



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO CHORLAVÍ
MEDIANTE ÍNDICES BIOLÓGICOS E HIDROMORFOLÓGICOS EN LA
PROVINCIA DE IMBABURA**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTOR:

Edison Fabricio Cortez Chinchuña

DIRECTOR:

Ing. Jairo Santiago Cabrera García MSc.

IBARRA, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

I. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determino la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1726117979		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cortez Chinchuña Edison Fabricio		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	efcortezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2364954	TELF. MOVIL	0998285570

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO CHORLAVÍ MEDIANTE ÍNDICES BIOLÓGICOS E HIDROMORFOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA
AUTOR:	Cortez Chinchuña Edison Fabricio
FECHA: AAAMMDD:	2022 - 09 - 15
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería En Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	MSc. Cabrera Garcia Jairo Santiago

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días, del mes de julio de 2024

AUTOR:



.....

Cortez Chinchuña Edison Fabricio



**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 17 de julio de 2024

MSc. Cabrera Santiago

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....
MSc. Cabrera García Jairo Santiago

C.C.: 1003715712
.....



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO CHORLAVÍ MEDIANTE ÍNDICES BIOLÓGICOS E HIDROMORFOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA**”, elaborado por Cortez Chinchuña Edison Fabricio, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Recursos Naturales Renovables**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica Del Norte.

.....
MSc. Cabrera García Jairo Santiago

C.C.: 1003315312
.....

.....
MSc. Velarde Cruz Delia Elizabeth

C.C.: 100258762-7
.....

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre Soñia Chinchuña y padre Cesar Cortez que han estado de forma permanente en el todo el transcurso de mi vida académica y personal, por ser el motor que cada día ayudo a que nunca me rinda a pesar de las adversidades hoy el esfuerzo y sacrificio que dieron por mí se refleja, gracias a ellos he conseguido un logro más en el camino llamado vida con el fin de ser un profesional y saber afrontar lo que se venga día tras día. Que la conclusión de esta etapa de mi vida sirva como experiencia y sabiduría y así prosperar como profesional y persona.

Gracias Madre y Padre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre y padre por darme la oportunidad de formarme como profesional que los esfuerzos del día a día hoy se ven reflejados.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por ser el medio el cual puede realizarme como profesional a lo largo de todo este tiempo gracias a todo cuerpo de docentes que impartió su sabiduría y ser un profesional con ética.

Un agradecimiento a todos los docentes en especial a mi director de tesis Ing. Santiago Cabrera debido al aporte de sus enseñanzas que de igual manera ayudaron con el crecimiento como profesional y consejos de vida.

Hoy se termina una etapa y comienza otra con nuevas metas propuestas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Pregunta directriz de la investigación	4
1.4.1 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Marco teórico referencial	5
2.1.1 Componentes ecosistémicos de Ríos Andinos	5
2.1.2 Condiciones hidromorfológicas	5
2.1.3 Evaluación de Calidad de Agua (Parámetros Físico-Químicos y Biológicos).....	6
2.1.4 Macroinvertebrados acuáticos.....	7
2.1.5 Índices Biológicos para macroinvertebrados acuáticos	8
2.2. Marco legal.....	9
2.2.1 Constitución de la república del Ecuador.....	9
2.2.2 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento de agua..	10
2.2.3 Código orgánico ambiental (COA)	10
2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014).....	11
2.2.5 Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULSMA)	11
2.2.6 Plan de Creación de Oportunidades	12
2.2.7 Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	12
2.2.8 Ordenanzas Locales	12
CAPITULO III.....	13
3. METODOLOGÍA	13

3.1 Descripción del área de estudio.....	13
3.2 Métodos.....	14
3.2.1 Localización de puntos de muestreo	14
3.2.2 Cálculo del caudal del Río Chorlaví	14
3.2.3 Método de flotador.....	15
3.2.4 Medición del área de la sección transversal del río.....	15
3.2.5 Muestro de agua	16
3.2.6 Índice de presiones antropogénicas.....	17
3.2.7 Calidad hidromorfológica	18
3.2.8 Colecta de macroinvertebrados	18
3.2.9 Índices biológicos de calidad BMWP y ABI	20
3.2.10 Análisis de datos	21
3.3 Materiales y equipos	22
CAPITULO IV.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	23
4.1 Evaluación de las características antrópicas, hidromorfológicas y físico-químicas	23
4.1.1 Características climatológicas y situación atmosférica presente en el área analizada.....	23
4.1.2 Establecimiento de sitios de muestreo	24
4.1.3 Presiones antropogénicas al ecosistema fluvial	26
4.1.4 Calidad hidromorfológico	27
4.1.5 Caracterización físico-química del cauce del río	28
4.2 Evaluar la comunidad de macroinvertebrados a nivel espacio temporal para generar índices biológicos del río Chorlaví.	30
4.2.1 Diversidad de Macroinvertebrados	30
4.2.2 Índices biológicos para medir la calidad ecológica.....	34
4.2.2.1 Index Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col).....	34
4.2.2.2 Andean Biological Index (ABI).....	35
4.3 Analizar la calidad y condición ecológica entre los índices biológicos, características hidromorfológicas y físico – químicas	38

4.3.1 Calidad ecológica del río Chorlaví.....	38
4.3.2 Grupos funcionales alimenticios	41
4.3.3 Calidad biológica del agua y grupos funcionales alimenticios	45
CAPITULO V	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1 Conclusiones	51
5.2 Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	17
Criterio de evaluación índice IPA.....	17
Tabla 2.	18
Valores de la calidad hidromorfológica de acuerdo con el protocolo CERAs apartado de ribera y canal fluvial.....	18
Tabla 3.	20
Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP.....	20
Tabla 4.	21
Evaluación de calidad de agua a partir del puntaje del Índice ABI.....	21
Tabla 5.	22
Materiales, equipos y softwares.....	22
Tabla 6.	26
Información de puntos de muestreo del río Chorlaví.....	26
Tabla 7.	27
Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas.....	27
Tabla 8.	28
Criterio de ribera y el canal fluvial para la calidad hidromorfológica (CERAs) ...	28
Tabla 9.	30
Parámetros de agua analizados en laboratorio alfanalítica Ibarra.....	30
Tabla 10.	32
Abundancia por número familias en cada punto.....	32
Tabla 11.	34
Abundancia y riqueza por punto de muestreo.....	34
Tabla 12.	35
Valores obtenidos en relación con el puntaje del Índice BMWP/Col.....	35
Tabla 13.	37
Valores obtenidos en relación con el puntaje del Índice ABI.....	37
Tabla 14.	39

Análisis de la calidad ecológica mediante el uso del índice biológico (BMWP/Col) e hidromorfológicos	39
Tabla 15.	40
Análisis de la calidad ecológica mediante el uso del índice biológico (ABI) e hidromorfológicos	40
Tabla 16.	42
Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos en relación con los grupos funcionales alimenticio	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	13
Delimitación de la microcuenca del Río Chorlaví	13
Figura 2.	24
Climograma de la Provincia de Imbabura.....	24
Figura 3.	25
Mapa de puntos de muestreo de la microcuenca del río Chorlaví	25
Figura 4.	38
Correlación mediante los índices biológicos BMWP/Col y ABI en los puntos de muestreo	38
Figura 5.	44
Composición de los grupos funcionales de alimentación por los sitios muestreados con respecto a los índices BMWP/Col y ABI	44
Figura 6.	46
Abundancia relativa de grupos funcionales de alimentación agrupados en base a la clasificación de calidad biológica del agua del índice biológico (ABI).....	46
Figura 7.	49
Abundancia relativa de grupos funcionales de alimentación agrupados en base a la clasificación de calidad biológica del agua del índice biológico (BMWP/Col)	49
Figura 8.	50
Diagrama de Análisis de Componentes Principales (ACP) de los índices biológico y factores físico -químicos	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	61
Protocolo CERAs de la calidad hidromorfológica.....	61
Anexo 2	63
Delimitación de la microcuenca del Río Chorlaví.....	63
Anexo 3	63
Criterio de evaluación índice IPA.....	63
Anexo 4	64
Valores de la calidad hidromorfológica de acuerdo con el protocolo CERAs apartado de ribera y canal fluvial.....	64
Anexo 5	64
Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col.....	64
Anexo 6	64
Evaluación de calidad de agua a partir del puntaje del Índice ABI.....	64
Anexo 7	65
Materiales, equipos y softwares.....	65
Anexo 8	65
Mapa de puntos de muestreo de la microcuenca del río Chorlaví.....	65
Anexo 9	66
Información de puntos de muestreo del río Chorlaví.....	66
Anexo 10	66
Composición de los grupos funcionales de alimentación por los sitios muestreados con respecto a los índices BMWP/Col y ABI.....	66
Anexo 11	67
Macroinvertebrados recolectados e identificados de acuerdo con su familia en la microcuenca del río Chorlaví.....	67
Anexo 12	68
Actividades antrópicas en la liberar del río Chorlaví.....	68

Anexo 13.	68
Colocación de macroinvertebrados en tubos eppendorf	68
Anexo 14.	69
Análisis de laboratorio Alfanalitica	69

RESUMEN

Debido a que los afluentes de agua son primordiales para el funcionamiento ecosistémico, la contaminación por parte antrópica que se aprecia en ellos es alarmante en la actualidad. Por lo tanto, es imperativo establecer las condiciones en el que se hallan los afluentes de agua de manera inmediata, ya que esto facilitaría la aplicación de mandatos y disminuiría las contrariedades que surgen debido por contaminación causada por factores antrópicos. En la investigación se realizó el análisis de macroinvertebrados acuáticos, hidromorfológicos y físico químicos para evaluar la calidad ecológica fluvial de la microcuenca del río Chorlaví. Para determinar su estado actual, se le otorgaron calificaciones de "Excelente", "Buena", "Moderada", "Mala" y "Pésima". En concordancia al Protocolo de Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERAs) y el uso del Índice Biológico Andino (ABI) y BMWP/Col, que son metodologías para evaluar ríos altoandinos. Además, se analizaron varios aspectos como grupos alimenticios, taxonomía de macroinvertebrados acuáticos.

Palabras clave: Índices biológicos, hidromorfológicos, diagnostico, fluvial, ecosistemas acuáticos, BMWP, ABI, IPA, CERAs.

ABSTRACT

Since water tributaries are essential for ecosystem functioning, the anthropogenic contamination that is currently observed in them is alarming. Therefore, it is imperative to establish the conditions in which the water tributaries are found immediately, since this would facilitate the application of mandates and would diminish the setbacks that arise due to contamination caused by anthropic factors. In the research, the analysis of aquatic macroinvertebrates, hydromorphological and physical-chemical analyses were carried out to evaluate the fluvial ecological quality of the Chorlaví River micro-basin. To determine its status, it was given ratings of "Excellent", "Good", "Moderate", "Poor" and "Very Poor". In accordance with the Protocol of Ecological Quality of Andean Rivers (CERAs) and the use of the Andean Biological Index (ABI) and BMWP/Col, which are methodologies for evaluating high Andean rivers. In addition, several aspects such as food groups and aquatic macroinvertebrate taxonomy were analyzed.

Key words: Biological indices, hydromorphological, diagnosis, fluvial, aquatic ecosystems, BMWP, ABI, IPA, CERAs

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

Actualmente, se valora mucho la protección de los ecosistemas fluviales a nivel mundial. No obstante, cuando se trata de Latinoamérica, la situación es diferente, ya que la degradación de los sistemas ecológicos por parte del ser humano está en aumento debido al aumento del aprovechamiento de los recursos y, en particular, por la polución de los afluentes hídricos (Guerrero, 2004). En Ecuador, se observa un deterioro de los ecosistemas hídricos, lo que amenaza a los microorganismos, la flora y la fauna que los habitan. La falta de conocimiento sobre estos ecosistemas ha llevado a un aumento significativo de la contaminación, lo que ha llevado a que los ríos no tengan información sobre sus condiciones ambientales auténticas actualmente (Pérez G, 2016).

El uso de transporte sostenible, agricultura e industrias más sostenibles, uso de nutrientes y plaguicidas naturales y otros métodos pueden reducir la contaminación del agua. Es necesario llevar a cabo investigaciones sobre cada uno de estos procesos y utilizar los hallazgos para solucionar los problemas. Un ejemplo de esto son las aguas, que trasladan un considerable conjunto de elementos metálicos y orgánicas que se descomponen muy lentamente. Es extremadamente necesario en Ecuador utilizar índices ecológicos para desarrollar estrategias de conservación que tengan en cuenta los guías de calidad y cantidad de agua. La microcuenca del río Chorlaví puede ser categorizada en "Excelente", "Buena", "Moderada", "Mala" y "Pésima", con lo cual se puede realizar labores para mitigar afectaciones en el ambiente y prever sus afectaciones por diligencias humanas (Fernández, 2012). De tal forma, el estudio de la calidad ecológica del afluente implementa a establecer soluciones o estrategias de conservación para la gestión de autoridad en cuanto al recurso hídrico (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018).

Los macroinvertebrados en los afluentes hídricos son bioindicadores en el estado de los cuerpos de agua porque son perceptibles a la modificación de su hábitat. Los índices bióticos diversidad se utilizan junto con ellos para evaluar los ecosistemas hídricos fluviales para determinar el nivel de contaminación. El Protocolo de Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERAs) se fundamenta en base Protocolo Rápido de Evaluación de la Calidad Ecológica (PRECE) para ríos, y patrias como Ecuador y Perú han implementado CERAs (Acosta, 2009).

La valoración de la calidad del río es rentable ya que es simple. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los CERAs deben adaptarse a la contaminación específica de los ríos que se expresa por cada familia de macroinvertebrados (Encalada et al., 2019). Este documento presenta una ilustración de cómo se puede utilizar el Índice Biológico Andino (ABI) como una técnica que utiliza debidamente la lógica para valorar la calidad biológica en cuanto a afluentes altoandinos. El objetivo se trata de aplicar la metodología efectiva y específica para el cálculo puntajes para las familias específicas de la región andina, indicando así el estado ecológico de estos ecosistemas (Restrepo, 2018).

1.2 Problema de investigación y justificación

Debido a su ubicación geográfica, el río Chorlaví se clasifica como un río altoandino y es de gran importancia ecológica en el cantón Ibarra (Prat & Munné, 2011). Es un ecosistema que contiene una variedad de especímenes tanto de fauna como flora que son características en la región (Siurot, 2014). De acuerdo con la valoración de las alteraciones en la calidad del agua del río Chorlaví causadas por contaminantes producidos por actividades antrópicas cercanas, se puede inferir que las condiciones originales del río están cambiando como resultado de la economía, cultura y avance social de los poblados cercanos (Pinzón, 2024).

Una de las grandes problemáticas que se presentan en los afluentes hídricos altoandinos es el déficit de gestión de residuos y acciones antrópicas como basura derramados, pesticidas, abonos, químicos que confluyen con ríos y que acaban

infectando todo el recorrido del río Chorlaví (Siurot, 2014). El tratamiento inadecuado y falta de interés al momento de tratar los residuos industriales, agrarios y aguas excedentes forman una un desafío a la amplitud de la cuenca. El agua que es usada por las personas para sus actividades está en riesgo debido al alto grado de polución de los distintos residuos que se acumulan por la inadecuada gestión de aguas residuales las cuales elevan aún más el valor de contaminación. Esta agua infectada está generando una grave marca ecológica en el río Chorlaví debido a que acaban con la biodiversidad, por las varias afecciones que generan la muerte en las especies (Guerrero, 2004).

