



Universidad  
Nacional  
de Loja

## **Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**

**Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir, cantón Saraguro**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.**

**AUTORA:**

Josselyn Dayana Balcázar Sinailin

**DIRECTOR:**

Ing. Víctor Alonso Cartuche Paqui, PhD

Loja- Ecuador

2024

*Educamos para Transformar*

## Certificación

Loja, 29 de julio de 2024

Ing. Víctor Alonso Cartuche Paqui, Ph.D.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: “**Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir, cantón Saraguro**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de la autoría de la estudiante **Josselyn Dayana Balcázar Sinailin**, con cédula de identidad **Nro. 2300543028**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Víctor Alonso Cartuche Paqui, Ph.D.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Josselyn Dayana Balcázar Sinailin**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 2300543028

**Fecha:** 29 de julio de 2024

**Correo electrónico:** josselyn.balcazar@unl.edu.ec

**Celular:** 0992957124

Carta de autorización por parte del autor/a, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Josselyn Dayana Balcázar Sinailin**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir, cantón Saraguro**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte y nueve días del mes de julio del dos mil veinte y cuatro.

**Firma:**



**Autora:** Josselyn Dayana Balcázar Sinailin

**Cédula:** 2300543028

**Dirección:** Loja, Sector Celi Román

**Correo electrónico:** sarabalcazar123@gmail.com

**Celular:** 0992957124

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del trabajo de titulación:** Ing. Víctor Alonso Cartuche Paqui, PhD

## **Dedicatoria**

A mi madre, Omayra, quién sin dudar momento alguno me brindó su apoyo incondicional acompañándome en cada decisión tomada durante esta etapa, inculcando en mí valores y principios.

A mi padre, Rigoberto, quien con su apoyo y consejos aportó en mi formación siempre de superación personal, la unión y comprensión.

A mis hermanos, Anthony y Smith, por su consideración y apoyo día a día.

*Josselyn Dayana Balcázar Sinailin*

## **Agradecimiento**

A Dios, por este logro alcanzado es gracias a él.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la Carrera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente y a sus docentes por haber contribuido sus conocimientos teóricos y técnicos a lo largo de mi formación profesional y personal.

Al Ing. Víctor Cartuche, director de este trabajo de titulación, por el tiempo y dedicación invertida para que se pueda desarrollar y concluir la presente investigación.

A mis amigos y amigas, por brindarme su amistad y compañía, llevándome gratos recuerdos de momentos de diversión y aprendizaje.

*Josselyn Dayana Balcázar Sinailin*

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación .....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras .....	xii
Índice de anexos .....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract .....	3
3. Introducción .....	4
4. Marco teórico .....	6
4.1. Microcuencas Altoandinas .....	6
4.1.1. Importancia de las microcuencas altoandinas .....	6
4.1.2. Disponibilidad del recurso hídrico en las microcuencas altoandinas.....	7
4.1.3. Principales problemas de contaminación en las microcuencas altoandinas.....	7
4.2. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad biológica del agua .....	8
4.2.1. Técnicas de monitoreo de macroinvertebrados.....	9
4.2.2. Índices evaluadores de la calidad del agua.....	10
4.3. Evaluación de la calidad ecológica de los ríos altoandinos mediante el protocolo CERAS .....	11

4.3.1.	Calidad ecológica .....	12
4.3.2.	Calidad hidromorfológica .....	12
4.3.3.	Calidad biológica del agua .....	13
4.4.	Medidas de manejo y conservación de microcuencas altoandinas .....	14
4.4.1.	Normativa para la protección de microcuencas altoandinas .....	15
5.	Metodología .....	18
5.1.	Área de estudio .....	18
5.2.	Análisis de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ICH” .....	20
5.2.1.	Criterios de selección de puntos de muestreo .....	20
5.2.2.	Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas de la microcuenca Chuchuchir .....	22
5.2.3.	Índice de calidad hidromorfológica.....	26
5.3.	Análisis del estado de la calidad biológica del agua de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ABI” .....	27
5.3.1.	Muestreo e identificación de las familias de macroinvertebrados .....	27
5.3.2.	Determinación del índice Biótico Andino (ABI) .....	28
5.4.	Evaluación de la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir mediante la aplicación del protocolo CERA-S .....	29
5.5.	Proponer medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir a partir de la identificación de los factores que alteran la calidad ecológica. ....	30
6.	Resultados .....	30
6.1.	Análisis de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ICH” .....	30
6.1.1.	Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas de la microcuenca Chuchuchir .....	31
6.1.2.	Índice de calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir (ICH) .....	38



6.2. Determinación del estado de la calidad biológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice ABI.....	40
6.2.1. Taxonomía de macroinvertebrados .....	41
6.2.2. Índice de calidad biológica del agua ABI .....	53
6.3. Propuesta de medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir a partir de la identificación de los factores que alteran la calidad ecológica. ....	56
7. Discusión.....	74
8. Conclusiones .....	80
9. Recomendaciones .....	81
10. Bibliografía .....	81
11. Anexos.....	85

## Índice de tablas

Tabla 1. Aplicación de los principales índices biológicos para la evaluación de los ríos.....	10
Tabla 2. Características consideradas para determinar la calidad hidromorfológica de la microcuenca .....	22
Tabla 3. Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas.....	23
Tabla 4. Evaluación cualitativa de la vegetación de ribera del bosque.....	23
Tabla 5. Evaluación cualitativa de la continuidad de la ribera.....	23
Tabla 6. Evaluación cualitativa de la conectividad de la vegetación de la ribera con otros elementos del paisaje.....	24
Tabla 7. Evaluación cualitativa de la presencia de basuras o escombros .....	24
Tabla 8. Evaluación cualitativa de la naturalidad del canal fluvial.....	25
Tabla 9 Evaluación cualitativa de los regímenes y profundidad del río .....	26
Tabla 10. Índice ICH Escala de la evaluación cualitativa de la calidad hidromorfológica.....	26
Tabla 11. Índice ABI, evaluación cualitativa de la calidad biológica del agua .....	28
Tabla 12. Resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice ICH.....	31
Tabla 13. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos establecidos en la zona alta de la microcuenca.....	33
Tabla 14. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo establecidos en la zona media de la microcuenca.....	36
Tabla 15. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo establecidos en la zona baja de la microcuenca.....	38
Tabla 16. Calidad biológica del agua .....	41
Tabla 17. Familias de macroinvertebrados encontradas en la microcuenca Chuchuchir.....	42
Tabla 18. Punto 1 de la Quebrada Torre .....	43
Tabla 19. Punto 2 de la Quebrada Torre .....	44
Tabla 20. Punto 3 de la Quebrada Yurachullapa.....	45
Tabla 21. Punto 4 de la Quebrada Yanacocha .....	46
Tabla 22. Punto 5 de la Quebrada SN.....	47
Tabla 23. Punto 1 de la Quebrada SN .....	48

Tabla 24 Punto 2 de la Quebrada Chuchuchir.....	48
Tabla 25. Punto 3 de la Quebrada Tasqui .....	49
Tabla 26. Punto 4 de la Quebrada Tasqui .....	49
Tabla 27. Punto 5 de la Quebrada Tasqui .....	50
Tabla 28. Punto 1 de la Quebrada Sinicapac.....	51
Tabla 29. Punto 2 de la Quebrada Sinicapac.....	52
Tabla 30. Punto 3 de la Quebrada Sinicapac.....	52
Tabla 31. Punto 4 de la Quebrada Sinicapac.....	53
Tabla 32. Punto 5 de la Quebrada Sinicapac.....	53
Tabla 33. Matriz de diagnóstico de la microcuenca.....	64
Tabla 34. Medidas de Manejo y Conservación de la microcuenca Chuchuchir .....	68

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de estudio de la microcuenca Chuchuchir cantón Saraguro; a) ubicación provincial del sitio de estudio; b) ubicación cantonal.....	19
Figura 2. Mapa de criterios de zonificación de la microcuenca.....	21
Figura 3. Matriz de evaluación ecológica de la microcuenca .....	29
Figura 4. Evaluación de la calidad hidromorfológica en la microcuenca Chuchuchir .....	40
Figura 5. Distribución d ellos puntos de muestreo.....	54
Figura 6. Curva de acumulación de familias.....	55
Figura 7. Correlaciones entre la Calidad Hidromorfológica (ICH) y el índice de calidad biológica (ABI) de cada punto de la microcuenca Chuchuchir.....	56

## Índice de anexos

Anexo 1. Ficha de evaluación hidromorfológica .....	85
Anexo 2. Hidromorfología de la zona alta de la microcuenca Chuchuchir .....	88
Anexo 3. Evaluación de Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje, zona alta de la microcuenca .....	88
Anexo 4. Evaluación hidromorfológica de la quebrada Torre .....	89
Anexo 5. Evaluación de los elementos de heterogeneidad y sustratos de la quebrada Yurachupalla .....	89
Anexo 6. Evaluación de las características del canal fluvial de la quebrada Chuchuchir.....	90
Anexo 7. Evaluación de la calidad de la vegetación ribereña de la quebrada Tasqui.....	90
Anexo 8. Valoración de los elementos de heterogeneidad y sustrato de la quebrada Tasqui ...	91
Anexo 9. Evaluación de la vegetación de ribera del río Sinicapac .....	91
Anexo 10. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente .....	92
Anexo 11. Metodología red patada para la recolección de macroinvertebrados .....	92
Anexo 12. Familias encontradas en el muestreo de macroinvertebrados .....	94
Anexo 13. Certificado de traducción del Abstract .....	104

## **1. Título**

**“Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir, cantón Saraguro”.**

## 2. Resumen

Las microcuencas altoandinas son fundamentales para el suministro de agua, la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y la regulación hidrológica. Su preservación y gestión sostenible son esenciales para garantizar la seguridad hídrica y el bienestar de las comunidades que dependen de estos ecosistemas. La microcuenca Chuchuchir es una microcuenca altoandina que abastece de agua a la parroquia Saraguro y cuenta con un canal de riego importante para los cultivos locales, que junto con la ganadería son las principales fuentes de ingresos económicos. Sin embargo, la mayor parte del territorio de la microcuenca está degradado debido a actividades humanas, como la deforestación, las actividades agropecuarias y la expansión de la población. Esto ha llevado a una disminución en la calidad y cantidad del agua.

