ESPECIES</b>			<b>371</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>309</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>271</b>	<b>100</b>	<b>103</b>	<b>425</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>286</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>235</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>376</b>	<b>100</b>	<b>133</b>	<b>180</b>	<b>100</b>	<b>132</b>	<b>376</b>	<b>100</b>	<b>132</b>	<b>300</b>	<b>100</b>	<b>115</b>	<b>376</b>	<b>100</b>	<b>128</b>	<b>299</b>	<b>100</b>	<b>128</b>		

## ANEXO M: CORRELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Blapharoceridae	Simulidae	Tipulidae	Empididae	Limoniidae	Capitellidae	Hydrobiidae	Ceratopogonidae	Gerridae	Elmidae	Dytiscidae	Noteridae	Noteridae	Leptophlebiidae	Perlidae	Phlebotomidae	Collembola	Hydroptilidae	Hydroptilidae	Limnephilidae	Leptoceridae	Hydrobiidae	Hydrobiidae	Perlidae	Perlidae	Corixidae	Lumbricidae	Planorbidae	Pisicidae	Dermaptera	Arachnida	Siphonuridae	Phoridae	
32	44	0	0	35	0	0	22	20	25	0	0	20	0	123	43	20	43	20	0	60	24	44	0	0	0	40	22	40	0	0	0	43	
34	44	20	0	0	0	43	0	25	25	0	0	23	0	403	0	23	20	0	0	32	40	47	0	0	0	25	25	0	0	0	20		
25	0	37	0	0	0	47	23	20	0	43	0	0	75	0	3	34	20	23	30	0	20	32	32	23	0	0	34	22	0	0	20	45	22
25	23	20	20	13	14	0	0	0	0	20	23	47	12	40	23	40	20	20	41	0	23	25	10	0	0	0	60	60	45	0	0	0	

ANCHOSES FERROUS ACENTIVADOS	Blapharoceridae	Simulidae	Tipulidae	Empididae	Limoniidae	Capitellidae	Hydrobiidae	Ceratopogonidae	Gerridae	Elmidae	Dytiscidae	Noteridae	Noteridae	Leptophlebiidae	Perlidae	Phlebotomidae	Collembola	Hydroptilidae	Hydroptilidae	Limnephilidae	Leptoceridae	Hydrobiidae	Hydrobiidae	Perlidae	Perlidae	Corixidae	Lumbricidae	Planorbidae	Pisicidae	Dermaptera	Arachnida	Siphonuridae	Phoridae	
Blapharoceridae	1,00																																	
Simulidae	-0,20	1,00																																
Tipulidae	-0,03	-0,35	1,00																															
Empididae	-0,20	0,37	-0,05	1,00																														
Limoniidae	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00																													
Capitellidae	0,23	-0,37	0,03	-1,00	-1,00	1,00																												
Hydrobiidae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00																											
Ceratopogonidae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00																										
Gerridae (adult)	1,00	-0,20	-0,03	-0,03	-0,20	-0,20	-0,20	1,00																										
Elmidae (adult)	0,32	0,04	-0,20	-0,22	-0,22	0,25	-0,20	0,22	1,00																									
Dytiscidae (adult)	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00	-1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	1,00																							
Noteridae (larva)	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00	-1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	1,00	1,00																						
Noteridae	0,25	-1,00	0,25	-0,27	-0,27	0,25	0,71	0,71	0,25	-0,04	-0,27	-0,27	1,00																					
Leptophlebiidae	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00	-1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	1,00	1,00	-0,27	1,00																				
Perlidae	0,70	0,40	-0,24	0,27	0,27	-0,23	-0,27	-0,27	0,70	0,00	0,27	0,27	-0,24	0,27	1,00																			
Phlebotomidae	-0,20	0,19	0,14	0,40	0,40	-0,44	0,20	0,20	-0,20	-0,20	0,40	0,40	-0,16	0,40	-0,27	1,00																		
Collembola	0,25	0,25	-0,20	0,25	0,25	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,25	0,25	1,00	-0,20	1,00																	
Hydroptilidae (Capella)	-0,25	1,00	-0,25	0,25	0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,25	0,25	1,00	0,25	1,00																	
Hydroptilidae	-0,27	0,20	-0,20	0,71	0,71	-0,23	0,25	0,25	-0,27	-0,25	0,71	0,71	-0,20	0,71	-0,40	0,20	-0,44	0,45	1,00															
Limnephilidae	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00	-1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	1,00	1,00	-0,27	1,00	1,00	0,27	0,40	0,25	0,25	0,71	1,00													
Leptoceridae	-0,16	0,25	-0,20	0,25	0,25	-0,22	-0,20	-0,20	-0,16	0,14	0,25	0,25	-0,20	0,25	0,25	0,40	0,25	0,24	1,00	0,41	0,20	1,00												
Hydrobiidae	0,24	-0,25	0,20	-0,24	-0,24	0,23	-0,10	-0,10	0,24	0,25	-0,24	-0,24	0,23	-0,24	0,25	-0,25	0,25	0,23	-0,22	-0,23	-0,24	-0,24	1,00											
Hydrobiidae	-0,24	1,00	-0,20	0,25	0,25	-0,20	-0,24	-0,24	-0,24	-0,25	0,25	0,25	-1,00	0,25	0,45	0,24	0,40	0,25	0,20	0,25	0,20	0,25	0,20	-0,20	1,00									
Perlidae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,71	-0,20	-0,27	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								
Perlidae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,71	-0,20	-0,27	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								
Corixidae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,71	-0,20	-0,27	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								
Lumbricidae	-0,24	0,25	-0,27	0,25	0,25	-0,23	-0,20	-0,20	-0,24	-0,25	0,25	0,25	-0,22	0,25	0,19	0,22	0,20	0,22	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	-0,20	-0,20	1,00								
Planorbidae	-0,20	0,19	0,19	0,25	0,25	-0,23	0,25	0,25	-0,23	-0,23	0,25	0,25	-0,10	0,25	-0,24	1,00	-0,27	0,25	0,24	0,25	-0,24	-0,24	0,19	0,25	0,25	0,25	1,00							
Pisicidae	-0,20	0,37	-0,05	1,00	1,00	-1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	1,00	1,00	-0,27	1,00	1,00	0,27	0,40	0,25	0,25	0,71	1,00	0,25	-0,24	0,25	-0,20	-0,20	1,00							
Dermaptera	1,00	-0,20	-0,03	-0,03	-0,20	-0,20	-0,20	1,00	0,25	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	-0,20	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	1,00								
Arachnida	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,71	-0,20	-0,27	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								
Siphonuridae	-0,20	-0,20	0,00	-0,20	-0,20	0,47	1,00	1,00	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,71	-0,20	-0,27	0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								
Phoridae	1,00	-0,20	0,07	-0,20	-0,20	0,24	-0,24	-0,24	1,00	0,22	-0,20	-0,20	0,25	-0,20	0,25	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,22	0,25	0,25	0,25	-0,20	-0,20	1,00								



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29/ 09/ 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Verónica Alexandra Charco Cayambe Nely Morayma Quishpe Rochina
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1620-DBRA-UPT-2023