En consecuencia, en la actualidad se ha contemplado una aceleración constante en los procesos de polución en los ecosistemas lóticos. Esto se debe a la entrada de contaminantes y nutrientes causados por la actividad antrópica. El uso inadecuado de los ambientes acuáticos reduce todas las propiedades originales de los ríos. Por lo tanto, es crucial despertar un gran interés en la conservación y la mitigación de los ecosistemas loticos. El objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), "Agua limpia y saneamiento", es el tema del presente estudio. Este objetivo busca lograr y avalar los recursos de agua y su misión llevadero para la reparación de los ecosistemas. Por ende, con los resultados que se obtengan tendremos la situación real en el que se halla el río Chorlaví para de esta manera la base de datos ayude en próximas investigaciones para aplicar estrategias y de esta forma logren mitigar o restaurar.

El estudio en la microcuenca del río Chorlaví, ayudaría a ejecutar un análisis y utilizar los datos obtenidos para tomar decisiones futuras, ya que el río está conectado con elementos naturales similares a los que el hombre ha intervenido. Las malas prácticas se desarrollan en la parte alta de la microcuenca y afectan directamente a la parte baja. Por esta razón, el presente estudio se enmarca en el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 (Creando Oportunidades), particularmente para los criterios de transición ecológica con el objetivo de suscitar la gestión exhaustivo de los afluentes hídricos (CONGRESO DE COLOMBIA, 2022). Actualmente, el recurso agua no se gestiona de manera completa y no se avala la

admisión al agua de eficacia. Por lo tanto, se requieren políticas específicas que ordenen el uso y el acceso al recurso. Este estudio serviría para tomar decisiones políticas y promover la conservación, con especial atención a los puntos de estudio que se realizarán.(Gómez, 2019).

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluación de la calidad ecológica del río Chorlaví mediante índices biológicos (macroinvertebrados) e hidromorfológicos en la Provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la idoneidad de los sitios de estudio a nivel espacio temporal en base a las perturbaciones antrópicas, características hidromorfológicas y físico-químicas para realizar un muestreo con mejor relación costo-efectiva en el río Chorlaví.
- Evaluar la comunidad de macroinvertebrados a nivel espacio temporal para aplicar índices biológicos del río Chorlaví.
- Analizar la calidad y condición ecológica del río Chorlaví en base a la relación entre los índices biológicos, características hidromorfológicas y físico – químicas para mejorar la gestión del recurso hídrico.

1.4 Pregunta directriz de la investigación

¿Cuál es la relación que existe entre los índices biológicos proporcionados por los macroinvertebrados y las características hidromorfológicas y físico químicas?

1.4.1 Hipótesis

- H0: En el río Chorlaví no existe diferencia a nivel espacio temporal en la composición de la comunidad de macroinvertebrados.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 Componentes ecosistémicos de Ríos Andinos

Los ríos son entornos considerablemente complicados porque poseen muchos mecanismos distintos, particularmente coherentes a la horizontalidad. Por lo tanto, las peculiaridades geológicas, como el clima, son elementos cruciales que revelan las diferenciaciones a través de ríos en diferentes extensiones y los biomas (Palma, 2016). Los factores específicos de la microcuenca que necesita de la geodinámica y el clima incluyen la consistencia y tipo de follaje, la meteorización y el progreso del suelo, la pendiente de la microcuenca y el cauce circulante. En lo que respecta al sistema fluvial dado por la ribera, el cauce y la llanura de inundación son factores que influyen en las variaciones hidrológicas del río en si no es debido a las características litológicas y del clima, la relación entre el régimen de caudales, las variaciones en la química del agua y las variaciones en las características físicas del río además de las comunidades biológicas no puede explicarse (Prat & Munné, 2011).

La heterogeneidad de la actividad en los afluentes hídricos es debido al alto dinamismo fluctuante. Las diferenciaciones en las comunidades de seres vivos se deben principalmente a la época seca o lluviosa, así como a la luz disponible en el río. También se incluyen las áreas costeras y la llanura de inundación, las cuales parecen estar bajo las crecidas. La vegetación costera impide que los nutrientes disueltos se muevan a través del río (Diaz, 2014).

2.1.2 Condiciones hidromorfológicas

Para realizar el diagnóstico de calidad ecológica, es necesario estudiar las condiciones hidromorfológicas, como la continuidad del río y combinar los

aspectos hidrodinámicos para mantener la hidrología natural relacionada con la continuidad del río, así como los aspectos geomorfológicos que son específicos para los organismos locales (Ruiz & Navarro, 2009). El resultado de la calidad ecológica se utiliza para establecer el cambio ambiental, que puede ser rectilíneo, meándrico o anastomosado, sin tener en cuenta los parámetros de sinuosidad y multiplicidad (Fernández, 2012).

2.1.3 Evaluación de Calidad de Agua (Parámetros Físico-Químicos y Biológicos)

Según los avances científicos y los estudios, el control biológico de los ríos puede determinar el nivel y el tipo de contaminación. Sin embargo, debido a que cada sistema de agua es muy particular y además del tipo de intervención antrópica que se está llevando en él, la composición físico-química y biológica no siempre es la misma. Sin embargo, la turbidez, la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales son los factores y el tiempo específico (Pauta, 2019). Dado que estos parámetros muestran la estructura y la dinámica de la polución que se aprecian, son cruciales en la evaluación de los ambientes acuáticos en el área además aporta en la evaluación de la calidad de hídrica de los cuerpos lóticos (Prat N, 2019).

El aspecto biológico se incluye principalmente para complementar el estudio físico-químico y realizar una evaluación más específica y precisa. Debido a que la proliferación de macroinvertebrados estriba de una variedad de parámetros, incluida la disponibilidad de oxígeno (Guilcamaigua & Chancusig, 2019). En consecuencia, si hay abundancia de material orgánico en el cuerpo de hídrico, habrá mayores organismos encargados de la descomposición, lo que resultará en una rebaja del oxígeno disuelto y un incremento de nutrientes. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los macroinvertebrados son fácilmente identificables en la disminución del oxígeno disuelto, lo que resulta en una variación en su abundancia (Toledo & Mendoza, 2016).

La amplitud de tener componentes y sustancias en solución esenciales en la biología está afín con la constitución físico-química de los cuerpos de agua. Las propiedades físico-químicas afectan directamente la ecología acuática en las comunidades de macroinvertebrados (Palma, 2016). La vegetación, que sirve de alimento para los organismos, se ve dañado por la atribución de la turbidez, la DQO y los sólidos suspendidos totales. Esto se da de manera que reprime la sagacidad de los rayos del sol, suprimiendo el desarrollo primario (Durán, 2016).

2.1.4 Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son individuos que se encuentran en el agua además se pueden observar sin herramientas. Según Acosta R et al., (2009), para ser clasificados en esta categoría, sus tamaños deben oscilar entre 0,5 mm y 2,5 cm, y su denominación se define en macro como igual a animales grandes e invertebrados sin huesos. Debido a que son altamente sensitivos a las alteraciones en su hábitat y tienen necesidades específicas en su entorno, los macroinvertebrados se aplican como bioindicadores de calidad (Carlos, 2010).

En las aguas de ríos, hay una gran variedad de macroinvertebrados, con artrópodos, anélidos y moluscos como los grupos más comunes. Su movilidad es limitada, lo que significa que cualquier intervención en su entorno tendrá un impacto directo en su calidad ecológica (Patricia, 2014). Esto hace que sea crucial para el estudio de la calidad ecológica afectada por la contaminación. Además, su ciclo vital es prolongado en comparación con otros, lo que ayuda a recabar una gran cantidad de información sobre su desarrollo debido al tamaño de sus diferentes etapas, sin olvidar el entorno que los rodea, que también puede brindar información (González, 2012).

El deterioro de la ecología es una afectación de las acciones humanas, que pueden ocurrir a través de diversas acciones, como la ganadería y la agricultura, puesto que tienen un impacto en varios aspectos ecológicos, incluidas las aguas superficiales y sus sustratos. Las investigaciones que utilizan la metodología de

invertebrados acuáticos ayudan a establecer "caudales ecológicos" para comprender la funcionalidad ecológica y las dinámicas poblacionales, entre otras cosas (Maya, 2016).

2.1.5 Índices Biológicos para macroinvertebrados acuáticos

Este tipo de índices utilizan organismos como indicadores de calidad para medir la contaminación. Por lo tanto, se evalúa el estado ecológico actual del río como resultado de la contaminación antrópica. En consecuencia, se asigna un valor a los grupos de macroinvertebrados de acuerdo con el margen de tolerabilidad a la contaminación. Esto significa que los grupos que toleran una mayor contaminación reciben un valor más bajo que los grupos más susceptibles a la contaminación (Ladrera, 2013).

- **Índice ABI**

El índice Biológico Andino (ABI) se basa en el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual se utiliza en los ríos altoandinos que se ubica en el margen superior a los 2.000 metros sobre el nivel del mar. Por ende, las familias de los macroinvertebrados son menores en la lista, especialmente porque su distribución es limitada por la altitud. La región andina se caracteriza por su gradiente altitudinal, lo cual se debe a la falta de diversos contaminantes en la zona. El índice se ha creado a partir de una serie de investigaciones para comparar ciertos rasgos del índice BMWP, como los valores de las familias (Acosta et al., 2009). La suma de las puntuaciones se utiliza para calcular el índice la presencia de las familias de macroinvertebrados proporciona una puntuación parcial, lo que permite obtener una puntuación global de acuerdo con la zona de estudio (Acosta et al., 2009).

- **Índice BMWP**

Al realizar la evaluación de la condición del agua, se aplica el índice BMWP, una metodología muy simple y ágil. Se basa en macroinvertebrados que se utilizan como bioindicadores. La identificación generalmente se lleva a cabo hasta el nivel de familia. Debido a su ausencia o presencia, la información es cualitativa, mientras que la evaluación se basa en la sensibilidad y tolerancia de los grupos en relación con la contaminación en el punto de muestreo. Como de ello muestra tenemos que las familias Perlidae y Oligoneuriidae poseen una puntuación de diez (la más alta del índice), lo que las clasifica como sensibles. Por otro lado, las familias Tubificidae poseen una puntuación de uno por ende conlleva a ser más tolerante que las familias antes nombradas (Rosas et al., 2012).

2.2. Marco legal

El estudio se realizará acorde a aspectos legales contemplados en leyes y reglamentos para la aplicación de normas que enfatizan la minimización las afectaciones circunstanciales en los ecosistemas hídricos.

2.2.1 Constitución de la república del Ecuador

El presente estudio se rige en los apartados de la Constitución de la república de Ecuador, que establecen los derechos de los ciudadanos a un buen vivir mediante la conservación de los ambientes para prevenir daños a los ecosistemas causados por la contaminación del recurso hídrico.

Art. 14r.- Dar la razón al derecho de la localidad a hallarse en un ambiente saludable y ecológicamente ecuánime que avale el bienestar y la sostenibilidad, *sumak kawsay*.

Art. 15.- El gobierno fomentará el uso de tecnologías ambientalmente limpias y fuentes de energía alternativas no dañinas al ambiente y de mínima huella tanto por parte pública como la privado.

Arts. 30 y 31.- Exponen el mandato a un habitat sano y derecho al regocijo de las áreas de las urbes en una medida sostenible de lo ambiental, y lo social.

Art. 71.- Se refiere al Ambiente y se le reconoce el derecho al acato completo de su existencia, su mantenimiento y sus ciclos vitales. De igual forma se insta que cualquier individuo puede demandar que se respeten los derechos de la naturaleza.

2.2.2 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento de agua

Para preservar el recurso y mantenerlo accesible para uso recreativo y doméstico, la presente ley de aguas garantiza la preservación y la inspección de la polución.

En el Art. 64 se alude que la naturaleza, o Pacha Mama, posee derecho a mantener el agua con sus cualidades porque es fundamental para todas las formas de vida. proteger sus fuentes, áreas de captación, control, recarga, afloramiento y arroyos de agua naturales, especialmente nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares.

El Art. 65 Redacta que la gestión exhaustiva e integral de los afluentes hídricos se llevará a cabo de acuerdo con el Estatuto de esta Ley para garantizar la biodiversidad, la sustentabilidad y su conservación.

2.2.3 Código orgánico ambiental (COA)

El artículo 26 establece que los mandos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales de acuerdo con asuntos ambientales, especialmente el mandato 6 que instituye que los GAD son responsables de establecer normas y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la

contaminación y las afectaciones ambientales una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya dirigido ante el Sistema Único de Manejo Ambiental.

De acuerdo con el literal 3 del artículo 30 en correspondencia con los objetivos del estado en dependencia con la biodiversidad, la conservación, el uso sostenible y la restauración de la biodiversidad y sus componentes requiere la contaminación, la pérdida y la degradación de los ecosistemas terrestres, insulares, oceánicos, marinos, marino-costeros y acuáticos.

2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014)

Según los Art 64 y 65 del mandato, se promueve el derecho a la eficacia de vida, lo que implica la protección, gestión, conservación y autorización del manejo de recursos hídricos, con el objetivo de fortalecer el bienestar ecosistémico. Es crucial aplicar la ley en los artículos mencionados para el desarrollo sostenible en las actividades principales, como los procesos industriales, mineros y especialmente en los agroalimentarios. Por lo tanto, el aprovechamiento debe realizarse de manera sustentable e integral de acuerdo con lo establecido en los artículos 66 y 79 mediante prácticas ancestrales.

2.2.5 Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULSMA)

Para la normativa ambiental y su cumplimiento, el Texto Unificado de la Legislación Secundaria incluye el libro VI Anexo I sobre "La prevención y el control de la contaminación ambiental que rigen a todo el territorio nacional". establece los límites permitidos, las normas y las prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua, los estándares de calidad del agua para cada uso y las técnicas y procedimientos para detectar contaminantes en el agua.

2.2.6 Plan de Creación de Oportunidades

En línea con el Plan Nacional Toda una vida, la misión agua y saneamiento para todos insta a que los ciudadanos poseen derecho a un agua de calidad segura, protegiendo las fuentes de captación como paramos, bosques y humedales, que son esenciales para proporcionar agua a ríos, lagos, acuíferos y manantiales.

2.2.7 Objetivos de Desarrollo Sostenible

De acuerdo con el objetivo numeral seis de agua limpia y saneamiento tiene por objetivo garantizar que el recurso hídrico sea accesible de manera gratuita, así como que esté disponible y gestionado de manera adecuada. El objetivo es permitir el acceso universal al recurso hídrico que es el agua potable.

2.2.8 Ordenanzas Locales

Regulación, autorización y control de la explotación de material árido y petrolero en los lechos de los ríos, lagos y canteras pertenecientes al cantón de San Miguel de Ibarra. Ordenanza del 15 de marzo de 2001 para resguardar el medio ecosistema en el cantón Ibarra contra la contaminación por desechos no domésticos producidos por fuentes fijas.

La microcuenca tiene un perímetro de 38.1 km² y un ancho de 3.6 km. Los parámetros de diseño de la microcuenca demuestran que tiene una inclinación de susceptibilidad casi nula al aumento del nivel de agua y un coeficiente de compacidad de 1.41, lo que indica que tiene un diseño oval redondo oval oblongo. Como resultado, la inclinación promedio del río es del 24,8%, lo que muestra que el relieve en el área es accidentado y se ajusta al diseño del mapeo de San Antonio. Además, posee una consistencia de drenaje de 2.1 km/km², lo que muestra que posee densidad baja y su caudal es lento posterior a las épocas de precipitación (Catherine et al., 2012).

3.2 Métodos

3.2.1 Localización de puntos de muestreo

Para ubicar las áreas de muestreo, se consideraron diferentes aspectos de la microcuenca, como las actividades antrópicas que afectan el río Chorlaví. Además, se dividió el río en cuenca baja, cuenca media y cuenca alta, que en cierta medida servirán como zonas de división que se tomó en cuenta la afectación y la accesibilidad, factores que ayudaron a determinar los lugares más adecuados para el desarrollo de la investigación.