Se utilizó el protocolo CERA-S para evaluar la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir en la parroquia Saraguro. Este protocolo combina la calidad hidromorfológica y el índice biótico ABI con el fin de determinar el grado de degradación del canal fluvial y la vegetación ribereña, que son fundamentales para las comunidades de macroinvertebrados del río. Se tomaron muestras en 15 puntos de la microcuenca, distribuidos en la zona alta, media y baja. Los resultados obtenidos clasificaron la microcuenca en una categoría de calidad ecológica moderada, considerando los aspectos negativos que afectan su calidad. A partir de ello, se han propuesto medidas de manejo y conservación, con el objetivo de proporcionar a los usuarios y gestores públicos y privados del agua una herramienta para planificar y tomar decisiones con respecto a las acciones de manejo y conservación necesarias en la microcuenca Chuchuchir.

Palabras clave: Calidad ecológica, protocolo CERA-S, macroinvertebrados, vegetación ribereña, ecosistemas altoandinos.

## 2.1 Abstract

High Andean micro-watersheds are fundamental for water supply, biodiversity conservation, soil protection, and hydrological regulation. Their preservation and sustainable management are essential to ensure water security and the well-being of the communities that depend on these ecosystems. The Chuchuchir micro-watershed is a high Andean micro-watershed that supplies water to the Saraguro parish and has an important irrigation channel for local crops, which along with livestock are the main sources of economic income. However, most of the watershed territory is degraded due to human activities, such as deforestation, agricultural activities, and population expansion. This has led to a decrease in water quality and quantity.

The CERA-S protocol was used to evaluate the ecological quality of the Chuchuchir micro-watershed in the Saraguro parish. This protocol combines hydromorphological quality and the ABI biotic index to determine the degree of degradation of the river channel and riparian vegetation, which are fundamental for the river's macroinvertebrate communities. Samples were taken at 15 points in the micro-watershed, distributed in the upper, middle, and lower zones. The results classified the micro-watershed in a moderate ecological quality category, considering the negative aspects affecting its quality. Based on this, management and conservation measures have been proposed, with the aim of providing users and public and private water managers with a tool to plan and make decisions regarding the necessary management and conservation actions in the Chuchuchir micro-watershed.

Keywords: Ecological quality, CERA-S protocol, macroinvertebrates, riparian vegetation, high Andean ecosystems.



### 3. Introducción

A pesar de su importancia ecológica, las microcuencas a menudo se encuentran deterioradas debido a la extracción del agua de sus cauces y a la contaminación por residuos sólidos, escombros y otros contaminantes, que son producto de las actividades antrópicas (Arias, 2019). Una de las causas de los desequilibrios ecológicos en las microcuencas es el incremento poblacional, afectando al adecuado funcionamiento de los componentes que integran el ecosistema de las microcuencas (Gamarra et al., 2018).

El crecimiento de la población genera una mayor demanda de recursos y servicios ecosistémicos que ofrecen los sistemas hidrológicos (Paolini, 2017). El uso del recurso hídrico en los últimos años se ha tornado insostenible y limitado debido al incremento de las actividades antrópicas en las zonas alta, media y baja de las microcuencas, por ejemplo, la ganadería y agricultura, mismas que generan impactos negativos en el ecosistema, llevando a la degradación de los suelos, la alteración de la cobertura vegetal, la pérdida de biodiversidad y la contaminación por residuos químicos y orgánicos, lo cual provoca alteraciones en la calidad del agua para consumo (Guarín, 2017).

La microcuenca Chuchuchir posee una altitud de 2199 a 3275 m.s.n.m, presenta dos ecosistemas, bosque andino montano alto y bosque andino montano bajo, para poder evaluar tanto la calidad hidromorfológica, como la calidad biológica del agua de la microcuenca, se realizó una zonificación de acuerdo a dos criterios, la altitud y la cobertura vegetal y uso del suelo (Calderón y Quezada, 2006). El sistema hídrico de la microcuenca, conformado por varias vertientes hídricas como quebradas y riachuelos, confluye con el río Paquishapa, afluente de la subcuenca del río León y este a su vez que pertenece a la cuenca del río Jubones (Calderón y Quezada, 2006). Según el plan de ordenamiento territorial (PDOT) actualizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Saraguro (GADMIS) en el 2016, la microcuenca evidencia un acelerado deterioro del recurso hídrico, sin embargo, esta misma área es la principal proveedora de agua de consumo y riego a la mayor parte de la población de la parroquia (GADMIS SARAGURO, 2016).

En este contexto, el proyecto se fundamentó en el estudio de la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el protocolo simplificado para la evaluación de parámetros de calidad del agua (CERA-S). El interés de esta investigación se origina al identificar una problemática relacionada al estado de conservación de la microcuenca, en la cual es evidente la

presencia de actividades antrópicas que ponen en riesgo sus condiciones biofísicas, por tales razones, se pretende determinar los factores físicos y biológicos que influyen de manera negativa en la calidad ecológica de la microcuenca a efectos de plantear propuestas de conservación mediante la priorización de áreas vulnerables, las cuales ayudarán a la restauración del recurso hídrico conjuntamente con los demás subsistemas económico, social y productivo.

De igual importancia, en el ámbito social y económico, la propuesta permitirá una mejor planificación de las estrategias productivas en la zona de estudio, con la finalidad de aprovechar de manera eficiente los recursos de la microcuenca sin sobreexplotarlos ni expandir las zonas de intervención de la población. Por consiguiente, la información y resultados que surjan de esta investigación podría ser incluida dentro del Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia mismo que se encuentra en un proceso de actualización.

Esta investigación tiene relevancia de valor teórica y metodológica debido a que constituye un primer estudio enfocado en la determinación de la calidad ecológica en la microcuenca Chuchuchir mismo nos permitirá considerar la posibilidad de explorar otros campos vinculados como es el caso de la caracterización fisicoquímica del agua, el estado de conservación de la vegetación, cambios de uso de suelo en la microcuenca, entre otros.

### **Objetivo general**

Evaluar el estado ecológico de la microcuenca Chuchuchir mediante la aplicación del protocolo CERA-S

### **Objetivos específicos**

- Analizar la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante la aplicación del índice de calidad hidromorfológica ICH.
- Determinar el estado de la calidad biológica del agua de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice de calidad biológica del agua ABI.
- Proponer medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir a partir de la identificación de los factores que alteran la calidad ecológica.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Microcuencas Altoandinas**

Las microcuencas altoandinas se encuentran ubicadas en el ecosistema de páramo en las cumbres de algunas regiones de Sudamérica. Los ecosistemas altoandinos incluyendo los, páramos se distribuyen en la Cordillera de los Andes, Ecuador, Colombia y Venezuela entre los 3200-3300 y 4700-4800 m.s.n.m (Llambí et al., 2012).

En la Cordillera de los Andes que atraviesa el Ecuador nacen varios afluentes provenientes de los glaciares y empinadas montañas que dan origen a las microcuencas altoandinas. Los afluentes o riachuelos altoandinos atraviesan principalmente tres tipos de ecosistemas, el páramo, el bosque andino montano alto y el bosque andino montano bajo, estos ecosistemas son considerados excepcionales debido a que en su trayecto adoptan características químicas del terreno tales como nutrientes, material orgánico y sedimentos, mismos que pueden deteriorar la calidad del agua (García, 2018).

#### **4.1.1 Importancia de las microcuencas altoandinas**

Las microcuencas altoandinas son ecosistemas únicos debido a su diversidad, importancia y magnitud de las funciones ecosistémicas que ofrecen (Llambí et al., 2012). Para Encalada y sus colaboradores (2015), las principales funciones que desempeñan estos ecosistemas son las de proveer agua para las diversas necesidades humanas, como la agricultura, ganadería, uso industrial, doméstico y recreativo. De hecho, las microcuencas altoandinas se encuentran en la capacidad de auto purificar el agua, controlar inundaciones y sequías, regular los flujos de sedimentos, nutrientes y mantener el hábitat para la vida acuática (García, 2018).

Además, del efecto regulador que desempeñan las microcuencas altoandinas, estas son las encargadas de alimentar y distribuir el agua en los ríos de zonas bajas proveyendo de nutrientes y material orgánico, previniendo además la erosión del suelo. Otro aspecto fundamental es que sirven como hábitat de una amplia biodiversidad de flora y fauna, contribuyen con una belleza paisajista única (Encalada et al., 2015). En la actualidad la comunidad científica y gestores del recurso hídrico, trabajan conjuntamente para generar guías, protocolos y estrategias para preservar el recurso hídrico de estas zonas (García, 2018).

#### **4.1.2 Disponibilidad del recurso hídrico en las microcuencas altoandinas**

El recurso hídrico es uno de los factores determinantes en los ecosistemas y en la salud de las personas (Llambí et al., 2012). El crecimiento de la población, la industrialización y la expansión de la agricultura con la implementación sistemas de riego, han provocado el aumento drástico en la demanda humana del recurso hídrico. En 2020 según Choque y sus colaboradores (2021), el 70% del agua de la superficie terrestre extraída de acuíferos, ríos y lagos se destinaron a la agricultura. Para el 2050 se estima una población mundial de 9 100 millones y un aumento del 70% en la producción de alimentos comparado con el año 2009, lo cual tendrá un impacto directo en la disponibilidad del recurso hídrico (Briceño et al., 2020). Según las estadísticas 1 400 millones de personas viven alrededor de microcuencas hidrográficas donde el consumo de agua supera niveles sostenibles de aprovechamiento (SEMARNAT, 2014).

Las microcuencas altoandinas poseen características únicas que las convierte en ecosistemas de gran importancia, puesto a que regulan la disponibilidad de agua, ya que la vegetación y los suelos interceptan la lluvia y acumulan una parte, haciendo que la salida del agua por los ríos y quebradas sea más gradual lo que contribuye a un suministro de agua estable (Guerrero, 2019). Si la extracción del agua supera la reposición natural del ecosistema, las microcuencas están sujetas a un colapso que genera una pérdida completa del recurso hídrico (SEMARNAT, 2014). El ecosistema altoandino presenta un funcionamiento complejo y vulnerable, debido al cambio climático y a las actividades antrópicas que pueden alterar fácilmente la funcionalidad de las microcuencas, especialmente en épocas de alta precipitación y estiaje donde varía la disponibilidad del agua (Choque et al., 2021).