3.2.2 Cálculo del caudal del Río Chorlaví

La metodología seleccionada para aforar el río Chorlaví consistió en calcular la rapidez en varios lugares de la sección transversal de la zona seleccionada. Con el objetivo de determinar la sección mediante de la medida de las hondonadas en la sección transversal del río. Posteriormente se aplicó la siguiente fórmula (James et al., 2013).

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua, en m³/s

A = Área de la sección transversal, en m²

V = Velocidad media del agua, en m/s

3.2.3 Método de flotador

El método requirió el uso de los siguientes materiales: un corcho, un cronómetro, cuerdas por último un flexómetro de 20 metros. Los flotadores tenían tapas de botella. El tamaño del flotador será de 7 a 10 cm. Se lo pintará de manera de resalte sugerible amarillo lo que ayudará al hacer el ejercicio (Barreto, 2009).

Posteriormente se evaluó la velocidad, se eligió una sección del río, para el trayecto que siguieron los flotadores, se colocó las estacas para delimitar la distancia, con el objetivo de que las secciones sean precisas desde el inicio hasta el final del tramo, la distancia del tramo fue de 10 metros, para mayor precisión a la hora de realizar los cálculos. Una vez colocadas las estacas, se lanzó el flotador en el centro del río y a una distancia de por lo menos tres metros antes de la estaca de inicio con el fin de que tome velocidad del cauce, al instante de que el flotador cruce la estaca de inicio se tomó con el cronómetro el tiempo que tarda en llegar a la estaca situada en la última etapa (Barreto, 2009). Para procedimiento se la realizó 20 repeticiones y el método para establecer la velocidad será:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

3.2.4 Medición del área de la sección transversal del río

La sección transversal de un cause está restringida en la parte de encima por la faja del agua, que es prácticamente horizontal, por los muros del río que constituyen los bordos y por la base. Para el muestreo se utilizó una varilla metálica graduada, con la longitud adecuada para tocar el fondo del río. Se procedió a calcular con ella la profundidad del río en las secciones transversales. Para las secciones elegidas se

debió de colocar una soga con el objetivo de dividir el ancho en proporciones iguales misma que estaban señalada y sean la base para fraccionar la sección transversal en áreas chicas, además con la misma soga se midió el ancho total del río (L). Las mediciones se las realizaron acorde al ancho del río dividido en 6 secciones iguales y se obtendrá la profundidad promedio (h_m) (Barreto, 2009).

$$h_m = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6) \div 6 =$$

El área total (A_T) de la sección transversal del río se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_T = L \times h_m$$

3.2.5 Muestro de agua

Para la muestra integrada o compuesta, se tomó agua de tres submuestras de diferentes puntos en un rango de 10 metros, se integran las tres submuestras de 1 litro y se colocó en el mismo recipiente para obtener un resultado promedio característico. Para la muestra simple, una muestra de agua se tomó en un lugar diferente y luego se llena el recipiente plástico con la muestra en el mismo lugar. Finalmente, se tomó la muestra biológica y de agua en un frasco de 150 ml esterilizado el mismo que estuvo sumergido en el agua para evitar el contacto con el aire u otras superficies que podrían alterar la muestra (Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos -LAFS, 2006).

Las muestras fueron llevadas a un laboratorio ubicado en Ibarra llamado Alfanalítica aquí analizaron de manera inmediata. Al realizar la caracterización físico-química del cauce del río se realizó la recolección de muestras de agua mediante la aplicación de tres métodos de ensayo diferentes APHA 5520 D para Demanda Química de Oxígeno (DQO), mide la cantidad de materia orgánica oxidable en el agua, consta de la oxidación de sustancias orgánicas mediante $K_2Cr_2O_7$ en ácido. Nefelométrico para Turbidez que detecta la dispersión de la luz causada por partículas en suspensión utilizando un nefelómetro y gravimetría para Sólidos Suspendidos Totales (SST) mismo que filtra el agua, seguido de secado y pesado del filtro con las partículas retenidas aquí se evaluó la carga de sedimentos

y materiales particulados que afectan los ecosistemas hídricos y la aptitud del agua (Toro et al., 2002).

3.2.6 Índice de presiones antropogénicas

Para obtener el valor que nos indique las presiones antropogénicas del río se promedió a evaluar por un medio cualitativo que se realizan por las actividades de los pobladores de la zona del río. Se aplicó, la hoja de registro del índice de presiones antrópicas al ecosistema Fluvial (IPA). En la hoja se detalla el punto de inicio y fin del muestreo con su respectivo código, especificando su coordenada, fecha y hora. Se debe de realizar un dibujo esquemático del río, además que se tomó nota la existencia de la variedad de presiones de la zona descritas en el formulario, las asignaciones que se dan van desde 0 y 5, siendo 0 un valor bajo y 5 un valor alto que indique si hay existencia presiones al ecosistema. Se determinó la valoración de cada uno de los apartados de la hoja de registro del protocolo B.

Al finalizar se obtuvo como resultado la sumatoria de los valores de cada asignación. El rango del índice va de 0 a 70, siendo 0 un valor bajo indicando que no existe presiones antropogénicas y un valor de 70 indica que el río se encuentra varias actividades antrópicas afectando al río y por ende a una fuerte presión antropogénica (Encalada et al., 2019).

Tabla 1.

Criterio de evaluación índice IPA

Presión antropogénica	Valores IPA
Baja	Entre 0 y 17
Media	Entre 18 y 35
Fuerte	Entre 36 y 53
Muy fuerte	Mayor a 54

3.2.7 Calidad hidromorfológica

Para establecer la aptitud hidromorfológica se procedió a aplicar el protocolo CERAs segundo apartado que hace referencia a la ribera y canal fluvial. Se analizó ocho características del apartado que nos indica el follaje de litoral y de la franqueza del cauce del río. El análisis que se llevó de los índices fue cualitativo de cada característica asignada otorgando valores de 0 a 5 siendo el valor de 0 pésima, 1 malo, 2 regular, 3 moderada, 4 muy bueno y 5 excelente. Las características que se evaluaron fue la estructura y naturalidad de la vegetación, continuidad, existencia de residuos y despojos, naturalidad del cauce hídrico, constitución del sustrato, régimen de rapidez y depresión del río y por último los elementos heterogenias. Una vez otorgado el valor a cada característica se realizó la suma de todos dándonos el valor real en cuanto a la aptitud hidromorfológica del río Chorlaví (Encalada A & Rieadevall M, 2011).

Tabla 2.

Valores de la calidad hidromorfológica de acuerdo con el protocolo CERAs apartado de ribera y canal fluvial

Valor	Categoría
Entre 0 a 10	Pésima
Entre 10 a 20	Mala
Entre 20 a 28	Moderada
Entre 28 a 35	Buena
Mayores a 35	Excelente

3.2.8 Colecta de macroinvertebrados

En el protocolo de técnicas de recolección, caracterización y evaluación de poblaciones biológicas, nos indica que la recolección de diversidad de macroinvertebrados es la base fundamental (Palma Carlos & Arana Jerry, 2014). El muestreo generalmente es mejor cuanto más organizado y sistematizado sea. Por lo tanto, el sitio de muestreo debe ser preciso e incluir características específicas de

cada hábitat, como el sustrato de fondo, los restos de vegetación, la calidad del agua y las macrófitas, entre otras (Valer et al., 2014).

El área clara de evaluación en los afluentes de hídricos distingue a la red. Por lo tanto, el marco metálico sirve como base para la red, siendo esta de nylon, telas o plásticos muy delgada con una abertura de entre 500 y 1000 μm . Es fundamental que se use la misma red para cada zona de colecta. Para la recolección, el fondo del río se removió con un tiempo determinado o alrededor de cinco minutos. En comparación con otros métodos, este método de recolección es cuantitativo y requiere un mayor tiempo de proceso en el laboratorio. También muestrea una parte desigual de la comunidad (Valer et al., 2014).

La técnica que se menciona en el nombre consiste en recolectar macroinvertebrados moviéndose el sustrato del río. Por lo tanto, es necesario llevarlo a cabo en pareja o varios miembros, ya que uno de los miembros debe patear el sustrato durante alrededor de 3 a 5 minutos por punto de muestreo, mientras que el otro miembro debe situarse río abajo para recolectar las muestras. En base a esto, es esencial tener una malla plástica preferida o puede ser metálica, la cual debe medir alrededor de un m^2 . La red o tejido tiene que poseer una longitud entre 500 hasta 1000 μm y estar conectado a palos de un metro y medio de largo. Esta técnica ayuda a determinar e identificar a macroinvertebrados de forma directa (Carrera & Fierro, 2001).

Los ejemplares recolectados serán colocados en alcohol al 95% y enviadas al laboratorio allí se separarán e identificarán hasta el nivel taxonómico correspondiente a la familia mediante un estereoscópica utilizando referencia científica. Consecutivamente, los macroinvertebrados se identificarán sus grupos funcionales alimentarios (GFA): colector, filtrador, depredador, detritívoro, fragmentador y ramoneador. (Durán et al., 2016).

3.2.9 Índices biológicos de calidad BMWP y ABI

Para deducir los índices biológicos es primordial la caracterización taxonómica de familia, y en algunas cuestiones alcanzar hasta el horizonte de género, para conseguir una investigación con mayor detalle sobre la organización de las comunidades de macroinvertebrados adyacente con los caracteres ecológicos. Para lograrlo, se recopilará la cantidad de personas por familia y se calculará el grado de tolerancia a la contaminación utilizando una variedad de índices. (Toledo & Mendoza, 2016).

Para el Índice Biological Monitoring Working Party BMWP/Col nos muestra la existencia o inexistencia de las familias de macroinvertebrados que se pueden presentar en los puntos de estudio, de manera que se coloca un puntaje en base a la tolerancia o susceptibilidad a la contaminación, los rangos como de va desde 10 que vendría a ser los grupos con mayor susceptibilidad mientras que el rango correspondiente a 1 nos indica los grupos más tolerantes a los cambios por la contaminación. La suma total de los valores obtenidos de las familias identificadas en el área de estudio nos indicara el valor de la calidad del agua. El índice permitirá valorar la cuenca como se observa en la tabla 3 “Buena”, “Aceptable”, “Dudosa”, “Crítica” y “Muy crítica”, llevando proyectar labores para mitigar afectaciones al medio ambiente y evitar el deterioro por actividades humanas (Fernández, 2012).

Tabla 3.

Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias	Azul
II	Aceptable	71 – 122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	46 – 70	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	21 - 45	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Rojo

El índice ABI realiza la categorización la condición del agua, mismo que se sustenta el índice BMWP/Col este índice se establece en los afluentes hídricos altoandinos que van entre 2000 a 4000 m.s.n.m, hay que nombrar, que el catálogo comprende una inferior cifra de familias de macroinvertebrados en base a que está limitado a la colocación y el horizonte altitudinal. Debido a que es de carácter cualitativo es un método más simple por la escasa atribución de análisis en el laboratorio, por lo tanto, precisa de menor tiempo en la elaboración de resultados que validará la calidad de agua, por consiguiente, este índice le asigna como se observa en la tabla 4 una valoración superior a 96 y mínima inferior a 35 categorizándolo como “Muy bueno”, “Bueno”, “Regular” y “Malo” (Fernández, 2012).

Tabla 4.

Evaluación de calidad de agua a partir del puntaje del Índice ABI

ABI	Calidad de agua
>96	Muy Bueno
59 - 96	Bueno
35 - 58	Regular
< 35	Malo

3.2.10 Análisis de datos

Mediante las identificaciones recolectados de acuerdo con los macroinvertebrados, físico-químicos e hidromorfológicos, se realizará un tratamiento de análisis exploratorio obteniendo las principales características de los conjuntos generando tablas resumen. Posteriormente se realizará una correlación simple aplicando Pearson mediante los parámetros físico-químicas, índices BMWP/Col, ABI e hidromorfológicas. Además, mediante el análisis de correspondencia Canónico (CCA) nos proporcionara resultados en cuanto sucesos de macroinvertebrados en referencia al ecosistema del río Chorlaví, lo que se pretende comparar son las variables de grupos funcionales alimenticios con los

sitios de estudio, parámetros físico-químicos e hidromorfológicas, teniendo como factor diferencial los índices. Los datos que se obtendrán de ambas variables serán analizados a través del software de estadística XLSTAT de Microsoft Excel, y se espera obtener diagramas que representen las variables dependientes e independientes dentro de un plano cartesiano subdividido en cuatro ejes de lectura (Kostov, 2021).

3.3 Materiales y equipos

Tabla 5.

Materiales, equipos y softwares

Materiales	Equipos	Software
Botella de plástico (Litro).	Cámara digital (Canon).	ArcMap 10.8
Frascos de muestra de orina.	Red de Surber.	Minitab 18 statistical
Frascos de vidrio.	Red de patada.	QGIS 3.22.7
Etanol 70%.	Estereoscopio.	Wondershare Filmora 11
Papel tornasol.	Microscopio.	
Bandejas plásticas (Blancas).	GPS marca: Garmin, modelo: Map 64s.	
Bolsas ziploc.	Caudalímetro.	
Cajas petri.	Flexómetro.	
Tamizador.	Molinete	
Etiquetas.		
Estacas de madera.		
Cuerdas.		
Hielera.		
Guías taxonómicas.		
Guantes de látex.		
Pinzas quirúrgicas.		

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

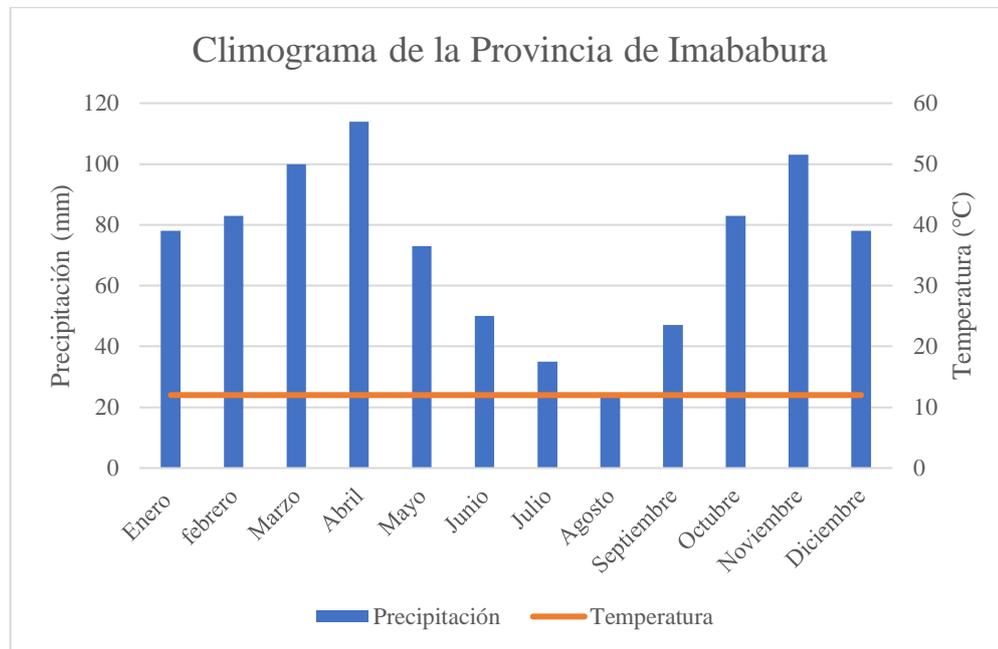
4.1 Evaluación de las características antrópicas, hidromorfológicas y físico-químicas

4.1.1 Características climatológicas y situación atmosférica presente en el área analizada

La Figura 2 muestra el climograma de la Cuenca del río Ambi que indica la precipitación media y la temperatura respectivamente. En la precipitación mensual se presenta una variabilidad significativa de acuerdo con las barras mostradas de precipitación, con un máximo en el mes de abril aproximadamente 114 mm y un mínimo en agosto alrededor de 24 mm. En general, los meses de abril y noviembre son los más pluviosos, mientras que julio, agosto y septiembre registran las menores cantidades de precipitación. La temperatura media mensual se mantiene cercana a los 12 °C durante todo el año. El climograma de la Cuenca del río Chorlaví indica un régimen de precipitaciones altamente estacional, con un periodo húmedo notable en la época lluviosa y una temperatura media mensual estable a lo largo del año. En relación con el estudio de (Romero A & Rojas V, 2024) los factores del cromatograma coinciden esto debido a que ambos están situados intrínsecamente en la cuenca del río Ambi, por ende, tanto la precipitación como temperatura son idénticas.