Las malas decisiones del manejo del recurso hídrico de las microcuencas altoandinas han reducido considerablemente el tamaño de los cuerpos de agua en los últimos años disminuyendo también su disponibilidad para satisfacer las necesidades de las personas y el ambiente, es así que, se prevé que para los próximos 30 años el agua va a ser un recurso insostenible y no renovable (SEMARNAT, 2014).

#### **4.1.3 Principales problemas de contaminación en las microcuencas altoandinas**

Durante los últimos cien años el régimen hidrológico en los ecosistemas altoandinos y los servicios ambientales que las microcuencas prestan en relación a las características de regulación, provisión y calidad del agua se han visto alteradas por la contaminación a causa de

las actividades humanas (García, 2018). Esta alteración ha sucedido por el mal manejo del recurso hídrico, por ejemplo las actividades de producción agrícola o ganadera utilizan productos químicos como fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, entre otros, mismos que generan cambios en la calidad del agua (García, 2018). Por otra parte, un aspecto importante en el deterioro de las microcuencas altoandinas es el aumento de la tala indiscriminada del bosque natural y la expansión urbanística de la población mediante la construcción de nuevas vías e infraestructuras cercanas a los cauces de las fuentes de agua (Guerrero, 2019).

Con respecto a las actividades antrópicas, el mal manejo de los residuos sólidos y las descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua provocan su deterioro ambiental, lo cual afecta la salud ecosistémica de las microcuencas, puesto a que estas descargas y residuos suelen mezclarse con otras sustancia como son los metales pesados ( mercurio y el plomo) provenientes de la minería fluvial ilegal provocando la desaparición de la vida acuática y el deterioro de la calidad del agua (Choque et al., 2021). A todas estas actividades se pueden agregar la explotación maderera, la modificación de los cauces para la construcción de proyectos como canales de riego, construcción de represas e hidroeléctricas, mismas que generan cambios en la calidad y cantidad del agua (García, 2018).

#### **4.2 Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad biológica del agua**

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que viven en diferentes sustratos de ríos y lagos, por lo general habitan en la vegetación acuática, por ejemplo, en troncos y rocas sumergidas. Se denominan macroinvertebrados debido a que su tamaño va desde 0.5 mm a 5mm por lo cual es fácil identificarlos a simple vista (Boyero et al., 2011). Sus poblaciones están conformadas principalmente por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos, se caracterizan por ser buenos indicadores del estado ecológico y biológico de los ríos y por lo tanto suelen ser muy utilizados para el biomonitoreo de la calidad del agua (Öztürk, 2018).

En los últimos años se ha incrementado el empleo de macroinvertebrados para evaluar la calidad de ecosistemas acuáticos, a través de diversas investigaciones como la de Carrera y Fierro, (2018) se ha comprobado su efectividad y sensibilidad a cambios ambientales en un alto rango de confianza, además de una considerable reducción de costos y tiempo al implementar estas evaluaciones

La identificación y recolección de estos especímenes con ayuda de la entomología, ha permitido desarrollar claves taxonómicas a nivel de familias, estas claves se aplican para

reconocer organismo bioindicadores de buena y mala calidad del agua. Los organismos como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos se utilizaron por primera vez en Europa a mediados del siglo XIX donde se encontraron cierta relación entre especies acuáticas y la calidad del agua (Roldán, 2016). En el siglo XX varios autores propusieron utilizar macroinvertebrados como indicadores de la contaminación del agua, llegándose a desarrollar y adaptar métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de los ríos (Boyero et al., 2011).

En 1997 se propuso un sistema metodológico para profundizar el estudio de la calidad ecológica de los ríos mediante el empleo de macroinvertebrados. Este sistema consideraba la zonificación, la hidráulica, el espiral de nutrientes, la jerarquía de tributarios y el concepto de río continuo entre otros. Su enfoque se inspiró en la limnología europea, el mismo que consistía en zonificar las partes altas y bajas de las microcuencas (Carsten Von Der Ohe et al., 2007). En el siglo XXI la comunidad científica dedicada a estudiar los macroinvertebrados y su relación con el ecosistema, propuso índices para medir la calidad del agua incluyendo factores relacionados a la vegetación de ribera y métodos cualitativos, como son presencia y ausencia de ciertos especímenes (Roldán, 2016).

#### **4.2.1 Técnicas de monitoreo de macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados proporcionan una información confiable de la calidad del agua, por ello son empleados para el monitoreo de la calidad del agua. Para su recolección es importante definir los principales tipos de sustratos donde se recolectarán las muestras. Por lo general los macroinvertebrados suelen habitar en hojarascas, troncos caídos en descomposición, en el fondo del río, lodo, debajo de las piedras, en aguas estancadas como pozas, charcos y también donde el agua es más correntosa (Carrera y Fierro, 2018). La planificación de un protocolo para su monitoreo requiere de una delimitación de los puntos donde se va a realizar el monitoreo, así mismo, de las fechas de muestreo y la definición de las técnicas de campo que se aplicarán (Carrera y Fierro, 2018).

Existen diversas técnicas para colectar macroinvertebrados, entre las principales tenemos la técnica de piedras y hojarascas, la cual consiste en buscar macroinvertebrados en las piedras y hojas que se encuentran en el fondo de la columna de agua, en la orilla y en la superficie del río, su recolección se realiza con la ayuda de unas pinzas entomológicas para finalmente colocarlos en frascos. El muestreo, se puede realizar en ríos con fondo pedregoso y con

vegetación flotante, se recomienda realizar esta técnica en ríos correntosos y con piedras grandes (Beentjes et al., 2018). Otra técnica es la de Red de Patada, que consiste en colectar macroinvertebrados removiendo el fondo del río, para ello se requiere de dos personas mientras la una remueve el sustrato la otra sumerge la red, esta técnica se aplica en ríos medianamente torrentosos por donde se puede caminar (Carrera y Fierro, 2018). La Red Surber consiste en atrapar macroinvertebrados con la ayuda de una red con un marco metálico en forma de L removiendo el fondo del río, este método se utiliza en ríos de poca profundidad donde el agua no supere los 45 cm y exista un movimiento del agua con un fondo pedregoso (Carrera y Fierro, 2018).

#### 4.2.2 Índices evaluadores de la calidad del agua

Existen varios tipos de métodos cualitativos y cuantitativos que permiten evaluar la calidad del agua a partir de la presencia o ausencia de las familias de macroinvertebrados (Bersosa y Ulloa, 2018). La aplicación de ciertos índices requieren la identificación de los organismos a nivel de familia, mientras que otros pueden llegar hasta género y especie, la aplicación de estos métodos permiten una evaluación rápida del ecosistema (Roldán, 2016).

En la Tabla 1, propuesta por Roldán, (2016) se muestran los índices globales, regionales y nacionales adaptados a cada tipo de ecosistema y a las necesidades que los expertos deseen evaluar, por ejemplo, el Índice de Integridad Biológica (IIB) de macroinvertebrados se utiliza como una herramienta multimétrica para identificar y clasificar los problemas de contaminación del agua, mientras que otros índices como el Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP/Col), adaptado para Colombia por Roldán, (2016) y el índice Andean Biotic Index (ABI) adaptado por Acosta y colaboradores (2009), son empleados para el monitoreo de la calidad de agua en regiones de los Andes.

*Tabla 1. Aplicación de los principales índices biológicos para la evaluación de los ríos*

País	Método de indicación	Muestreo	Análisis	Identificación <sup>1</sup>	Estándar <sup>2</sup>	Rango
Bélgica	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	N	0-10
Dinamarca	D F I	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	1-4
Francia	I B G N	Cuant/Cual	Cualitativo	F	N	0-20
Alemania	B E O L / S	Cualitativo	Cuantitativo	S	N	0-100/1-4
Irlanda	Q – rating	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	0-5

Italia	E B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	R	0-14
Luxemburgo	I B	Cualitativo	Cualitativo	O F	N	0-10
Holanda	K 135	Cualitativo	Cualitativo	F G S	R	100-500
Portugal	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	-	0-10
España	BMWP'	Cualitativo	Cualitativo	F	-	0->150
Reino Unido	BMWP/ASPT	Cualitativo	Cualitativo	F	N	0->150/0-10
Colombia	BMWP/Col	Cuantitativo	Cuantitativo	OF	N	>100-<16
Los Andes	ABI	Cuantitativo	Cuantitativo	OF	R	1-10

O = Orden, F = Familia; G = Género; S = Especie 2. N=Nacional, R= Regional

**Fuente:** Roldán, (2016)

#### 4.3 Evaluación de la calidad ecológica de los ríos altoandinos mediante el protocolo CERAS

Actualmente, científicos y gestores del agua de diversas ramas trabajan generando protocolos, guías, y estrategias para el monitoreo, gestión y manejo de ecosistemas acuáticos, como resultado de estos esfuerzos, existen tratados y documentos técnicos que pueden servir de base para guiar el manejo de ecosistemas acuáticos en diferentes regiones geográficas (Encalada et al., 2015).

El protocolo simplificado para la evaluación de parámetros de calidad del agua (CERAS), permite el seguimiento y monitoreo del estado de los ríos de una forma rápida y con participación directa de ciudadanos no profesionales, interesados en los recursos hídricos (Encalada et al., 2015). Este documento es el producto de un esfuerzo colaborativo de académicos de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), la Universidad de Barcelona (UB) y el Fondo para la Protección del Agua -FONAG. Esta iniciativa se enmarca en el proyecto Funcionalidad y Calidad Ecológica de Ríos Altoandinos (FUCARA) que ejecuta el Laboratorio de Ecología Acuática de la USFQ y el Grupo de Investigación F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) de la UB y cuenta con el financiamiento de la Agencia Española para la Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID) (Encalada et al., 2015).