Figura 2.

Climograma de la Provincia de Imbabura



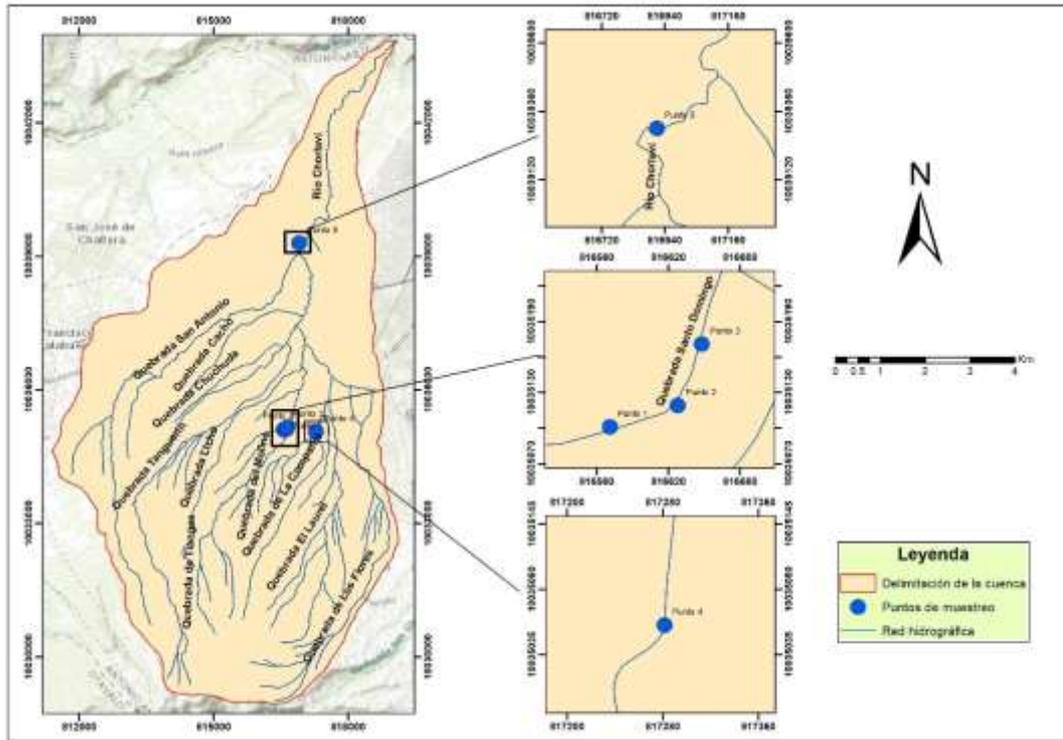
4.1.2 Establecimiento de sitios de muestreo

En la Figura 3 se presentan las áreas específicas de estudio, los cuales fueron seleccionados estratégicamente dentro del cauce del río Chorlaví, totalizando cinco lugares en total. Estos puntos de muestreo, numerados del uno al cinco, se distribuyeron de la siguiente manera: los primeros tres puntos se localizaron en el área de San Antonio, en el sector de Santo Domingo de Chorlaví, y abarcaron la quebrada conocida como Santo Domingo, que se encuentra en la vía hacia Naranjal. Posteriormente, el cuarto punto de muestreo fue posicionado aproximadamente a una distancia de 750 metros de los puntos de muestreo anteriores, siguiendo la misma vía hacia Naranjal. Finalmente, el quinto lugar de estudio se situó en la población de Milagro, dentro de la quebrada de San Antonio, en la ruta hacia Imbaya.

Esta distribución estratégica de los puntos de muestreo abarca diferentes tramos y características del río Chorlaví, permitiendo una evaluación exhaustiva de la calidad hidromorfológica en diversas áreas a lo largo de su curso.

Figura 3.

Mapa de puntos de muestreo de la microcuenca del río Chorlaví



En la Tabla 6, se proporciona una descripción de las áreas que se trabajó del río Chorlaví, incluye información sobre el caudal, la profundidad media, el ancho, velocidad y las coordenadas en grados decimales de cada ubicación. Para CHO1 su caudal es de 16.6 l/s, una profundidad media de 0.05 metros, su ancho es de 1.4 metros, la velocidad es 0.2 m/s. Las coordenadas longitud -78.15323 y latitud 0.35526 . En cuanto el punto de muestreo CHO2 se observa un caudal mayor, de 50.9 l/s, con una depresión media de 0.1 metros un ancho de 3.3 metros y velocidad 0.1 m/s. Las coordenadas son longitud -7815619 y latitud 0.31718 . Mientras que CHO3 el caudal en este punto es de 92.5 l/s, la profundidad media es ligeramente inferior que en los puntos anteriores con 0.07 metros, el ancho del cauce es de 2.4 metros y su velocidad de 0.5 m/s. Las coordenadas longitud -78.15568 y latitud de

0.31734. El punto CHO4 registra un caudal de 119.7 l/s, la profundidad media es de 0.1 metros, igual a la de CHO2, el ancho del río es de 3.1 metros y velocidad de 0.3 m/s. Las coordenadas longitud -78.15550 y latitud 0.31781. Y por último CHO5 es el punto con el caudal más elevado, con 998.5 l/s, su profundidad media aquí es de 0.1 metros, el ancho del río alcanza los 7 metros, siendo el mayor de los cinco puntos de muestreo mientras que su velocidad es 0.8 m/s. Las coordenadas longitud -78.14975 y latitud 0.31680. La tabla proporciona una visión comprensiva de las variaciones en caudal, profundidad y ancho del río Chorlaví en diferentes puntos, lo que es fundamental para entender la dinámica hídrica del río en los lugares estudiados.

Tabla 6.

Información de puntos de muestreo del río Chorlaví

Punto de muestreo	Caudal (l/s)	Profundidad media (m)	Ancho (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (X)	Latitud (Y)
CHO1	16.6	0.05	1.4	0.2	-78.15313	0.35526
CHO2	50.9	0.1	3.3	0.1	-78.15619	0.31718
CHO3	92.5	0.07	2.4	0.5	-78.15568	0.31734
CHO4	119.7	0.1	3.1	0.3	-78.15550	0.31781
CHO5	998.5	0.1	7	0.8	78.14975	0.31680

4.1.3 Presiones antropogénicas al ecosistema fluvial

En la Tabla 7 se observa los resultantes conseguidos para el valor de la presión antropogénicas se aplicó el Criterio de evaluación protocolo B del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales en cuencas Andino-Amazónicas en Ecuador. Para los puntos de muestreo 1, 2 y 3 se obtuvo una sumatoria total de cada apartado del protocolo B obteniendo un valor de 24 lo que nos indica que la presión antropogénica es media en cada uno de los puntos. En el caso del punto 4 el valor de la sumatoria en cada apartado fue de 17.5 colocándolo en el rango de baja presión antrópica. En el caso de punto de muestreo 5 se obtuvo una sumatoria cuyo valor es de 23 lo que lo pone dentro del rango medio de acuerdo con las presiones antrópicas observadas.

Los resultados obtenidos indican una variabilidad en la presión antropogénica en los puntos de muestreo, con niveles que fluctúan entre medio y bajo. Es esencial resaltar que dichas presiones abarcan tanto actividades difusas como puntuales, así como otras formas de influencia humana intrínsecamente del sitio de muestreo. Se han detallado actividades habituales que contribuyen a estas presiones, tales como la agricultura, la ganadería, la edificación vial, la implantación de ejemplares exóticas y el progreso de métodos de riego. Estos descubrimientos proporcionan una comprensión exhaustiva de las presiones antropogénicas presentes en la microcuenca del río Chorlaví, lo que podría ser fundamental para la formulación e implementación de estrategias destinadas a la preservación y la administración razonable de estos ecosistemas fluviales. De acuerdo con el estudio de Gamarra et al. (2018) las redes ecosistémicas se ven afectadas por el avance de la población afectando a los cuerpos de agua, el más mínimo cambio en la estructura ecológica como intervención humana como carreteras, poblados, ganadería entre otras se verá afectada en la condición del río.

Tabla 7.

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas

Punto de muestreo	Rango IPA	Categoría
CHO1	24	Media
CHO2	24	Media
CHO3	24	Media
CHO4	17.5	Baja
CHO5	23	Media

4.1.4 Calidad hidromorfológico

El análisis de datos mostrados en la Tabla 8 dejar ver los rangos obtenidos para cada sitio de muestreo en términos de calidad hidromorfológica evaluados bajo el protocolo CERAs. En los puntos CHO1 y CHO3, se registró un valor de 26, lo que los categoriza como de moderada calidad. Esto se fundamenta en la presencia notable de basura y escombros a lo largo de la ribera, identificada como la característica más relevante según los criterios establecidos. Respecto a los puntos

CHO2 y CHO5, la sumatoria resultó en 25, lo que también los clasifica como de calidad moderada. Aquí, las características más destacadas fueron la presencia de basura y escombros, junto con la composición del sustrato. Por último, en el punto de muestreo CHO4, la sumatoria arrojó un resultado de 23, situándolo igualmente en la categoría de moderada calidad.

Se resalta la importancia de la constitución del sustrato y la presencia de compendios de heterogeneidad como características distintivas en este punto. Estos hallazgos subrayan la presencia generalizada de basura y escombros en las áreas ribereñas de los puntos de muestreo, así como la atribución característica de la composición del sustrato y la heterogeneidad en la disposición hidromorfológica de los mismos. Según Gamarra et al. (2018) menciona la influencia de intervenciones antrópicas y la preservación de áreas naturales como determinantes de la calidad hidromorfológica superior en los sitios QCS03 y QMS01, los puntos QCS03 y QMS01 al contrario que en el presente estudio que intervención humana es directa, lo cual contrasta con los puntos del río Chorlaví donde se observa una presencia notable de basura y escombros.

Tabla 8.

Criterio de ribera y el canal fluvial para la calidad hidromorfológica (CERAs)

Punto de muestreo	Valor	Categoría
CHO1	26	Moderada
CHO2	25	Moderada
CHO3	26	Moderada
CHO4	23	Moderada
CHO5	25	Moderada

4.1.5 Caracterización físico-química del cauce del río

En la Tabla 9 podemos observar la evaluación de los resultados derivados de las cuantificaciones analizadas revela información importante sobre el atributo del agua en los cinco sitios de muestreo (CHO1, CHO2, CHO3, CHO4, CHO5), Los resultados muestran valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) varia N

entre los sitios de muestreados, con un rango de 14.6 mg/L a 38.4 mg/l. Para el punto de muestreo CHO2 presenta el valor más bajo de DQO 14.6 mg/l, mientras que CHO4 muestra el valor más alto 38.4 mg/l.

Estos valores muestran una variabilidad en la carga de materia orgánica oxidable en los diferentes puntos de muestreo. Los resultados muestran valores de turbidez que oscilan entre 0.4 NTU y 5 NTU. Para el punto de muestreo CHO5 exhibe la turbidez más baja 0.46 NTU, mientras que CHO4 muestra la turbidez más alta 5 NTU. La variación en la turbidez entre los puntos de muestreo puede estar relacionada con la presencia de sólidos suspendidos y otros materiales en el río. En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Los resultados muestran concentraciones de SST que van desde 5.5 mg/l hasta 15.5 mg/L. En el sitio de estudios CHO1 tiene la concentración más baja de SST 5.5 mg/l, mientras que CHO4 y CHO5 tienen las concentraciones más altas 15.5 mg/l. Estos resultados proponen una variabilidad en la cantidad de sólidos en suspensión presentes en los diferentes sitios de muestreo.

De forma general, la evaluación de los resultados indica que la disposición del agua varía entre los puntos de muestreo en términos de DQO, turbidez y SST, lo que resalta la importancia de realizar un monitoreo detallado de estos parámetros para evaluar y gestionar adecuadamente la calidad del agua en el área estudiada. Mientras que la actual tesis se centra en la variabilidad espacial de parámetros como SST, DQO y turbidez, según (Pereira A & Dávila G, 2023) explora correlaciones entre diferentes variables como OD, coliformes fecales, y componentes químicos como fósforo y nitratos, la presencia de correlaciones negativas entre DQO y fósforo total en el estudio de la cuenca del río Ambi podría indicar diferencias en las fuentes de contaminación entre los dos sistemas fluviales estudiados. Según Cabrera et al., (2021) las correlaciones encontradas en el río sugieren posibles impactos específicos de contaminantes sobre la calidad del agua, lo cual podría informar estrategias de gestión más específicas y adaptadas a cada cuenca.

Tabla 9.

Parámetros de agua analizados en laboratorio alfanalitica Ibarra

Parámetro Analizado	Unidad	Puntos de muestreo					Método de ensayo
		CHO1	CHO2	CHO3	CHO4	CHO5	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	17.7	14.6	34.2	38.4	36.9	APHA 5520 D
Turbidez	NTU	1.3	1.2	1.8	5	0.4	Nefel o métrico
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	5.5	8.5	12.5	15.5	15	Gravimetría

4.2 Evaluar la comunidad de macroinvertebrados a nivel espacio temporal para generar índices biológicos del río Chorlaví.

4.2.1 Diversidad de Macroinvertebrados

El análisis de la Tabla 10 se observa la abundancia de macroinvertebrados en el río Chorlaví. Abarcando cinco puntos muestreados designados como CHO1, CHO2, CHO3, CHO4 y CHO5. La investigación se centró en identificar y cuantificar la existencia de diversas familias de macroinvertebrados para evaluar la biodiversidad y la salud ecológica del río. Los datos obtenidos fueron registrados y analizados para determinar la composición y distribución de las familias a lo largo del río.

La familia Hyalellidae mostró una notable predominancia en los puntos CHO2 y CHO3, con 162 y 223 individuos respectivamente, lo que podría indicar condiciones ambientales favorables para su desarrollo en estos segmentos del río. La familia Tubificidae también demostró una presencia significativa en los puntos CHO1 y CHO3, determinando posibles áreas con altos niveles de materia orgánica en disgregación. Para el punto CHO4, la familia Empididae se registró con una alta abundancia de 108 individuos, sugiriendo un microhábitat específico favorable para esta familia. La familia Physidae tuvo una presencia relativamente constante en todos los sitios de muestreo, lo que propone una buena capacidad de adaptación a

diversas condiciones del río. El análisis respecto a la abundancia y distribución de macroinvertebrados acuáticos en el río Chorlaví muestra una variación reveladora en la composición de familias a lo extenso de los diferentes puntos de muestreo. Esta variabilidad sugiere la existencia de diferentes microhábitats y condiciones ambientales a lo largo del río.

En contraste, con la autora (Villegas A, 2024) exhibe una alta riqueza de familias, con énfasis en Oligochaeta, Chironomidae, Empididae y Hyalellidae, siendo Oligochaeta y Chironomidae las más frecuentes. Esto podría indicar diferencias ecológicas entre los ríos estudiados, posiblemente condiciones ambientales locales. La existencia de plásticos en el proceso trófico, mencionada, subraya preocupaciones ambientales adicionales que podrían afectar la biodiversidad y la sanidad ecológica de los ecosistemas hídricos, aunque no se menciona específicamente en el estudio del río Chorlaví. La diversidad de familias en el río Tahuando, especialmente en altitudes más bajas, podría reflejar una mayor complejidad ambiental y quizás una mayor resistencia a ciertos tipos de contaminación comparado con el río Chorlaví.

Tabla 10.

Abundancia por número familias en cada punto

Punto de muestreo	Familia	Abundancia
CHO1	Chironomidae	2
	Empididae	1
	Helicopsychidae	1
	Hyaellidae	11
	Tubificidae	22
	Lymnaeidae	2
	Planariidae	6
	Psychodidae	2
	Ptilodactylidae	1
	Tipulidae	2
CHO2	Chironomidae	1
	Empididae	1
	Hyaellidae	162
	Physidae	3
	Planariidae	27
	Scirtidae	1
	Tipulidae	1
CHO3	Hyaellidae	223
	Tubificidae	31
	Physidae	1
	Planariidae	37
	Scirtidae	3
	Sphaeriidae	3
CHO4	Baetidae	1
	Empididae	108
	Hyaellidae	15
	Tubificidae	10
	Noteridae	5
	Physidae	37
	Planariidae	20
	Simuliidae	9
CHO5	Chironomidae	60
	Tubificidae	14
	Physidae	3
	Planariidae	1
	Simuliidae	1
	Tipulidae	3

De acuerdo con la Tabla 11, lo más relevante es que la familia de macroinvertebrados presenta diferentes niveles de abundancia y riqueza en cada sitio de muestreo. Por ejemplo, para el punto 3 se observa la mayor abundancia con 298 individuos, pero la menor riqueza con 6 especies. Mientras que en el Punto 2 se tiene que abundancia es 196 organismos y una riqueza de 7 especies. Estos datos sugieren variaciones en la composición y distribución de la familia de macroinvertebrados en los distintos sitios muestreados. Los puntos de muestreo presentan variabilidad en los niveles de abundancia y riqueza, indicando diferentes estructuras ecológicas y diversidad biológica. Algunos puntos tienen alta densidad y variedad de especies, mientras que otros tienen menor cantidad de individuos y especies presentes. Es importante destacar que la diversidad biológica puede variar incluso en puntos de muestreo con niveles de abundancia y riqueza similares.

Los resultados de la investigación en el río Chorlaví con los derivados según (Cabrera-García et al., 2023) en la cuenca del río Jatunhuayco, en la abundancia y riqueza de macroinvertebrados, es esencial considerar tanto las diferencias en los contextos ecológicos. El Punto 3 en el río Chorlaví mostró la mayor abundancia con 298 individuos, mientras que el Punto 2 tuvo 196 individuos. Estas cifras son relativamente bajas en comparación con los resultados de la investigación en la cuenca del río Jatunhuayco, donde la abundancia osciló entre 1999 y 5099 individuos, dependiendo de la circunstancia de muestreo. Esta disparidad en la abundancia puede deberse a varias razones como tamaño de la cuenca y circunstancias ambientales y de calidad del agua. Además, que como nos muestra el autor la cuenca se encuentra en la reserva ecológica Antisana y ello lo hace menos perturbado y tienden a soportar una mayor riqueza de especies.

Tabla 11.

Abundancia y riqueza por punto de muestreo

Punto de muestreo	Abundancia	Riqueza
CHO 1	50	10
CHO 2	196	7
CHO 3	298	6
CHO 4	205	9
CHO 5	82	6

4.2.2 Índices biológicos para medir la calidad ecológica

4.2.2.1 Index Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col)

En la Tabla 12 proporcionada, se muestran las derivaciones del Índice BMWP/Col para los 5 puntos de muestreo diferentes, junto con su respectiva clasificación de calidad de agua. Los valores del Índice BMWP/Col resultantes para cada punto de muestreo son los siguientes: 53, 33, 29, 40 y 24.

Basándonos en la interpretación de los resultados del Índice BMWP/Col y su correspondiente clasificación de calidad de agua, podemos realizar el análisis. El sitio muestreado CHO1 con el Índice BMWP/Col más alto 53 se clasifica como "Dudosa", indicando que la disposición del agua en ese sitio es moderadamente contaminada y presenta cierta incertidumbre en cuanto a su estado ambiental. Los puntos de muestreo CHO2, CHO3 y CHO5 con Índices BMWP/Col más bajos respectivamente 33, 29 y 24 se clasifican como "Crítica", lo que indica que la calidad del agua en esos sitios es altamente afectada y presenta efectos significativos de contaminación en el ecosistema acuático. El punto de muestreo CHO4 con un Índice BMWP/Col intermedio 40 se clasifica como "Dudosa", lo que sugiere que la calidad del agua en ese sitio también es moderadamente contaminada y presenta cierta incertidumbre en cuanto a su estado ambiental.

De este modo las derivaciones del Índice Biológico de Calidad BMWP/Col muestran diferencias en la calidad del agua entre los diferentes puntos muestreados

y evaluados, con algunos sitios clasificados como "Dudosa" y otros como "Crítica", lo que sugiere una diversidad de condiciones ambientales y niveles de contaminación en el área estudiada.

En el río Chorlaví, los productos del índice BMWP/Col varían desde 24 a 53, con una mayoría de puntos en la categoría "Crítica" y solo dos puntos en "Dudosa". Mientras que según Pereira & Dávila, (2023) en el río Ambi, los valores presentan una mayor amplitud, de 2 a 48, lo que indica una mayor variabilidad en la calidad del agua. Mientras que, en la temporada lluviosa, los valores altos llegan a la categoría "Dudosa", mientras que en la seca se observan valores más bajos, llegando incluso a "Muy Crítica". El estudio del río Ambi destaca el dominio de las estaciones durante el año en la disposición del agua, con una mejora significativa en la temporada lluviosa y un deterioro en la seca. Mientras que el río Chorlaví muestra una calidad consistentemente moderada a crítica, el río Ambi experimenta una mayor amplitud en la calidad, fuertemente influenciada por factores estacionales y la actividad humana.

Tabla 12.

Valores obtenidos en relación con el puntaje del Índice BMWP/Col

Punto de muestreo	BMWP/Col	Calidad de agua
CHO1	53	Dudosa
CHO2	33	Crítica
CHO3	29	Crítica
CHO4	40	Dudosa
CHO5	24	Crítica

4.2.2.2 Andean Biological Index (ABI)

En la Tabla 13, obtenida, se muestran los valores resultantes del ABI en cinco sitios de muestreados diferentes, junto con su respectiva categorización de calidad de agua. Los puntajes ABI obtenidos para cada punto de muestreo son los siguientes: 44, 30, 23, 37 y 21.

Basándonos en la interpretación de los valores del ABI, el sitio de muestreo CHO1 con el ABI más alto 44 se clasifica como "Regular" y se lo categorizó con un color amarillo, lo que apunta que la calidad del afluente en ese sitio puede considerarse aceptable, aunque podría existir cierto grado de contaminación o alteración en el ecosistema acuático. Los puntos de muestreo (CHO2, CHO3 Y CHO5) con puntajes ABI más bajos respectivamente 30, 23 y 21 se clasifican como "Malo" lo que lo se lo cataloga de color rojo, lo que muestra que la calidad del río en esos sitios es deficiente y puede estar significativamente afectada por la contaminación u otros factores adversos que impactan negativamente en la salud del ecosistema acuático. El punto de muestreo CHO4 con un puntaje ABI intermedio 37 se clasifica como "Regular" adquiriendo el color amarillo en base al índice, lo que propone que la calidad del agua en ese sitio también puede considerarse aceptable, aunque posiblemente presente algunas alteraciones que podrían interferir en la condición del ecosistema acuático en menor medida que en los sitios clasificados como "Malo".

En resumen, los valores del Índice Biológico de Calidad revelan una inestabilidad en la calidad del agua entre los diferentes puntos de sitios evaluados, con algunos sitios clasificados como "Regular" y otros como "Malo", lo que sugiere una diversidad de condiciones ambientales y potenciales amenazas para la salud del ecosistema acuático en el área estudiada.

La comparación de los valores del ABI entre el río Chorlaví y según (Gamarra et al., 2018) en la cuenca Mamáramos revela diferencias significativas en la calidad del agua. En el río Chorlaví, los valores de ABI oscilan entre 21 y 44, todos ellos indicando una calidad de agua que varía entre "Malo" y "Regular". En contraste, la cuenca Mamáramos muestra valores mucho más altos, de 156 a 236, clasificados como "Muy Buena". Es posible que en la cuenca Mamarramos se implementen prácticas de manejo y conservación más efectivas, lo que podría explicar la alta calidad del agua en comparación con el río Chorlaví.

Tabla 13.

Valores obtenidos en relación con el puntaje del Índice ABI

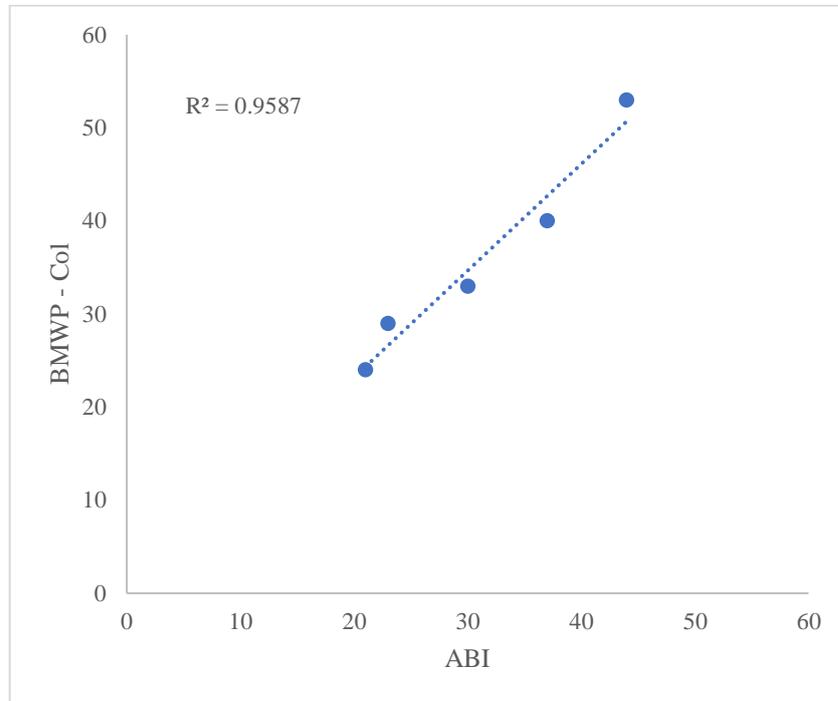
Punto de muestreo	Puntaje ABI	Calidad de agua
CHO1	44	Regular
CHO2	30	Malo
CHO3	23	Malo
CHO4	37	Regular
CHO5	21	Malo

La Figura 4 muestra la correlación de acuerdo con los índices biológicos, BWMP/Col y ABI. El coeficiente de determinación R^2 es 0.958, lo que revela una correlación muy ligada entre los 2 conjuntos de datos. Un valor de R^2 cercano a 1 sugiere que casi toda la variabilidad de BWMP/Col se puede explicar mediante la variabilidad en ABI. Por ende, la correlación fuerte indica que el 95.8% de la variabilidad en los valores de BWMP/Col se puede explicar por la variabilidad en ABI. Esto significa que los dos índices están estrechamente relacionados. La línea de tendencia en el gráfico es ascendente, lo que sugiere que a medida que el valor de ABI aumenta, también lo hace el valor de BWMP/Col. Con base en el R^2 y la distribución de los puntos en la figura, se puede concluir que hay una relación lineal positiva muy significativa entre los índices BWMP/Col y ABI en los sitios de muestreados.

Según (Romero A & Rojas V, 2024) en la cuenca del río Tahuando, el coeficiente de determinación R cuadrado para la correlación para los índices BMWP/Col y AAMBI es de 0.86, lo que también revela una correlación alta pero menor en comparación con la observada en el río Chorlaví. Es así como, el 86.7% de la variabilidad en BMWP/Col puede explicarse por la variabilidad en AAMBI. A pesar de ser un valor alto y cercano a 1, este porcentaje es inferior al 95.8% obtenido en el río Chorlaví, sugiriendo que, aunque hay una fuerte relación entre los índices en la cuenca del río Tahuando, no es tan significativa como la observada en el río Chorlaví.

Figura 4.

Correlación mediante los índices biológicos BMWP/Col y ABI en los puntos de muestreo



4.3 Analizar la calidad y condición ecológica entre los índices biológicos, características hidromorfológicas y físico – químicas

4.3.1 Calidad ecológica del río Chorlaví

La Tabla 14 muestra la calidad ecológica del río Chorlaví respecto a los sitios de muestreados. La clasificación se realizó mediante dos parámetros la calidad biológica medida con el índice BMWP/Col y la calidad hidromorfológica. En los sitios de muestreo CHO1 y CHO4 se encuentran en la intersección de una calidad ecológica moderada, ya que la calidad hidromorfológica se sitúa en un rango de 26 y 23 respectivamente para cada punto. Mientras que índice biológico se obtuvo como producto una calidad dudosa según el índice BMWP/Col. Para los puntos de muestreo CHO2, CHO3 y CHO5 se adquirió una calidad ecológica mala,

debido a que sitios la calidad hidromorfológica fue de 25, 26 y 25 respectivamente, mientras el índice biológico categorizo a estos puntos como crítica.

En el río Chorlaví, la calidad hidromorfológica es moderada, pero la calidad biológica es crítica en la mayoría de los puntos, lo que resulta en una calidad ecológica predominantemente mala. En contraste, según (Romero A & Rojas V, 2024) la cuenca del río Tahuando muestra una mayor variabilidad, con algunos puntos alcanzando una calidad ecológica excelente gracias a una buena calidad biológica y una hidromorfológica favorable. Estas diferencias sugieren que el río Chorlaví está más afectado por factores ambientales adversos, mientras que el río Tahuando mantiene mejores condiciones ecológicas, posiblemente debido a una gestión más efectiva y menor impacto de actividades humanas.

Tabla 14.

Análisis de la calidad ecológica mediante el uso del índice biológico (BMWP/Col) e hidromorfológicos

		CALIDAD BIOLÓGICA (BMWP/Col)				
		Calidad excelente	Calidad buena	Calidad Moderada	Calidad mala	Calidad pésima
CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA (CERAs)	40					
	30					
	20			CHO1/CHO4	CHO2/CHO3/CHO5	
	10					

De otro modo en la Tabla 15 muestra una calidad ecológica con respecto a los parámetros de calidad biológica ABI e hidromorfológica. Para los puntos CHO1 y CHO4 se clasificó con una calidad ecológica de moderada, dado que el rango de la calidad hidromorfológica es de 26 y 23 para cada punto respectivo. Mientras que

para el índice biológico ABI se obtuvo como puntaje el valor de 44 y 37 para los puntos indicados categorizándolo como regular. En cotejo con los sitios de muestreo CHO2, CHO3 y CHO5 para la calidad ecológica se determinó como mala. Debido a que en la calidad hidromorfológica se obtuvo valores de 25, 26 y 25 para cada punto antes nombrado anteriormente. Para la calidad biológica ABI se obtuvo puntajes de 30, 23 y 21 categorizándolos como una mala calidad de agua.

En contraste según (Gamarra et al., 2018) la microcuenca del río Mamarramos muestra una calidad ecológica excelente, con todos los puntos de muestreo indicando una calidad hidromorfológica excelente y un índice ABI muy bueno, ubicándolos en el primer cuadrante de calidad (color azul), según el protocolo CERAS. Esta notable diferencia refleja que, mientras el río Chorlaví enfrenta problemas significativos en términos de calidad hidromorfológica y biológica, la microcuenca del Mamarramos mantiene un estado ecológico muy favorable y saludable.

Tabla 15.