La metodología que propone este protocolo CERA-S para determinar el estado ecológico de una microcuenca es relacionar aspectos claves del ecosistema como la vegetación de ribera del río, parámetros relacionados con el canal fluvial los cuales son valorados a través del índice índice de calidad hidromorfológica (ICH) y la presencia o ausencia de comunidades biológicas de macroinvertebrados las cuales son valoradas mediante el índice ABI para determinar la calidad biológica del agua (Encalada et al., 2015) .

#### **4.3.1 Calidad ecológica**

La calidad ecológica es una medida integral del estado en el que se encuentra el ecosistema e incluye la evaluación tanto de los alrededores del río como del ambiente acuático, en otras palabras, es un diagnóstico que integra información sobre el bosque de ribera y las áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que los habitan (peces, macroinvertebrados, algas, o bacterias) (Encalada et al., 2015).

La salud de los ecosistemas acuáticos y la buena calidad del agua dependen del manejo holístico que se dé a una microcuenca y la forma en la que se utiliza sus recursos hídricos, por ejemplo, recreación, riego, consumo humano entre otros usos. (Encalada et al., 2015). El tipo de manejo y las alteraciones producidas en la ribera y en el canal fluvial, modifican la calidad ecológica del río. Por tal razón, el diagnóstico del estado de salud de los ríos nos permite identificar los problemas de contaminación y definir estrategias o cambios en nuestros patrones culturales que nos ayuden a mejorar la calidad del agua que utilizamos y proteger los ecosistemas acuáticos y las especies que viven en ellos (Encalada et al., 2015).

La calidad ecológica de los ríos se mide evaluando los componentes clave del ecosistema que son responsables de la biodiversidad y el funcionamiento de los ríos como ecosistema, por ejemplo, la vegetación de ribera, las características del canal del río y las comunidades biológicas (Encalada et al., 2015).

#### **4.3.2 Calidad hidromorfológica**

Para Gamarra y sus colaboradores (2018) la vegetación de ribera es el soporte de las comunidades biológicas. En el protocolo y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos altoandinos CERA-S, se menciona que la calidad hidromorfológica de la microcuenca se puede determinar por medio de ocho variables cualitativas relacionadas con la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río asignando valores de 0 a 5. Entre las variables que se analizan en

este protocolo son: la naturalidad de la vegetación, continuidad de la vegetación a lo largo del río, conectividad de la vegetación con otros elementos del paisaje, presencia de basuras o escombros, naturalidad del canal fluvial, composición del sustrato, regímenes de velocidad y profundidad del río y elementos de heterogeneidad.

Una vez valoradas las ocho características se procede a calcular el índice de calidad hidromorfológica (ICH). Para obtener el valor final de este índice se realiza la suma total de cada componente analizado y se compara con la escala de evaluación desde 0 a 35, donde los valores mayores a 35 denotan una calidad excelente (Torres et al., 2016).

En el estudio realizado por Gamarra y sus colaboradores (2018) se tomaron en cuenta las ocho características relacionadas con la calidad de la vegetación de ribera y el cauce principal del río propuestas en el protocolo CERA-S, donde se establecieron 10 puntos de muestreo a lo largo de la microcuenca para evaluar el estado de la calidad hidromorfológica, se asignó valores de 0 a 5 a cada variable según su estado de intervención en cada punto de muestreo. Posteriormente se aplicó el ICH donde se sumó los valores asignados a cada variable y la determinación del estado de la hidromorfología de la microcuenca utilizando intervalos de 0 a 35. En el estudio se determinó que la calidad hidromorfológica de la microcuenca es excelente en los 10 puntos de muestreo, los valores calculados en cada punto fueron mayores a 35.

### **4.3.3 Calidad biológica del agua**

Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, se consideran una herramienta integradora ya que no solo permite conocer las características biológicas, sino que también pueden indicar la presencia de contaminantes en el agua (Goncharov et al., 2020). Según el protocolo CERA-S los macroinvertebrados se utilizan para evaluar de la calidad biológica del agua. A través del índice ABI se puede determinar cuantitativamente el estado de la calidad biológica del agua, asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia de macroinvertebrados registrada durante el muestreo, dependiendo del nivel de tolerancia o sensibilidad a la contaminación, así las familias más sensibles serán las que obtengan las puntuaciones más altas. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio define el valor de ABI que va desde 35 hasta 96 (Alba, 2014).

En el estudio realizado por Torres y colaboradores (2016) en la microcuenca El Chido e inter microcuenca Alpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú, se realizó un muestreo de macroinvertebrados para determinar la calidad biológica del agua, para ello, se consideraron que

las variables climáticas sean homogéneas, el muestreo se llevó a cabo en cada microhábitat presente removiendo el sustrato del río. Una vez capturados los macroinvertebrados se llevaron a laboratorio donde se identificaron por familias utilizando la guía taxonómica propuesta por Roldán, (2016), posteriormente se aplicó el índice ABI para evaluar la tolerancia de los macroinvertebrados según la ausencia o presencia de estos en los puntos de muestreo. Los resultados de este estudio fueron que, en los puntos de muestreo establecidos, la calidad biológica del río era excelente ya que los valores de ABI estaban entre 99 a 148.

#### **4.4 Medidas de manejo y conservación de microcuencas altoandinas**

Es necesario considerar que las medidas de manejo nacen a partir de un plan de manejo de una microcuenca. Para ello se considera información social, económica y ambiental, que permita determinar la problemática en el territorio a efectos de posteriormente plantear medidas de manejo y conservación

Un aspecto importante que permite el ordenamiento y manejo de una cuenca altoandina, es la consideración de dividirla en pequeñas unidades, las mismas que pueden ser: las subcuencas, las microcuencas y, por último, las quebradas. Así mismo, estas unidades, pueden dividirse en: parte alta, parte media y parte baja (Gonzaga y Ochoa, 2019). La planificación de una microcuenca facilita la percepción de los individuos y de la comunidad sobre las interacciones existentes entre la producción uso y manejo de los recursos por el ser humano y el comportamiento de los recursos naturales utilizados para esta misma producción (suelo, agua, bosques (Gonzaga y Ochoa, 2019).

Según Saavedra (2009), para el adecuado manejo integral de una microcuenca se debe considerar varias etapas, así, en una primera instancia se identifica la demanda del recurso hídrico por parte de quienes habitan la microcuenca ,así por ejemplo, comunidades, familias, y productores, con el propósito de elaborar un plan que aborde los problemas existentes en la microcuenca. Por tal razón, es necesario que durante esta etapa, el Gobierno Autónomo, junto a las comunidades y en algunos casos instituciones de cooperación, puedan realizar un primer diagnóstico, línea base ambiental y socioeconómica de la microcuenca a intervenir, con el objetivo de evidenciar su estado actual y así poder determinar qué recursos naturales se presentan, cuántas comunidades aprovechan estos recursos, cuáles son las causas de su deterioro, identificar las fuentes de agua y sus usos; y cuáles son los sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal existentes (Saavedra, 2009).

En una segunda etapa es necesario la intervención de los técnicos de un municipio o de las instituciones de apoyo, a partir de las demandas y propuestas de las comunidades se elabora un plan de acción, el cual incluye varias propuestas tales como: prácticas de manejo de cultivos, diversificación agrícola, conservación de suelos y aguas, manejo de bosques, cultivo de frutales, entre otras, mismas que contribuyen a resolver los problemas identificados por las comunidades (Saavedra, 2009). En la tercera etapa, las propuestas técnicas del plan son corregidas o ajustadas por los técnicos, incorporando los aportes de las comunidades; y de esta forma se cuenta con el plan consensuado de manejo de la microcuenca (Saavedra, 2009).

Finalmente, en la cuarta etapa, es necesario disponer de recursos económicos e instancias y aliados para su ejecución. Para ello se requiere el aporte de varias instituciones públicas y privadas, el Gobierno Municipal y la Prefectura de Departamento son los principales aliados tanto para ejecutar acciones directas como para la búsqueda de financiamiento en los casos en que se requieran mayores recursos económicos (Saavedra, 2009).

#### **4.4.1 Normativa para la protección de microcuencas altoandinas**

Dentro del marco legal del Ecuador, se contemplan algunas normativas para la protección y conservación de microcuencas altoandinas. A continuación, se mencionan las normativas más importantes que se podrían considerar para proponer medidas de manejo y conservación de las microcuencas altoandinas.

En Ecuador, el ente rector del sector agua en el Ecuador es el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), que es la encargada de planificar, regular y controlar la gestión integrada de los recursos hídricos a nivel nacional, incluyendo la gestión de las microcuencas. Es importante destacar que, la gestión de las microcuencas también involucra a la sociedad civil, comunidades locales y organizaciones de usuarios del agua, quienes participan en procesos de consulta y toma de decisiones, así como en la implementación de prácticas sostenibles para la conservación y uso adecuado del agua (Jouravlev, 2004).

La gestión de las microcuencas en Ecuador se basa en diversas normas y leyes que establecen el marco regulatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos y la conservación de los ecosistemas acuáticos (Secretaría del Agua, 2014).

Entre las principales normas que rigen la gestión de las microcuencas en Ecuador, se encuentran:

1. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUA) - Esta ley establece el marco legal y reglamentario para la gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la gestión de las microcuencas.
2. Reglamento General de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (RG-LORHUA) - Este reglamento establece las normas y procedimientos técnicos para la gestión de los recursos hídricos, incluyendo la gestión de las microcuencas.
3. Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Ecuador Sección II de los ecosistemas frágiles.
4. Ley de Gestión Ambiental (LGA) - Esta ley establece los principios y criterios para la gestión ambiental sostenible y la conservación de los ecosistemas, incluyendo las microcuencas.
5. Plan Nacional para la Gestión del Agua (PNGA) - Este plan establece las políticas, estrategias y acciones prioritarias para la gestión integrada de los recursos hídricos en Ecuador, incluyendo la gestión de las microcuencas. Este plan no solo la regula los usos del agua sino también la protección de su calidad y la conservación de los ecosistemas acuáticos que dependen de ella (Secretaría del Agua, 2014).

En este sentido, la ley establece un sistema de administración de recursos hídricos que incluye la creación de autoridades de gestión de microcuencas y la implementación de planes de ordenamiento y manejo de microcuencas. Este enfoque de gestión por cuenca implica que se toma en cuenta la interconexión de los ríos y arroyos de una zona geográfica específica, y se promueve una gestión integrada y coordinada de los recursos hídricos en esa zona (Secretaría del Agua, 2014).

Además, la ley establece mecanismos de participación ciudadana en la gestión de recursos hídricos, a través de la creación de consejos de cuenca y la consulta previa a pueblos y nacionalidades indígenas (Secretaría del Agua, 2014). A continuación, se describen los puntos más relevantes de esta normativa:

- La ley tiene como objetivo regular y garantizar la gestión integral de los recursos hídricos en Ecuador, promoviendo el uso sostenible y equitativo del agua.
- La ley establece que el agua es un bien público y un derecho humano, y su gestión y aprovechamiento deben ser responsabilidad del Estado y de la sociedad en su conjunto.

- La ley establece un sistema de administración de recursos hídricos, que incluye la creación de autoridades de gestión de cuenca y la implementación de planes de ordenamiento y manejo de cuenca.
- La ley establece mecanismos de participación ciudadana en la gestión de recursos hídricos, a través de la creación de consejos de cuenca y la consulta previa a pueblos y nacionalidades indígenas, entre otros.
- La ley establece normas para la planificación y gestión de usos del agua, incluyendo la regulación de derechos de agua, el establecimiento de tarifas por el uso del agua y la priorización de usos de agua para consumo humano y otros usos prioritarios.
- La ley establece sanciones y medidas de reparación en caso de contaminación o daño ambiental de los recursos hídricos.
- La ley establece mecanismos de financiamiento para la gestión de recursos hídricos, incluyendo la creación de fondos de gestión de recursos hídricos y la posibilidad de establecer contraprestaciones por el uso del agua.

La gestión de las microcuencas en Ecuador se encuentra estrechamente vinculada con el marco jurídico del ordenamiento territorial, especialmente en lo que respecta a la planificación y gestión de las unidades hidrográficas. La ordenación del territorio implica una planificación integrada y sostenible del uso del suelo y de los recursos naturales, teniendo en cuenta las características específicas de cada unidad territorial. En el caso de las microcuencas, su delimitación y análisis permite conocer sus características hidrológicas y geográficas, lo que facilita la planificación y gestión de su uso y conservación.

En este sentido, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo establece el marco jurídico para la planificación territorial en el país, y promueve la coordinación entre las diferentes entidades públicas y privadas involucradas en la gestión del territorio (Asamblea Nacional, 2016). Esta ley establece la necesidad de considerar las unidades hidrográficas en la planificación territorial, con el objetivo de garantizar su conservación y uso sostenible (Asamblea Nacional, 2016).

Asimismo, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUA), que se mencionó anteriormente, también se relaciona con el ordenamiento territorial, ya que establece que la gestión integrada de los recursos hídricos debe realizarse

considerando la planificación territorial y la gestión ambiental. En resumen, el marco jurídico del ordenamiento territorial en Ecuador promueve la planificación y gestión integrada del territorio, incluyendo las unidades hidrográficas como las microcuencas, con el objetivo de garantizar su conservación y uso sostenible (Secretaría del Agua, 2014).

## 5. Metodología

### 5.1 Área de estudio

La microcuenca Chuchuchir se encuentra en la parroquia de Saraguro, en la provincia de Loja. La microcuenca constituye una importante zona de recarga hídrica, dotando de agua para actividades productivas como la producción agrícola y ganadera de las comunidades cercanas (GADMIS SARAGURO, 2016). La microcuenca Chuchuchir se caracteriza por su paisaje montañoso con bosques y zonas de páramo. Su vegetación incluye bosques de pino y eucalipto, así como cultivos de maíz, frejol, papas y otros productos agrícolas. La microcuenca es el hogar de varias especies de fauna, como aves, anfibios y reptiles (GADMIS SARAGURO, 2016).

En la microcuenca se ubican cuatro comunidades indígenas: Las lagunas, Gunudel-Gulacpamba, Ñamarín, Puente Chico y La Matara, estas se caracterizan por su organización representada por un Gobierno comunitario y sus respectivas sub organizaciones (Calderón y Quezada, 2006). El sitio más alto está aproximadamente a 3.275 msnm, mientras que el más bajo es 2 200 msnm, las coordenadas UTM son: Latitud 9 593 500 a 9 601 150 N y Longitud 693 350 a 697 550 E (Calderón y Quezada, 2006).

La microcuenca tiene un área total de 2 009 ha (Figura 1) y está conformada por una cadena montañosa con bosques y zonas de páramo en las partes más altas. El sistema hídrico de la microcuenca confluye en el río Paquishapa, que pertenece a la subcuenca del río León y este a su vez a la cuenca del río Jubones. La precipitación media anual es de 850 mm, con una temperatura que oscila entre 6 y 16 °C (Calderón y Quezada, 2006).

Para elaborar el mapa base se utilizó información cartográfica como capas vectoriales en formato shapefile (con la extensión .shp) y sistemas de información geográfica. Para la delimitación automática de la microcuenca se utilizó un SRTM de 30 m y el software GRASS GIS, este programa permitió obtener la forma de la microcuenca a partir de su desembocadura, posteriormente se transformó a .shp. Una vez obtenida la capa en formato .shp, se representó la

microcuenca en el mapa, incluyendo los elementos destacados como la ubicación espacial a nivel de provincia, cantón y parroquia en la que se encuentra y la red hídrica.

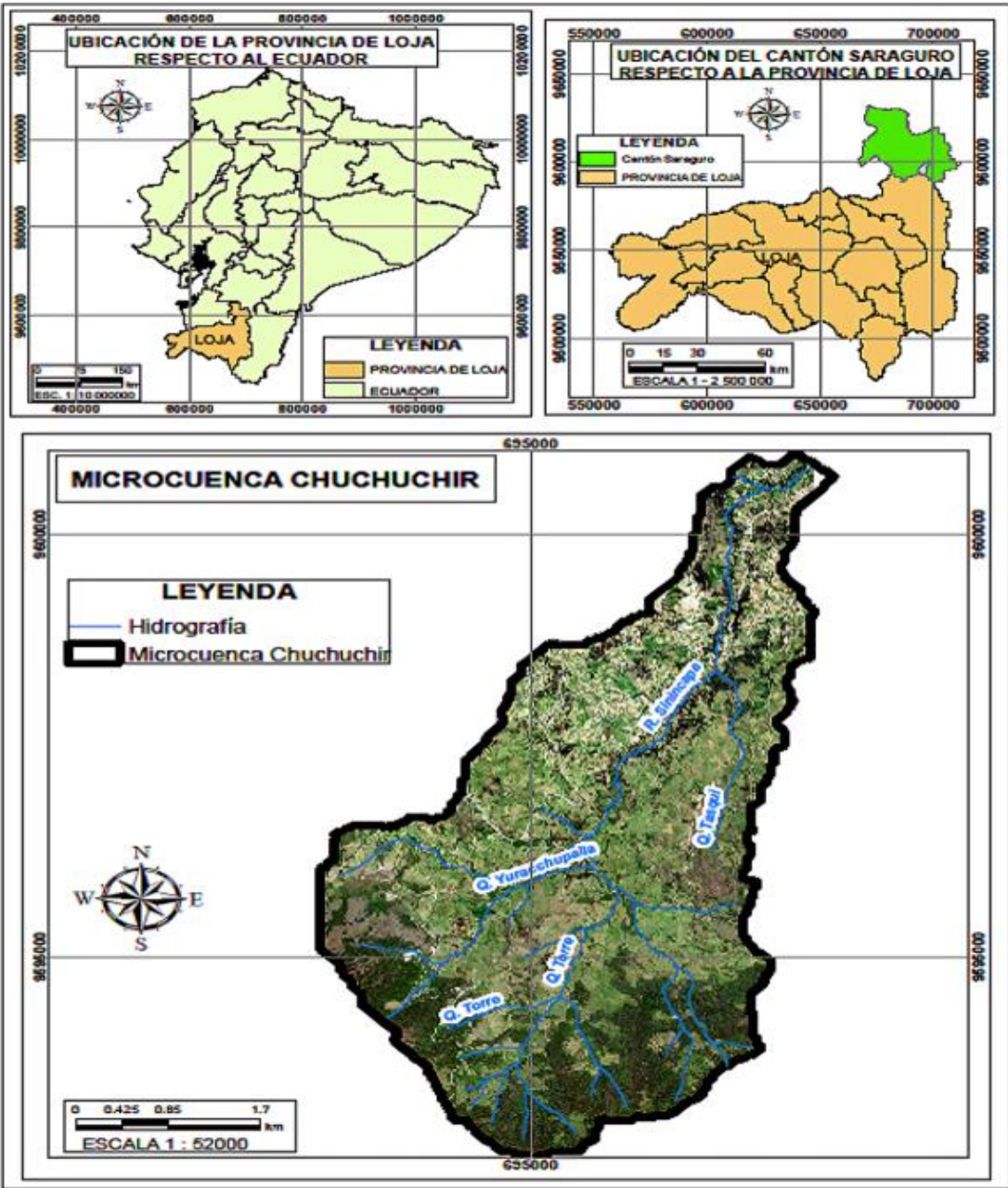


Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de estudio de la microcuenca Chuchuchir cantón Saraguro; a) ubicación provincial del sitio de estudio; b) ubicación cantonal

Fuente: Elaboración propia



## **5.2 Análisis de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ICH”**

### **5.2.1 Criterios de selección de puntos de muestreo**

La zonificación de la microcuenca se fundamentó en el criterio altitudinal, haciendo referencia a las zonas alta, media y baja de la microcuenca, según lo propone la guía de análisis y zonificación de las cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial (SUBDERE, 2013).