Análisis de la calidad ecológica mediante el uso del índice biológico (ABI) e hidromorfológicos

		CALIDAD BIOLÓGICA (ABI)				
		Calidad excelente	Calidad buena	Calidad Moderada	Calidad mala	Calidad pésima
CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA (CERAS)	40					
	30					
	20			CHO1/CHO4	CHO2/CHO3/CHO5	
	10					

4.3.2 Grupos funcionales alimenticios

La Tabla 16 presenta los sitios muestreados del río Chorlaví en relación con la abundancia relativa de los grupos funcionales alimenticios: colectores-recolectores (CR), raspadores (RP), trituradores (TR), depredadores (DP) y colectores-filtradores (CF). En el punto CHO1, la mayor abundancia corresponde a los CR con 29 y la menor a CF con 0. Para el punto CHO2, los TR tienen la mayor abundancia con 162, mientras que los CF son los menos abundantes con 0. En el punto CHO3, la mayor abundancia es de los TR con 223 y la menor de los raspadores RP con 1. Mientras que en CHO4, los CR son los más abundantes con 118 y los trituradores TR los menos abundantes con 15. Finalmente, en CHO5, los CR presentan la mayor abundancia con 77 y los trituradores TR la menor con 0. Esta descripción resalta la variabilidad en la predominancia de los diferentes grupos funcionales alimenticios en cada sitio de muestreo a lo largo del río Chorlaví.

En contraste, el estudio de (Romero A & Rojas V, 2024) en la cuenca del río Tahuando muestra una mayor variedad de macroinvertebrados y una asignación más heterogénea de grupos funcionales alimenticios, con una dificultad notable en la categorización de ciertos organismos, como los de la clase Ostracoda, debido a su variabilidad alimenticia y a la presencia de organismos semiacuáticos. Estas diferencias pueden estar influenciadas por factores ambientales y ecológicos distintos en cada sistema fluvial, como la organización del medio y la capacidad de recursos, lo que subraya la complejidad de los ecosistemas acuáticos y la importancia de considerar estas variaciones en el cometido y preservación de los recursos hídricos.

Tabla 16.

Abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos en relación con los grupos funcionales alimenticio

Punto de muestreo	CR	RP	TR	DP	CF
CHO1	29	3	12	6	0
CHO2	4	3	162	27	0
CHO3	34	1	223	37	3
CHO4	118	38	15	25	9
CHO5	77	3	0	1	1

Nota: Las siglas CR, RP, TR, DP y CF, hace referencia a los grupos funcionales alimenticios de: colectores-recolectores, raspadores, trituradores, depredadores y colectores-filtradores.

La Figura 5 indica la abundancia relativa de los grupos funcionales de alimentación en porcentaje en relación con los índices biológicos BMWP/Col y ABI en los diferentes puntos de muestreo. Se observa la relación entre la abundancia referente de los grupos funcionales de alimentación y el índice biológico BMWP/Col. Para el punto CHO1 la abundancia Relativa es predominada por el grupo CR con 58% seguido de TR 24%, DP 12% y con un índice BMWP/Col de 53. La abundancia relativa de CR es alta, lo que sugiere un ambiente con abundancia de material orgánico. Un índice BMWP/Col de 53 indica una calidad de agua dudosa. Para el punto CHO2 la abundancia Relativa predomina el grupo TR 82.6% seguido de DP 13.7% y el BMWP/Col es de 33, lo que indica la alta abundancia de trituradores TR sugiere un alto contenido de hojas y madera en descomposición. El índice BMWP/Col de 33 indica una calidad de agua más baja, posiblemente relacionada con alta descomposición orgánica. Mientras que el punto CHO3 la abundancia Relativa es predominada por el grupo TR 74.8% seguido de DP 12.4%, su puntaje BMWP/Col es de 29. Similar al punto CHO2, la alta presencia de trituradores TR y un BMWP/Col de 29 sugieren un ambiente con alto contenido de materia orgánica en desintegración y una calidad de agua baja. Para el punto CHO4 la abundancia relativa predomina el grupo CR 57.5% seguido de RP 18.5%, con un valor de BMWP/Col de 40. La alta presencia de CR indica abundancia de material orgánico fino, mientras que la mayor presencia de raspadores RP podría indicar algas y biofilms. Un índice BMWP/Col de 40 sugiere una calidad de agua

moderada. Y por último el punto CHO5 con abundancia relativa de CR con 93.9% y poca presencia de otros grupos que a su vez el BMWP/Col tiene un valor 24. La dominancia casi exclusiva de CR sugiere una fuerte disponibilidad de material orgánico fino.

Se evidencia que los puntos con alta abundancia de trituradores CHO2 y CHO3 tienen un índice BMWP/Col bajo, indicando una pésima calidad de agua. Esto puede deberse a la alta presencia de materia orgánica gruesa en desintegración que consume oxígeno y afecta negativamente la calidad del agua. La abundancia alta de CR en puntos como CHO1 y CHO5 sugiere que hay un alto contenido de material orgánico fino, que también podría influir negativamente en la calidad del río, aunque en menor medida que los trituradores. En sitios muestreados como CHO4, donde hay una mayor diversidad de grupos funcionales CR, RP y DP, se observa un índice BMWP/Col relativamente mayor 40. Esto sugiere que una mayor diversidad funcional puede estar asociada con mejores condiciones ecológicas. La presencia de CF es muy baja en todos los puntos, lo que indica que en el cauce del río pueden no ser convenientes para organismos filtradores, o que la calidad del agua no es óptima para ellos. Determinando que la calidad del agua indicada por el índice BMWP/Col parece estar inversamente relacionada con la abundancia de trituradores y colectores-recolectores. Una mayor diversidad de grupos funcionales tiende a asociarse con una mejor calidad de agua.

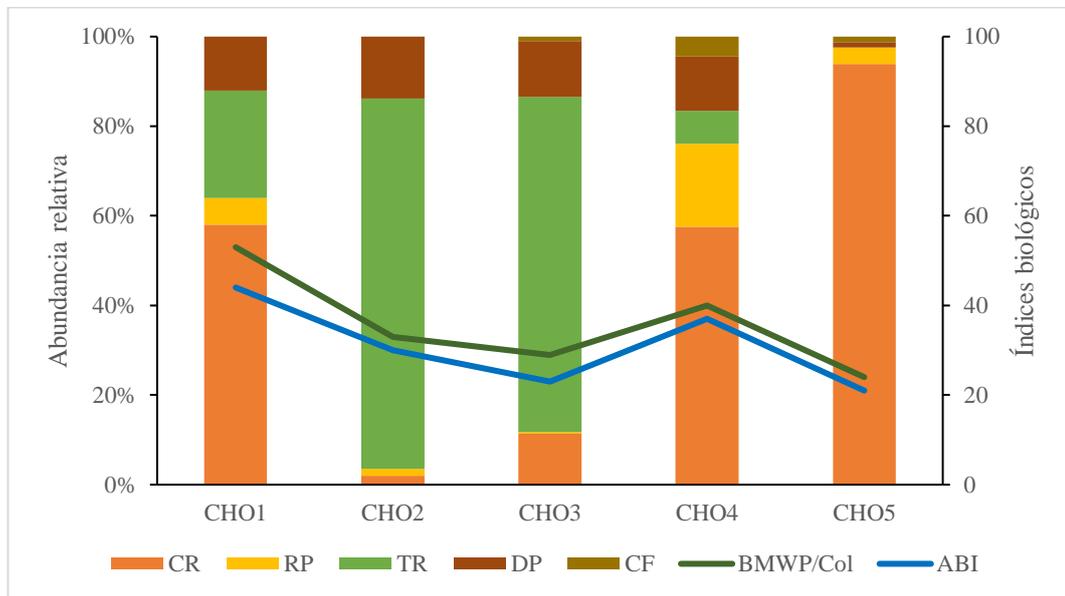
En lo que respecta al índice biológico ABI es más alto en CHO1 con 44 y el más bajo en CHO5 con 21. El índice ABI parece tener una relación inversa con la proporción de trituradores TR, ya que los sitios con mayor abundancia relativa de trituradores CHO2 y CHO3 tienen valores de ABI más bajos. De otro modo los sitios con mayor abundancia relativa de CR tienen valores de ABI más altos CHO1, CHO4. Por consiguiente, la relación entre abundancia relativa y el índice ABI nos muestra que a régimen que incrementa la proporción de TR, el ABI tiende a reducir. Por otro lado, una mayor proporción de CR parece asociarse con valores más mayores de ABI. Los sitios con una mayor cantidad de trituradores tienen un índice biológico ABI más bajo, lo que podría indicar un estado ecológico menos favorable.

Además, los sitios dominados por CR tienden a tener un índice biológico ABI más alto, sugiriendo mejores condiciones ecológicas en esos puntos.

Según (Pereira A & Dávila G, 2023) en la cuenca del río Ambi, en el punto 1, aunque también se observa una alta dominancia de CR con 90.8%, la diversidad taxonómica es mayor con 18 taxones y una menor presencia relativa de otros grupos como RP y CF, lo que se correlaciona con una calidad biológica del agua considerada dudosa pero menos crítica que en puntos con menor diversidad de GFA. Esto sugiere que una mayor diversidad de GFA en el río Ambi se asocia con una mejor disposición del agua en relación con el río Chorlaví, donde la dominancia de ciertos grupos funcionales y la baja diversidad taxonómica reflejan una menor calidad del agua.

Figura 5.

Composición de los grupos funcionales de alimentación por los sitios muestreados con respecto a los índices BMWP/Col y ABI



Nota: Las siglas CR, RP, TR, DP y CF, hace referencia a los grupos funcionales alimenticios de: colectores-recolectores, raspadores, trituradores, depredadores y colectores-filtradores.

4.3.3 Calidad biológica del agua y grupos funcionales alimenticios

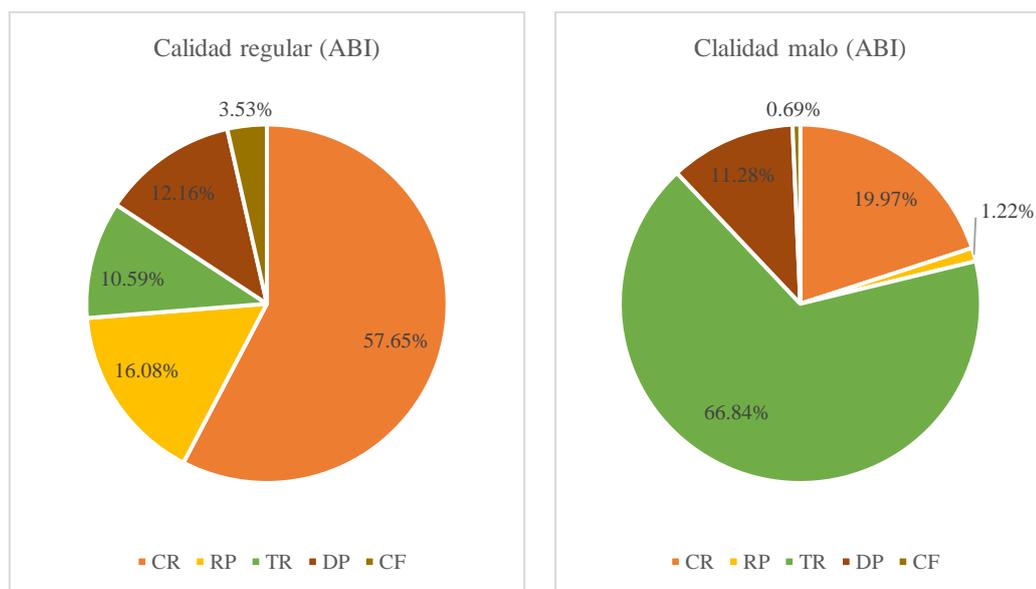
La Figura 6, que representa la calidad "regular" del índice biológico ABI, se observan la predominancia de CR, son claramente el grupo funcional dominante con una participación del 57.6%. Esto sugiere que en un ambiente con calidad biológica "regular", estos individuos, que se nutren de materia orgánica fina en la columna de agua o sedimentos, encuentran un entorno adecuado para prosperar. La presencia significativa de RP y DP, tienen una participación importante, 16% y 12.1% respectivamente. Los raspadores se alimentan de algas y biofilms en superficies duras, detallando una disponibilidad moderada de estos recursos en condiciones de calidad regular. Los DP, con un 12.1%, indican una cadena alimentaria funcional donde hay suficiente presa para mantener su población. En menor presencia de TR y CF, tienen una menor abundancia relativa, con un 10.5% y 3.5% respectivamente. Los TR, que se nutren de materia orgánica gruesa, y los CF, que filtran partículas suspendidas en el agua, muestran una menor dependencia de este tipo de recursos en este nivel de calidad.

En la figura 6, que representa la calidad "mala" del índice biológico ABI, el incremento de CR tienen una dominancia aún mayor en condiciones de calidad biológica "mala", con un 66.8%. Esto indica que, en ambientes deteriorados, estos organismos que se alimentan de detritos finos se adaptan mejor, posiblemente debido al depósito de materia orgánica de baja calidad. Mientras que la importancia de RP incrementa ligeramente su proporción hasta un 19.9%, sugiriendo que aún hay superficies adecuadas para la formación de biofilms, aunque en menor calidad que en ambientes regulares. La disminución drástica de TR y CF, tienen una representación mínima, con 1.2% y 0.6% respectivamente. Esto podría indicar una reducción significativa en la disponibilidad de materia orgánica gruesa y una menor calidad del agua, limitando la filtración de partículas suspendidas. Por último los DP, mantienen una presencia significativa con un 11.2%, similar a la calidad regular. Esto sugiere que, a pesar de la mala calidad, existe una estructura trófica suficiente para sostener a estos organismos.

Por ende, la figura 6 muestra que CR son el grupo más resiliente y dominante en ambos tipos de calidad de agua, pero su predominancia es aún mayor en condiciones de mala calidad. Mientras que RP, lo que sugiere que hay una cantidad suficiente de algas y biofilms incluso en aguas de mala calidad. Además, que los TR y CF, tienen una participación significativamente menor en ambientes de mala calidad, indicando que estos entornos no son propicios para la disponibilidad de sus recursos alimenticios. Por último, DP mantienen una proporción estable en ambos tipos de calidad, lo que sugiere que los niveles tróficos superiores están menos afectados por las condiciones del agua.

Figura 6.

Abundancia relativa de grupos funcionales de alimentación agrupados en base a la clasificación de calidad biológica del agua del índice biológico (ABI)



Nota: Las siglas CR, RP, TR, DP y CF, hace referencia a los grupos funcionales alimenticios de: colectores-recolectores, raspadores, trituradores, depredadores y colectores-filtradores.

En la Figura 7 de la izquierda, que representa la calidad "dudosa" del índice BMWP/Col, La predominancia de CR con un 57.6%, sugiere que, en condiciones de calidad biológica dudosa, la materia orgánica fina es abundante y los CR pueden prosperar. Este grupo es generalmente menos sensible a la contaminación y puede

adaptarse a una amplia gama de condiciones. La presencia de RP y DP tienen participaciones importantes, con 16% y 12.1% respectivamente, indica que hay suficientes algas y biofilms para sostenerlos, mientras que la notable proporción de depredadores sugiere una estructura trófica que permite la existencia de depredadores a pesar de la disposición dudosa del agua. Mientras que la existencia de TR y CF presentan una menor abundancia relativa, con 10.5% y 3.5% respectivamente, que se nutren de materia orgánica gruesa, y CF, que se alimentan de partículas suspendidas, sugiere que en esta calidad de agua hay una disponibilidad moderada de estos recursos alimenticios.