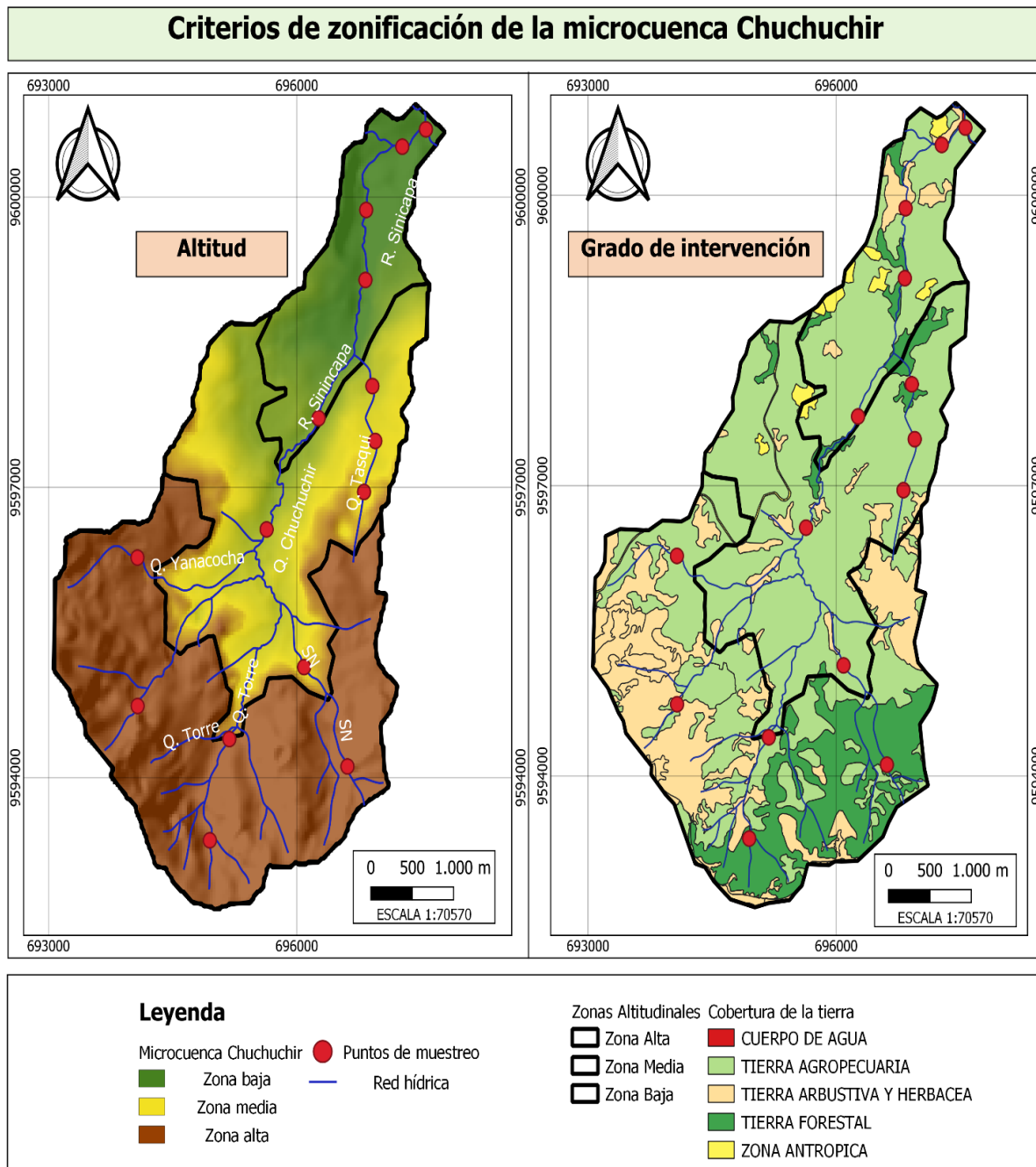
Usando el criterio de altitud y teniendo en cuenta las curvas de nivel se clasificó a la microcuenca Chuchuchir en tres zonas: zona alta que corresponde al área más elevada donde nace la microcuenca, esta zona registra altitudes desde los 2 780 hasta los 3 275 m.s.n.m y comprende una superficie de 976,63 hectáreas aproximadamente. La zona media registra altitudes que van desde los 2550 hasta los 2780 m s.n.m y comprende 731, 5 hectáreas. La zona baja de la microcuenca registra altitudes que van desde los 2199 hasta los 2550 m s.n.m y comprende un total de 354,30 hectáreas.

Adicionalmente, para complementar la zonificación de la microcuenca, se consideró tanto el tanto la cobertura vegetal y el uso del suelo, lo que permitió determinar el grado de intervención del suelo (SUBDERE, 2013). Estos criterios permitieron identificar las zonas de la microcuenca que han sufrido una mayor intervención humana y, por lo tanto, presentan una mayor vulnerabilidad ante procesos erosivos, degradación de suelos y disminución de la calidad del agua.

En ambos casos se utilizó los sistemas de información geográfica (SIG) para representar la información. En el caso de la clasificación por rangos altitudinales se utilizó la herramienta reclassify , la cual permite asignar valores de acuerdo a la altitud máxima y mínima que presenta el modelo digital de elevación (DEM) de la microcuenca, a estos datos ráster se lo transformo a polígono para obtener la delimitación de las tres zonas, finalmente se representó la información cartográfica en el mapa. Para el criterio de cobertura vegetal y uso de suelo se utilizó la información cartográfica proporcionada por Centro de Investigación Territorial (CIT) de la Universidad Nacional de Loja, la información proporcionada en capas vectoriales, se las clasificó para obtener los distintos usos de suelo y coberturas vegetales de la microcuenca.

En base a estos dos criterios se establecieron 5 puntos de muestreo en cada zona (alta, media y baja), considerando una distancia de 150 m entre cada punto (Prat et al., 2000). Los puntos de muestreo fueron ubicados de manera aleatoria mediante el software QGIS y estos

mismos criterios se utilizaron para determinar los puntos de muestreo de macroinvertebrados (Figura 2).



*Figura 2. Mapa de criterios de zonificación de la microcuenca*

**Fuente:** Elaboración propia

### 5.2.2 Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas de la microcuenca Chuchuchir

Siguiendo la metodología propuesta en el protocolo CERA-S (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015), para determinar la calidad hidromorfológica, se llevaron a cabo observaciones y valoraciones de las características relacionadas con la vegetación de ribera y el cauce de río de la microcuenca en cada uno de los puntos de muestreo. El estudio del bosque de ribera consideró un máximo de 50 metros lineales del río, debido a que en estas zonas se lleva a cabo la interacción entre ecosistemas acuáticos y terrestres. Se analizaron un total de ocho aspectos característicos de la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río (Tabla 2), los cuales están relacionados con el mantenimiento de comunidades biológicas y la calidad del agua (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015).

Tabla 2. Características consideradas para determinar la calidad hidromorfológica de la microcuenca

#### Características hidromorfológicas a evaluar

<b>A</b>	Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
<b>B</b>	Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río
<b>C</b>	Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente
<b>D</b>	Presencia de basuras y escombros
<b>E</b>	Naturalidad del canal fluvial
<b>F</b>	Composición del sustrato
<b>G</b>	Regímenes de velocidad y profundidad del río
<b>H</b>	Elementos de heterogeneidad

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Mediante una ficha de campo y observaciones personales en la zona de estudio, se llevó a cabo la valoración del grado de naturalidad o intervención de las ocho características hidromorfológica evaluadas a partir de los criterios que se muestran en el Anexo 1. En la ficha de trabajo, constan las fechas y horarios de muestreo, así como las coordenadas GPS de los puntos. Para el análisis de las ocho características hidromorfológicas, se evaluó de manera cualitativa el estado de cada variable haciendo uso de la guía de protocolo simplificado CERA-S, basada en la metodología de Acosta y sus colaboradores (2009) y estudios de Encalada y sus colaboradores (2015). Los valores predeterminados en el protocolo van en una escala del 0 al 5

(Tabla 3) para cada característica hidromorfológica considerando el grado de naturalidad o intervención.

*Tabla 3. Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas*

Valor	Estado de la variable
0	Pésimo
1	Malo
2	Regular
3	Moderado
4	Muy bueno
5	Excelente

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Para el primer parámetro se evaluó el grado de naturalidad de la vegetación de las orillas del río y áreas de inundación las cuales constituyen la vegetación de ribera, asignando valores de 0 a 5. (Acosta et al., 2009a; Encalada et al., 2015). A continuación, en la Tabla 4 se puede observar los valores asignados en cada caso.

*Tabla 4. Evaluación cualitativa de la vegetación de ribera del bosque*

Valor	A2. Vegetación de ribera del bosque
5	Si la vegetación está compuesta por árboles o bosques mixtos propios de la zona
4	Si la vegetación está compuesta por más árboles que arbustos
3	Si la vegetación está compuesta por arbustos o árboles introducidos
2	Si la vegetación solo está compuesta por árboles introducidos
1	Si la vegetación está compuesta por pastizales o cultivos
0	Si la ribera está compuesta por tierra baldía

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Para el segundo parámetro, continuidad de ribera del río se evaluó si la vegetación es continua o si presenta parches a lo largo del río (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015). En la tabla (Tabla 5) se puede observar las valoraciones de acuerdo a las características presentes.

*Tabla 5. Evaluación cualitativa de la continuidad de la ribera*

Valor	Continuidad de la ribera
5	Si la vegetación es continua sin parches de cultivos o pastizal
4	Si la vegetación presenta parches de cultivos no muy lejanos
3	Si la vegetación presenta parches de cultivos, pastizal e infraestructura

<b>2</b>	Si la vegetación está en parches muy interrumpidos por infraestructura
<b>1</b>	Si la vegetación solo está en pequeños parches alejados entre si
<b>0</b>	Si no hay presencia de vegetación a lo largo de la ribera del río

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Para el tercer parámetro se procedió a evaluar si la vegetación presente en la ribera se encuentra conectada con otros paisajes naturales o si está rodeada de cultivos, ganadería o elementos urbanos. (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015). En la Tabla 6 se puede observar las valoraciones de acuerdo a las características presentes.

*Tabla 6. Evaluación cualitativa de la conectividad de la vegetación de la ribera con otros elementos del paisaje*

<b>Valor</b>	<b>Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje</b>
<b>5</b>	Si el paisaje está compuesto de vegetación natural en más de un 75%
<b>4</b>	Si el paisaje está compuesto de vegetación en un 60%
<b>3</b>	Si el paisaje está compuesto por bosques y cultivos en menos de un 50%
<b>2</b>	Si la vegetación de ribera está próxima a elementos de urbanismo que ocupen menos del 50% del paisaje
<b>1</b>	Si los cultivos ocupan más del 50% del paisaje
<b>0</b>	Si está ocupado por agricultura o si los elementos de urbanismo ocupan más del 50%

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Para el cuarto parámetro se evaluó la presencia de basura y/o escombros en la ribera, tomando en cuenta la dificultad para limpiar o remover la basura y/o escombros de la ribera del río (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015), ver (Tabla 7).

*Tabla 7. Evaluación cualitativa de la presencia de basuras o escombros*

<b>Valor</b>	<b>Presencia de basuras o escombros</b>
<b>5</b>	Si la ribera no presenta basura ni escombros
<b>4</b>	Si la ribera presenta muy poca basura y escombros
<b>3</b>	Si la ribera presenta escasos escombros y basura de forma aislada y fácil de remover
<b>2</b>	Si la ribera cuenta con basura y escombros amontonadas en parches pequeños
<b>1</b>	Si la ribera presenta islas separadas de basuras y escombros
<b>0</b>	Si la ribera tiene presencia de basuras o escombros acumuladas en forma de botadero

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

El quinto parámetro que corresponde a la naturalidad del canal fluvial se evaluó en una escala de 0 a 5 analizando la modificación del canal del río y su forma (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015), ver (Tabla 8).

*Tabla 8. Evaluación cualitativa de la naturalidad del canal fluvial*

<b>Valor</b>	<b>Naturalidad del canal fluvial</b>
<b>5</b>	Si el río no muestra señales de que su cauce haya sido modificado, rectificado o canalizado
<b>4</b>	Si el río tiene un canal natural y pocos tramos modificados
<b>3</b>	Si las terrazas adyacentes del río han sido modificadas para hacer plantaciones
<b>2</b>	Si hay continuas modificaciones ya sea para plantaciones o cultivos
<b>1</b>	Si uno de los canales del río esta modificado por una estructura sólida
<b>0</b>	Si los dos lados del río están modificados por una estructura sólida

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

El sexto parámetro que corresponde a la composición del sustrato del río se evaluó de acuerdo a la presencia de los distintos sustratos encontrados en el lecho del río, así, para cada tipo de sustrato presente, se sumó un punto. Los principales tipos de sustrato que se tomaron en cuenta son piedras, arena, arcilla, grava y bloque.

Siguiendo la metodología de (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015). Para el séptimo parámetro se evaluó los distintos regímenes de profundidad y velocidad en el río. Para esto se usó las combinaciones planteadas en el protocolo CERA-S que consideran en cuanto a la profundidad, una zona somera aquella que tenga profundidades menores a 0,4 m y una zona profunda aquella que tenga profundidad de más de 0,5 m. En cuanto a la velocidad, se considera zona rápida aquella por donde el agua corre de forma aparente, es decir que si colocamos un objeto liviano este deberá recorrer por lo menos 30 cm en un segundo, si el objeto se demora más del tiempo determinado, se considera una zona lenta (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015). Para medir el caudal del río se utilizó el método propuesto en el protocolo CERAS, para ello, se utilizó un flexómetro, un cronómetro y un objeto liviano flotante (rama). El análisis de este parámetro respondió a que, si en la zona de estudio se encuentran presente los cuatro regímenes de velocidades y profundidades del río (Tabla 9), se asigna un valor de 1 adicional a la suma.

Tabla 9 Evaluación cualitativa de los regímenes y profundidad del río

Regímenes profundidad	Presente	Ausente
Rápido-somero	1	0
Rápido-profundo	1	0
Lento-somero	1	0
Lento-profundo	1	0

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

Finalmente, para el octavo parámetro, se evaluó los elementos heterogéneos que favorecen el aumento de biodiversidad de organismos acuáticos como hojarasca, troncos, ramas, diques naturales, raíces sumergidas, vegetación sumergida como musgos, plantas y algas. La presencia de cada una de ellas sumó un punto (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015).

### 5.2.3 Índice de calidad hidromorfológica

Para determinar la calidad hidromorfológica de la microcuenca se sumó las valoraciones de las 8 características de vegetación de ribera y canal fluvial analizadas anteriormente. La escala que se utilizó para determinar el índice (ICH) va desde 0 a 35 (Tabla 10), si el valor pasa los 35 nos indica que la calidad hidromorfológica es excelente (Acosta et al., 2009; Encalada et al., 2015).

Tabla 10. Índice ICH Escala de la evaluación cualitativa de la calidad hidromorfológica

Calidad hidromorfológica	Escala
Pésima	0-10
Mala	10-20
Moderada	20-28
Buena	28-35
Excelente	>35

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

### **5.3 Análisis del estado de la calidad biológica del agua de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ABI”**

Para determinar la calidad biológica del agua, se llevó a cabo el muestreo de comunidades de macroinvertebrados en los puntos establecidos (Figura 2). El muestreo, se realizó en las tres zonas de la microcuenca: alta, media y baja, siguiendo los criterios de zonificación. Los puntos de muestreo coincidieron con los utilizados para evaluar la calidad hidromorfológica.

#### **5.3.1 Muestreo e identificación de las familias de macroinvertebrados**

Para el muestreo de macroinvertebrados se tomaron muestras compuestas, es decir que, en cada punto se seleccionaron tres zonas concretas denominadas réplicas, así, se inició por la zona que se encuentra aguas abajo y se terminó con la zona que se encuentra aguas arriba, con la finalidad de minimizar la alteración que puedan afectar a los puntos de muestreo posteriores. Para determinar la distancia entre estas réplicas se consideró un radio de 50 metros.

Para la captura de los macroinvertebrados se utilizó una red de Patada de 1 m<sup>2</sup> con una malla de 0,25 mm.. Para seleccionar el sitio para tomar la muestra, se aplicó el criterio multihábitat, siguiendo el Manual de Monitoreo de Macroinvertebrados propuesto por Carrera y Fierro(2018), donde se consideraron diversos sustratos para el muestreo, como piedras, hojarasca, orilla del río, vegetación acuática y sumergida (Biljana y Vidinova, 2020). Además, se tuvieron en cuenta diversas características del río, como su inclinación, caudal, tipo de sustrato, vegetación ribereña, ancho, altitud, uso del suelo en los alrededores y fuentes puntuales de contaminación (Carrera y Fierro, 2018).

Después de la colecta, la muestra se depositó en una bandeja y se manipuló delicadamente con pinzas entomológicas, en algunos casos, se utilizó un tamiz para filtrar los sedimentos. Posterior la muestra fue depositada en frascos de vidrio para la trasladarlos a laboratorio, con fines de conservación de las muestras se utilizó alcohol al 80%, (Calderón y Quezada, 2006). Para etiquetar los frascos se consideró la fecha de recolección (día, mes y año), punto de muestreo, hora de muestreo, coordenadas GPS y sustrato en el que se recolectó la muestra (Carrera y Fierro, 2018).



A nivel de laboratorio, se separaron los individuos de macroinvertebrados recolectados, se consideró características similares observadas a simple vista. Para la identificación, se utilizó un estereoscopio marca OLYMPUS modelo SZ51.

Para la identificación taxonómica a nivel de familia, se utilizó varias guías con claves taxonómicas propuestas por (Roldán, 2016). Finalmente se elaboró una curva de acumulación de taxones para determinar la eficiencia del muestreo realizado (Gamarra et al., 2018).

### 5.3.2 Determinación del índice Biótico Andino (ABI)

De acuerdo a Encalada y colaboradores (2015), el Índice Biótico Andino (ABI), evalúa la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos andinos. Para asignar el valor ABI se utiliza una escala del 1 al 10 de acuerdo al nivel de tolerancia o sensibilidad a la contaminación de cada familia registrada en el muestreo (Tabla 11).

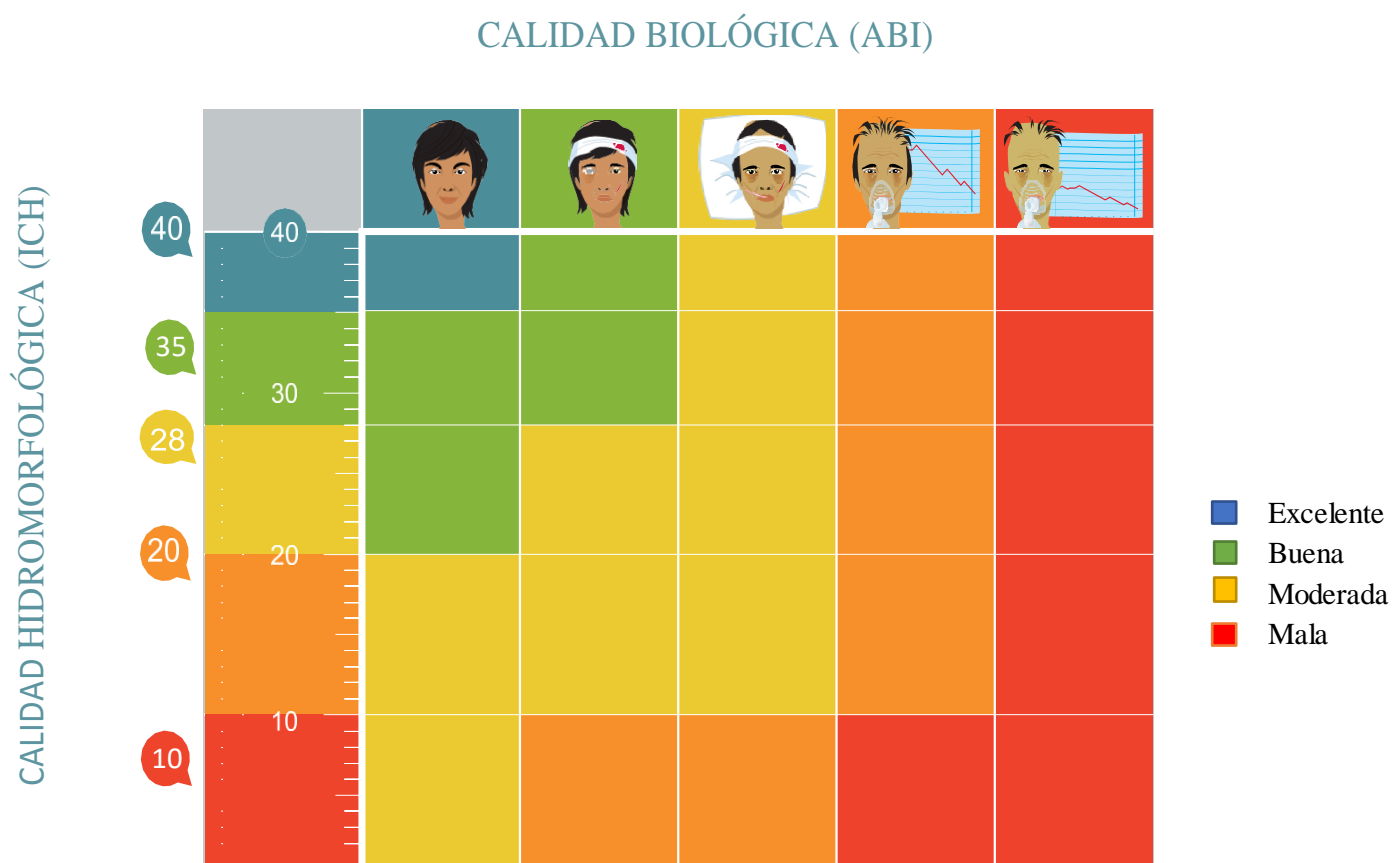
Tabla 11. Índice ABI, evaluación cualitativa de la calidad biológica del agua