En la figura 7 de la derecha, que representa la calidad "crítica" del índice biológico BMWP/Col, el aumento de CR muestran una dominancia aún mayor en condiciones de calidad crítica, con un 66.8%. Indicando que, en ambientes severamente contaminados o degradados, estos organismos, que se alimentan de detritos orgánicos finos, son los que mejor se adaptan y prosperan. El incremento relativo de RP aumenta su participación hasta un 19.9%, lo que propone que, a pesar de la baja calidad del agua, aún hay suficientes superficies para la formación de algas y biofilms, aunque estos probablemente sean de menor calidad. La drástica reducción de TR y CF tienen una representación mínima, con 1.2% y 0.6% respectivamente. Esto podría reflejar una escasez significativa de materia orgánica gruesa y una menor calidad del agua, lo que dificulta la filtración de partículas suspendidas y la alimentación de estos organismos. La estabilidad de DP mantiene una proporción relativamente constante con un 11.2%, similar a la calidad dudosa. Esto sugiere que incluso en condiciones críticas, la cadena alimentaria aún puede sostener depredadores, aunque probablemente en menores números y con una diversidad reducida.

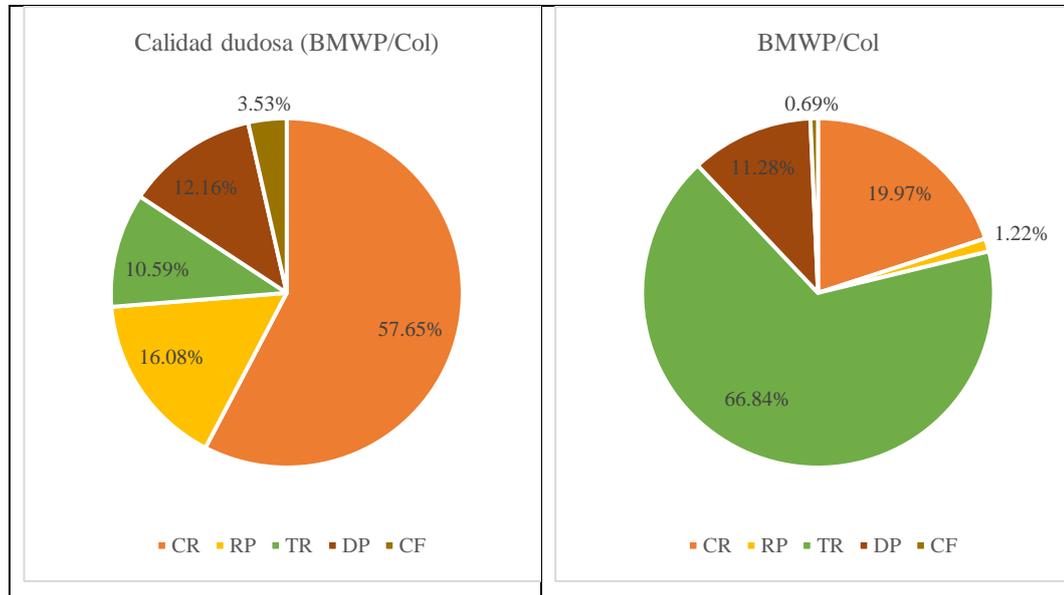
Como resultado del análisis los CR son el grupo más resiliente y predominante en ambas calidades de agua, mostrando una mayor predominancia en condiciones críticas. Esto refleja su capacidad para prosperar en ambientes degradados, donde la materia orgánica fina es abundante. Mientras que RP mantienen una presencia consistente, indicando la disponibilidad continua de algas

y biofilms incluso en agua de calidad crítica. Este grupo parece tener una capacidad moderada para tolerar la degradación del agua. Además, que los TR y CF su abundancia disminuye drásticamente en condiciones críticas, sugiriendo que estos entornos no son propicios para la disponibilidad de sus recursos alimenticios, que son la materia orgánica gruesa y las partículas suspendidas, respectivamente. En consecuencia los depredadores DP mantienen una proporción constante en ambos niveles de calidad, lo que indica que las redes tróficas, aunque simplificadas, todavía pueden soportar la presencia de depredadores incluso en circunstancias de calidad del agua muy baja.

En contraste, según (Romero A & Rojas V, 2024) el río Tahuando mostró que no hay una variabilidad significativa en la constitución de los grupos funcionales de alimentación en relación con las categorías de calidad del agua, que comprende el índice BMWP/Col. Aquí, la dominancia de los recolectores RC se mantuvo estable, y el análisis indicó que la diversidad y distribución de los grupos funcionales de alimentación no variaban significativamente entre los sitios muestreados, lo que apunta que la calidad del río no había cambiado drásticamente. Por lo tanto, mientras que en el río Chorlaví la calidad del agua interviene fuertemente en la distribución y predominancia de los grupos funcionales, en el río Tahuando la calidad del agua se conserva relativamente constante, permitiendo la coexistencia de una variedad de grupos funcionales sin cambios significativos en su composición.

Figura 7.

Abundancia relativa de grupos funcionales de alimentación agrupados en base a la clasificación de calidad biológica del agua del índice biológico (BMWP/Col)



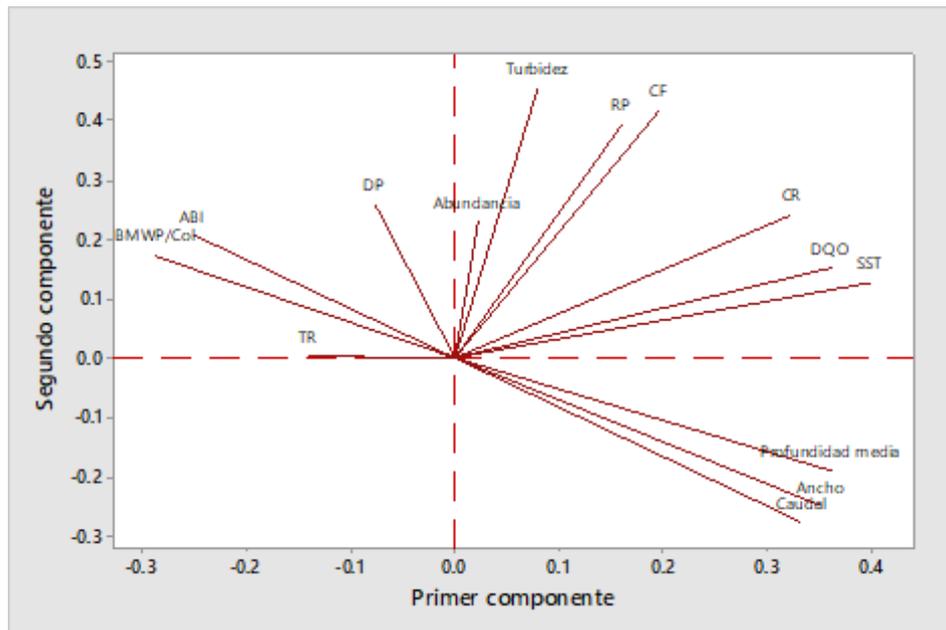
La figura 8 nos muestra que las variables cercanas o en la misma trayectoria son compatibles o tienen una relación fuerte entre ellas. Las variables ubicadas en el primer cuadrante, como CF, RP y CR, están positivamente correlacionadas con la turbidez, Sólidos Suspendidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno también, indicando que estos parámetros están asociados entre sí. En el segundo cuadrante, se encuentran BMWP/Col y ABI que nos indica que estos índices biológicos están relacionados entre sí y puntúan mejor en condiciones donde las variables del cuarto cuadrante son menores. Mientras que en el cuarto cuadrante la variable caudal, ancho y profundidad media del río Chorlaví, indican la compatibilidad entre sí además que estos factores físicos del río Chorlaví están relacionados negativamente con los grupos alimenticios de DP y TR.

Por ello, (Villegas A, 2024) , centrado en la cuenca del río Tahuando, enfoca su análisis en la relación entre condiciones ambientales y la presencia de macroplásticos y microplásticos. Aquí se muestra una correlación inversamente proporcional por parte de los macroplásticos y el índice biológico BMWP/Col, indicando que a medida que disminuye la presencia de macroplásticos, mejora la

calidad biológica del agua. Además, se identifica una relación positiva entre los microplásticos y el caudal, sugiriendo que mayores flujos de agua pueden aumentar el transporte de partículas plásticas en ambientes fluviales dinámicos.

Figura 8.

Diagrama de Análisis de Componentes Principales (ACP) de los índices biológico y factores físico -químicos



CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se identifico una variabilidad notable en la presión antropogénica y la calidad del agua en la microcuenca del río Chorlaví, Ecuador. Los puntos de muestreo 1, 2, 3 y 5 presentan una presión antropogénica media, mientras que el punto 4 muestra una presión baja. Las actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y la infraestructura vial son los principales contribuyentes a estas presiones. Por otra parte, a la calidad hidromorfológica, todos los sitios de muestreados se clasifican como de calidad moderada, con una prevalencia de residuos y escombros que afecta negativamente a la ribera. La calidad del agua muestra variaciones significativas, con la DQO que va de 14.6 mg/L en CHO2 a 38.4 mg/L en CHO4, turbidez que oscila entre 0.4 NTU en CHO5 y 5 NTU en CHO4, y SST que varían de 5.5 mg/L en CHO1 a 15.5 mg/L en CHO4 y CHO5.

La abundancia y distribución de macroinvertebrados acuáticos en el río Chorlaví muestra una marcada variabilidad en la composición de familias a lo largo de los diferentes puntos de muestreados, lo que apunta la presencia de distintos microhábitats y condiciones ambientales en el río. Se destacan la predominancia de la familia Hyalellidae en los puntos CHO2 y CHO3, y la significativa presencia de Tubificidae en CHO1 y CHO3, lo cual indica posibles áreas ricas en materia orgánica. La familia Empididae es abundante en CHO4, sugiriendo un microhábitat específico, mientras que Physidae se mantiene constante en todos los puntos, mostrando una gran capacidad de adaptación. La variabilidad en los niveles de abundancia y riqueza de individuos, especialmente destacada en los puntos CHO2 y CHO3, sugiere diferentes estructuras ecológicas y una diversidad biológica significativa, lo que refleja la complejidad ecológica del río Chorlaví. El análisis de los índices biológicos BMWP/Col y ABI en los cinco sitios de muestreo revela una variabilidad considerable en la calidad del agua en la zona estudiada. Los puntos

CHO1 y CHO4, con clasificaciones de "Dudosa" para el índice BMWP/Col y "Regular" para el ABI, muestran una calidad del agua moderadamente aceptable, pero con cierta incertidumbre y posible contaminación. Por otro lado, los puntos CHO2, CHO3 y CHO5, clasificados como "Crítica" para el índice BMWP/Col y "Malo " para el ABI, reflejan una calidad de agua deficiente y fuertemente afectada por la contaminación. La correlación muy fuerte entre ambos índices, con un coeficiente de determinación de 0.958, indica que la variabilidad en los valores de BMWP/Col se puede explicar en gran medida por la variabilidad en los valores de ABI, sugiriendo una relación lineal positiva significativa entre ellos. Esto subraya la coherencia y fiabilidad de los valores conseguidos en la evaluación de la calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo.

Los grupos funcionales alimenticios en el río Chorlaví indica una relación significativa entre estos y la calidad del agua, evaluada mediante los índices BMWP/Col y ABI. Se observa que la presencia predominante de trituradores en ciertos puntos está asociada con una calidad del agua baja, probablemente debido a la desintegración de materia orgánica gruesa. Por el contrario, los puntos con mayor abundancia de colectores-recolectores muestran niveles intermedios a buenos de calidad del agua, lo que apunta la presencia de material orgánico fino. La diversidad funcional, especialmente en puntos con presencia de raspadores y depredadores, se correlaciona con una mejor calidad del agua, destacando la capacidad de estos individuos para adaptarse a distintas condiciones ambientales. La escasez de colectores-filtradores indica condiciones de flujo subóptimas, lo que afecta la disponibilidad de partículas suspendidas necesarias para su alimentación. En general, los colectores-recolectores son los más resilientes, predominando en ambientes degradados debido a su capacidad de prosperar con materia orgánica fina, mientras que la estabilidad en la presencia de depredadores sugiere la capacidad de las redes tróficas para sostenerse a pesar de la degradación ambiental. La evaluación de los índices biológicos confirma su relevancia para establecer la calidad del agua y sugiere que factores físicos como el caudal, el ancho y la profundidad del agua están estrechamente relacionados con la composición y abundancia de la comunidad biológica.

5.2 Recomendaciones

La gestión de basuras y escombros implica la implementación de programas de limpieza destinados a reducir la aglomeración de desechos y residuos en las márgenes del río Chorlaví. Es necesario establecer políticas de gestión de residuos con el fin de prever la polución y optimizar la calidad hidromorfológica. Asimismo, se requiere regular y controlar las acciones antrópicas como la agricultura, ganadería y construcción de infraestructuras para menguar su impacto perjudicial en el río y su medio. Deben aplicarse medidas para disminuir el desgaste del suelo y la escorrentía de productos químicos agrícolas hacia el río. El monitoreo continuo de la calidad del agua, incluyendo parámetros como DQO, turbidez, SST y aspectos biológicos como el BMWP/Col y ABI, proporcionaría información más detallada sobre el estado del río.

La implementación de proyectos de restauración de hábitats es fundamental para mejorar la calidad hidromorfológica y brindar refugio a la fauna acuática, acompañados de programas formativos encaminados a la población local para aumentar la conciencia sobre la importancia de la conservación del río Chorlaví y su ecosistema. De esta manera, se pueden promover prácticas sostenibles en la ganadería y la agricultura para minimizar la contaminación del río y preservar la biodiversidad.

Es imprescindible cumplir con las leyes y regulaciones ambientales locales y nacionales relacionadas con la protección de los recursos hídricos y la preservación de los afluentes hídricos. Además, la planificación territorial debe integrar medidas de protección del río Chorlaví en los regímenes de categorización territorial para controlar el desarrollo urbano y rural que pueda afectar su calidad. Por otra parte, se deben garantizar los permisos y autorizaciones necesarios para todas las actividades antrópicas que puedan afectar en el río, asegurándose de cumplir con los estándares ambientales establecidos.

REFERENCIAS

- Acosta R, Ríos B, Rieradevall M, & Prat N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 36–64. DOI: 10.23818/limn.28.04
- Barreto, P. (2009, diciembre 28). Instructivo de medición de caudal. Biorem. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTUVO_DE_MEDICI%25C3%2593N_DE_CAUDA L.pdf&ved=2ahUKEwj4oLTnnJyHAxWwSTABHf33C5gQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw1xJKMfk-1k1tmCFCVlvIUJ
- Cabrera, S., Eurie Forio, M. A., Lock, K., Vandenbroucke, M., Oña, T., Gualoto, M., Goethals, P. L. M., & Der Heyden, C. Van. (2021). Variations in benthic macroinvertebrate communities and biological quality in the aguarico and coca river basins in the ecuadorian amazon. *Water (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/w13121692>
- Cabrera-García, S., Goethals, P. L. M., Lock, K., Domínguez-Granda, L., Villacís, M., Galárraga-Sánchez, R., Van der heyden, C., & Eurie Forio, M. A. (2023). Taxonomic and Feeding Trait-Based Analysis of Macroinvertebrates in the Antisana River Basin (Ecuadorian Andean Region). *Biology*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/biology12111386>
- Carlos, J., Schmalbach, V., José, T., Herrera, F., & Ávila, F. M. (2010). La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas Scenario Planning: Review of concepts and methodological proposals. *Prospect*, 8(2), 21-29. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3634575.pdf&ved=2ahUKEwiel6LmnpYHAXUjSDABHZ0WBloQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw3msPYQp2nPIYoIwEdGQJxY>
- Carrera, C., & Fierro, Karol. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia.

- Catherine, D., Bravo, G., Fabián, J., & Ruiz, R. (2012). *Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la microcuenca del río los cedros, corregimiento de Chiribío, municipio de Sotará* (Tesis grado, Universidad del Cauca). <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/406>
- Congreso de Colombia. (2022). Texto conciliado del proyecto de ley número 274 de 2023 cámara–338 de 202 senado “por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022-2026 “Colombia potencia mundial de la vida.”. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-05-texto-conciliado-PND.pdf&ved=2ahUKEwj5_teNo5yHAX1goQIHcAaCggQFnoECB0QAAQ&usg=AOvVaw3xVclfnPp1nm8ijdmsxKG
- Díaz R, Aguirre A, & Pérez H. (2014). Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 145–163. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44931382013>
- Durán, L. E. G., Libre, U., & Socorro, S. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*. 3(3), 132-156. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Encalada A. C., Guayasamin J.M., Suárez E., Mena C. F., Lessmann J., Sampedro C., Martínez, P.E., Ochoa-Herrera V., Swing K., Celinščak M., Schreckinger J., Vieira, J., Tapia A., Serrano C., Barragán K., Andrade S., Alexiades A., & M. J. Troya. (2019). *Los ríos de las cuencas Andino-Amazonicas: Herramientas, y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo*. Trama, Quito, 224 pp.
- Encalada A, & Rieadevall M., Ríos Touma,., García, N, y N. Prat. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos. Fonag Quito*.
- Fernández, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas con firma*. 4(2). 72-101.

https://www.researchgate.net/publication/345148470_Los_macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_del_estado_ecologico_de_los_rios

- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C. I., & Ávila, A. A. (2018). Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 11–30. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a02>
- Gobierno Municipal Morelia. (2018, julio 12). Programa de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Chiquito de Morelia, Michoacán. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2021/08/MANEJO_INTEGRAL_RIO_CHIQUITO_MORELIA_V191129-12.06.pdf&ved=2ahUKEwjhpIHSqZyHAXVgQTABHVNnD2oQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw3nLel8TPcoSyyx4_G-0a2g
- Gómez, J. (2019). Influencia de la cobertura forestal en la generación de caudales de la microcuenca del río Chorlaví (Tesis grado, Universidad Técnica del Norte). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9886>
- González Néstor, Sánchez Sonia, & Valdivia Álvaro. (2012). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields RAAS. *Wani*, 3(8), 28-49. <https://doi.org/10.5377/wani.v68i0.1354>
- Guerrero, C., Vidal-Abarca, M. R., Suárez, M. L., Gómez, R., & Ortega, M. (2004). Estructura de tamaño de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un río de características semiáridas durante el estiaje (río Chícamo, S.E. España). *Limnetica*, 23(1–2), 37–56. <https://doi.org/10.23818/limn.23.04>
- Guilcamaigua, D., & Chancusig, E. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de riego en tres agrosistemas: tradicional, orgánico y convencional*. (Tesis grado, Universidad Andina Simón Bolívar). <http://hdl.handle.net/10644/6932>
- James, T., Fernández, S., & Richard, J. (2013). Guía de aforos en canales abiertos y estimación de tasas de infiltración. *RHMA*. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=>

https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2013/2/CI5101/1/material_docente/bajar%3Fid_material%3D817154&ved=2ahUKEwjfkZqJrZyHAXVORzABHd17ByMQFnoECBAAQAQ&usg=AOvVaw0LYMqmOLVlrkM9AovEp5EC

Kostov, B. (2021). Aportación del análisis canónico de correspondencias al análisis textual (Tesis grado, UPC). <http://hdl.handle.net/2099.1/6539>

Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos -LAFS. (2006). Aspectos para tener en cuenta para el muestreo de Aguas para Riego. Cenipalma. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2021/08/6.-LAFS-Muestreo-Aguas-para-Riego.pdf&ved=2ahUKEwifr765r5yHAXXEtoQIHWOkDsEQFnoECckQAQ&usg=AOvVaw150coq4-mlvEocpx7S4uJy>

Ladrera, R., Rieradevall, M. & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza. e-Revista de Didáctica*, 11(3), 127-158. http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf (ISSN: 1988-5911).

Maya F. (2016). *Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta, media y baja de la quebrada la “Torura” municipio de Entrerriós - Antioquia*. (Tesis grado, Tecnológico de Antioquia). <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tda/311>

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2018). “Informe Nro. 1 indicadores Ambientales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Categorización y homologación -Ecuador”. Quito, Ecuador. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/04/informe_nro_1__indicadores_ambientales_ods_avances_marzo_2018.pdf&ved=2ahUKEwiUmK3psZyHAXU0RzABHRp3BLAQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw27TC-uCBftfh8aJlrSwAvT

Palma Carlos, & Arana Jerry. (2014). *Métodos de Colecta identificación y análisis de comunidades biológicas*. Diversidad Biológica. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=>

<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%25C3%25A9todos-de-Colecta-identificaci%25C3%25B3n-y-an%25C3%25A1lisis-de-comunidades-biol%25C3%25B3gicas.compressed.pdf&ved=2ahUKEwirmezDs5yHAXUiTDABHTHiCVEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw09a4M2YR1fZdd-YzFKz2YM>

Palma, D. (2016). *Implicaciones espaciales de la vegetación de ribera para la protección y mejoramiento de los ecosistemas fluviales Andinos. (Tesis grado, Universidad técnica particular de Loja).* <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16231>

Patricia, M., Rojas, V., & Figueroa Casas, A. (2014). Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 29-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75041609003>

Pauta, G., Velasco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, Ó., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 10(2), 76–88. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>

Pereira A, & Dávila G. (2023). *Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados y los grupos funcionales de alimentación como indicadores de calidad ecológica del río Ambi (Tesis grado, Universidad Técnica del Norte).* <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14465>

Pérez G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254–274. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.335>

Pinzón F, García C, & Ávila J. (2024). *Evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores en el Río Toribio de Ciénaga –Magdalena.*

Prat N. (2019). *Andanzas y desventuras de un ecólogo en los juzgados del reino. Milenio.*

- Prat, N., & Munné, A. (2011). Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas. *Limnetica* 29(2), 47–64. DOI:[10.23818/limn.33.05](https://doi.org/10.23818/limn.33.05)
- Romero A, & Rojas V. (2024). *Evaluación de la calidad ecológica del río Tahuando mediante la funcionalidad biológica de macroinvertebrados acuáticos* (Tesis de grado, Universidad técnica del Norte). <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15525>
- Rosas, J., Ávila, H., Sánchez, A., Rosas, A., García, S., Sampedro, L., Ramírez, J., & López, A. (2012). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de ciencia*, 8(13), 89-143. <https://www.semanticscholar.org/paper/%C3%8Dndice-BMWP%2C-FBI-y-EPT-para-determinar-la-calidad-Rosas-Acevedo-%C3%81vila-P%3%A9rez/59bc4d6f854453469a01e59c9a644a926dd03256>
- Ruiz, J., & Navarro, J. (2009). Estudio y Análisis de indicadores hidromorfológicos para establecer las condiciones de referencia de sistemas lagunares en la provincia de Valladolid. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/263848259>
- Siurot, M. (2014). *Programa de seguimiento del estado de calidad de las aguas continentales de las cuencas intracomunitarias de la comunidad autónoma de Andalucía*. Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio. <https://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/portal/web/guest/areas-tematicas/agua/calidad-aguas-y-control-de-vertidos>
- Toledo, M., & Mendoza, B. (2016). *Estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores, en microcuenca del río Chimborazo* (Tesis grado, Universidad Nacional de Chimborazo- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <https://www.researchgate.net/publication/312192044>
- Toro, M., Robles, S., Avilés, J., Nuño, C., Vivas, S., Bonada, N., Prat, N., Alba-Tercedor, J., Casas, J., Guerrero, C., Jáimez-Cuéllar, P., Moreno, J. L., Moyá, G., Ramon, G., Suárez, L., Vidal-Abarca, R., Álvarez, M., & Pardo, I. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED.

Características físico-químicas. *Limnetica*, 21(4), 63–75.
<https://portalinvestigacion.um.es/documentos/608b185a289c4a02b501c4d2>

Villegas A. (2024). *Análisis de la contaminación por plásticos y su relación con los macroinvertebrados en la cuenca del río Tahuando* (Tesis grado, Universidad Técnica del Norte).
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16085>

ANEXOS

Anexo 1.

Protocolo CERAs de la calidad hidromorfológica

INCISO	CARACTERÍSTICAS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	RÍO
A.1	Vegetación de ribera de páramo	Páramo herbáceo	5	
		Páramo mixto	5	
		Páramo de frailejones	5	
		Páramo degradado (Hierbas cortas y pisadas)	2	
		Tierra baldía o cangahua	0	
Total máximo por apartado				
A.2	Vegetación de ribera de bosque	Bosque de polygenism	5	
		Bosque mixto	5	
		Plantación eucaliptos y pinos	3	
		Matorral arbustos	3	
		Cultivos	1	
		Pastos	1	
		Tierra baldía o cangahua	0	
Total máximo por apartado				
B.	Continuidad de la ribera	Continuo	5	
		Manchas grandes	3	
		Manchas aisladas	1	
Total máximo por apartado				
C.	Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes	Vegetación natural (páramo o bosque)	5	
		Cultivos y pastos	3	
		Infraestructuras-Elementos de urbanismo (viviendas, carreteras paralelas al río)	2	
Total máximo por apartado				
D.		Ribera sin basura ni escombros	5	
		Ribera con basuras y/o escombros escasos	2	

	Presencia de basuras y escombros	Ribera con basuras y/o escombros abundantes	0	
--	----------------------------------	---	---	--

	Total máximo por apartado			
E.	Naturalidad del canal fluvial	Canal natural	5	
		Canal modificado por terrazas sin cemento	3	
		Canal con estructuras rígidas parciales	1	
		Canal totalmente modificado por estructuras rígidas	0	
	Total máximo por apartado			
F.	Composición del sustrato	Piedras	Por cada elemento presente se suma 1	
		Canto		
		Arena+arcilla		
		Grava		
		Bloque		
	Total máximo por apartado			
G.	Regímenes de velocidad y profundidad del río	Rápido- somero	Si está presente se suma 1. Si está ausente 0. Si están las 4 opciones se sumará 1 punto extra	
		Rápido- profundo		
		Lento- somero		
		Lento- profundo		
	Total máximo por apartado			
H.	Elementos de heterogeneidad	Hojarasca	La presencia de cada uno suma 1 punto	
		Troncos y ramas		
		Diques naturales		
		Raíces sumergidas		
		Vegetación acuática sumergida (musgos y plantas)		
		Vegetación acuática sumergida (algas)		
	Total máximo por apartado			
SUMA TOTAL				

Anexo 4.

Valores de la calidad hidromorfológica de acuerdo con el protocolo CERAs apartado de ribera y canal fluvial

Valor	Categoría
Entre 0 a 10	Pésima
Entre 10 a 20	Mala
Entre 20 a 28	Moderada
Entre 28 a 35	Buena
Mayores a 35	Excelente

Anexo 5.

Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias	Azul
II	Aceptable	71 – 122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	46 – 70	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	21 - 45	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Rojo

Anexo 6.

Evaluación de calidad de agua a partir del puntaje del Índice ABI

ABI	Calidad de agua
>96	Muy Bueno
59 - 96	Bueno
35 - 58	Regular
< 35	Malo

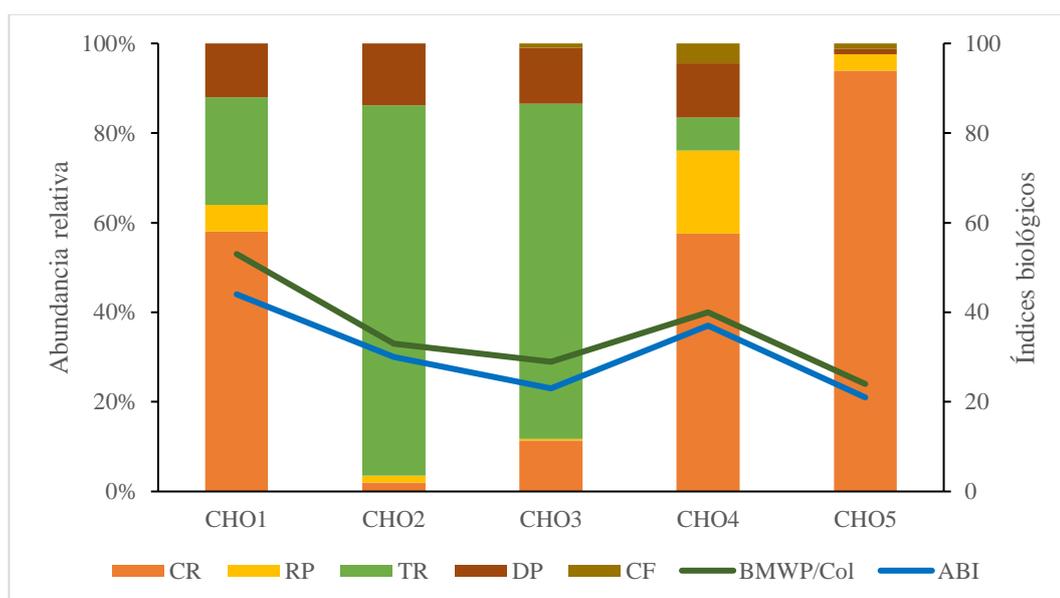
Anexo 9.

Información de puntos de muestreo del río Chorlaví

Punto de muestreo	Caudal (l/s)	Profundidad media (m)	Ancho (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (X)	Latitud (Y)
CHO1	16.69	0.05	1.47	0.21	-78.15313	0.35526
CHO2	50.93	0.10	3.30	0.14	-78.15619	0.31718
CHO3	92.50	0.07	2.40	0.51	-78.15568	0.31734
CHO4	119.76	0.10	3.10	0.35	-78.15550	0.31781
CHO5	998.53	0.16	7.00	0.88	78.14975	0.31680

Anexo 10.

Composición de los grupos funcionales de alimentación por los sitios muestreados con respecto a los índices BMWP/Col y ABI



Anexo 11.

Macroinvertebrados recolectados e identificados de acuerdo con su familia en la microcuenca del río Chorlaví



CHIRONOMIDAE



TUBIFICIDAE



PLANARIIDAE



EMPIDIDAE



PHYSIDAE



CHIRONOMIDAE

Anexo 12.

Actividades antrópicas en la liberar del río Chorlaví



Anexo 13.

Colocación de macroinvertebrados en tubos eppendorf



Anexo 14.

Análisis de laboratorio Alfanalitica



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°: 84 -2023

DATOS DEL CLIENTE

Análisis solicitado por:	Sr. Fabricio Cortez
Atención:	Sr. Fabricio Cortez
RUC/CI:	1726117979
Dirección:	N/A
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	099 8285570
email:	fcortez@utn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA

Agua de Río Chorlazi	
Tipo de muestra:	Agua
Fecha de recepción:	27 de octubre de 2023
Cantidad:	1000 ml c/u
Tipo de conservación:	No aplica
Tipo de empaque:	Poliétileno alta densidad
Tipo de muestreo:	N/A
Descripción:	Aguas de río
Número de muestras:	5
Fecha de elaboración:	No aplica
Lote:	No aplica
Fecha de caducidad:	No aplica
Persona quien muestrea:	Propietario

DATOS DE LABORATORIO

Fecha de análisis:	27 de octubre de 2023
Fecha de entrega informe:	31 de octubre de 2023
Código interno	No aplica

Resultado Analítico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado					Método de Ensayo
		CHO 1	CHO 2	CHO 3	CHO 4	CHO 5	
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	17,7	14,6	34,25	38,42	36,9	APHA 5520 D
Turbidez	NTU	1,37	1,23	1,82	5,01	0,46	Nefelométrico
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	9,5	8,5	12,5	15,5	15	Gravimetría

Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

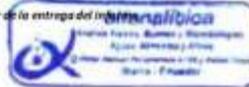
Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 años a partir de la entrega del informe

Responsable:

Verónica Espinoza

Dra. Verónica Espinoza

Gerente



Dirección: Manuel Pefabarrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra
Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115
e-mail: alfanalitica@outlook.com, alfanalitica.ibarra@gmail.com