ABI	Calidad del agua
>96	Excelente
56-96	Buena
35-58	Moderada
<35	Mala
Sin vida	Pésima

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

#### 5.4 Evaluación de la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir mediante la aplicación del protocolo CERA-S

Para la evaluación de la calidad ecológica de la microcuenca (Figura 3), combinamos los resultados de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica del agua ABI según la metodología propuesta por Encalada y colaboradores (2015). Si el resultado de la combinación corresponde al color azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente, si es verde la calidad ecológica es buena, si es amarilla moderada, si es naranja es mala y por último si es roja es pésima. En la tabla 12 se puede identificar los aspectos influyen en la evaluación de la calidad ecológica, (Acosta et al., 2009) citado por (Encalada et al., 2015).



*Figura 3. Matriz de evaluación ecológica de la microcuenca*

**Fuente:** Obtenido del protocolo CERA-S (Encalada et al., 2015).

## **5.5 Medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir a partir de la identificación de los factores que alteran la calidad ecológica.**

Para proponer medidas de manejo y conservación adecuadas para la microcuenca de estudio se consideró los componentes principales de la microcuenca, que son: social, económico, político-institucional y ambiental. Se desarrolló una propuesta en dos fases para el manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir, la cual integra el análisis de la calidad hidromorfológica y biológica del agua evaluada en los objetivos previos. En la primera fase, se identificó los aspectos más importantes que influyen en la calidad ecológica de la microcuenca, tanto positivos como negativos, generando una matriz que incluyó la información obtenida de la estructura de la vegetación ribereña y el canal fluvial, así como de la calidad del agua aplicando el estudio de macroinvertebrados (SENA, 1999).

En la segunda fase, se realizó una búsqueda bibliográfica de experiencias de manejo en entornos naturales y sociales similares a la microcuenca Chuchuchir. Se extrajeron los aspectos más relevantes y se adaptaron a la zona de estudio. Para ello, se revisaron diversas fuentes de información relacionadas con la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, la reforestación de áreas degradadas, la promoción del turismo sostenible, la participación comunitaria, el análisis y monitoreo del agua y el uso adecuado del suelo (SENA, 1999).

## **6. Resultados**

### **6.1 Análisis de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice “ICH”**

El análisis de los datos en la zona alta de la microcuenca (Tabla 12) determinó una calidad hidromorfológica excelente, mientras que en la zona media y baja la calidad hidromorfológica fue disminuyendo de buena a moderada, esto debido a los procesos de intervención y degradación. A continuación, se presentan los resultados de las valoraciones obtenidas en cada punto de muestreo.

Tabla 12. Resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice ICH

	Quebrada	Puntos de muestreo	Índice ICH	Valoración
<b>Zona alta de la microcuenca Chuchuchir</b>	Torre	P1	39	Excelente
	Torre	P2	37	Excelente
	Yurachupalla	P3	38	Excelente
	Yanacocha	P4	37	Excelente
	SN	P5	36	Excelente
<b>Zona media de la microcuenca Chuchuchir</b>	SN	P1	35	Excelente
	Chuchuchir	P2	32	Buena
	Tasqui	P3	27	Moderada
	Tasqui	P4	27	Moderada
	Tasqui	P5	24	Moderada
<b>Zona baja de la microcuenca Chuchuchir</b>	Sinicapac	P1	32	Buena
	Sinicapac	P2	26	Moderada
	Sinicapac	P3	24	Moderada
	Sinicapac	P4	24	Moderada
	Sinicapac	P5	25	Moderada
<b>Calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir</b>			31	Buena

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.1 Evaluación cualitativa de las características hidromorfológicas de la microcuenca Chuchuchir

- **Zona alta de la microcuenca**

En los puntos de muestreo 1 y 2, ubicados en la quebrada Torre, se observó que las zonas de ribera conservan una vegetación predominante de bosque montano natural con especies nativas como *Alnus acumiata* (Alisos), *Eugenia sp.* (Eugenias) y *Myrcianthes sp.* (Mirциantes). La vegetación en ambos tramos evaluados se presentó continua, sin interrupciones por pastizales o cultivos. Además, se destacó la conexión de la ribera con otros elementos de paisaje adyacente, con más del 75% del entorno compuesto por bosque nativo (Anexo 4).

En cuanto, a infraestructura, no se encontró elementos urbanos, tampoco basura y escombros en ninguno de los dos puntos de muestreo. El cauce principal de la quebrada no presentó modificaciones ni estructuras sólidas, en términos de composición del sustrato, el río estaba

conformado por piedras, cantos, grava, arcilla y lodo. Se identificaron tres tipos de regímenes de velocidad y profundidad del río, rápido-somero, rápido profundo y lento profundo.

Finalmente, entre los principales elementos de heterogeneidad se encontraron: troncos, ramas, raíces sumergidas, hojarasca, diques naturales y vegetación acuática como musgos y algas. Al considerar la evaluación de las ocho características hidromorfológicas, se obtuvieron valores ICH de 39 y 37 en los puntos 1 y 2 respectivamente. Es decir, que de acuerdo a los valores establecidos en el protocolo CERA-S los tramos evaluados en la quebrada Torre presentaron una calidad hidromorfológica excelente (Tabla 13).

El punto 3 de muestreo se ubicó en la quebrada Yurachupalla, presentó una vegetación ribereña compuesta por bosque montano natural, se observó que la vegetación de la ribera es continua, sin parches de pastizales o cultivos. En cuanto a la conectividad de la ribera con elementos del paisaje adyacente, se observó que está compuesto por vegetación natural y pastizales, así mismo no se encontró basuras ni escombros en el tramo observado (Anexo 5).

Este punto presentó naturalidad del cauce sin modificaciones ni presencia de estructuras sólidas, entre los principales sustratos que se encontraron fueron piedra, canto, lodo, arena y arcilla. Respecto a los regímenes de profundidad y velocidad de río se encontraron 3 tipos rápido-somero, rápido-profundo y lento-profundo, aquí también se encontraron elementos de heterogeneidad como hojarasca, raíces sumergidas, diques naturales, plantas acuáticas, ramas y troncos. La suma de los valores de las ocho características hidromorfológicas resultó un valor ICH de 38, lo cual indica una excelente calidad (Tabla 13).

El punto 4 se ubicó en la quebrada Yanacocha, aquí se determinó que la naturalidad de la vegetación de ribera es excelente debido a que está compuesto de bosque montano natural con presencia de árboles propios de la zona, además se observó que presenta una ribera continua con pocos parches de pastizal, también se evaluó como muy buena la conectividad de la ribera con elementos del paisaje, el cual está compuesto en más de un 60% de vegetación natural. En este sitio no se observó basura ni escombros, así mismo el río no presenta modificaciones del cauce ni estructuras sólidas. Entre los principales sustratos presentes se encontró rocas, lodo, grava, arcilla y arena. También se encontró 3 tipos de regímenes de velocidad y profundidad del río rápido-somero, rápido-profundo y lento-profundo, el último parámetro evaluado fue elementos de heterogeneidad aquí se encontró troncos y ramas, raíces sumergidas, diques naturales y plantas acuáticas. Después de haber valorado las ocho características hidromorfológicas se

determinó que en este punto la calidad hidromorfológica es excelente presentando un valor ICH de 37 (Tabla 13).

El punto 5 se ubicó en la quebrada SN (sin nombre), en este sitio se observó que la vegetación de la ribera está compuesta en mayor parte por arbustos y árboles introducidos como pinos y eucaliptos, la vegetación de ribera es continua sin parches de pastizales o cultivos. En cuanto a la evaluación la conectividad de la ribera con elementos del paisaje se observó que el paisaje está compuesto por vegetación natural y pastizales.

En este punto no se encontró basura ni escombros, además el río presentó naturalidad en el cauce sin modificaciones ni presencia de estructuras sólidas. Entre los principales sustratos que se encontraron fueron piedra, canto, lodo, arena y arcilla. Respecto a los regímenes de profundidad y velocidad de río en ambos puntos se encontraron 3 tipos rápido-somero, rápido-profundo y lento-profundo, aquí también se encontraron elementos de heterogeneidad como hojarasca, raíces sumergidas, diques naturales, plantas acuáticas, ramas y troncos. Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 36 lo cual corresponde a una excelente calidad (Tabla 13).

*Tabla 13. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos establecidos en la zona alta de la microcuenca*

<i>Características hidromorfológicas de la zona alta de la microcuenca</i>		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<i>A</i>	Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	5	5	5	5	3
<i>B</i>	Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río	5	5	5	5	5
<i>C</i>	Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente o próximo	4	4	4	4	4
<i>D</i>	Presencia de basuras y escombros	5	5	5	5	5
<i>E</i>	Naturalidad del canal fluvial	5	5	5	5	5
<i>F</i>	Composición del sustrato	6	5	6	5	5
<i>G</i>	Regímenes de velocidad y profundidad del río	3	3	3	3	3
<i>H</i>	Elementos de heterogeneidad	6	5	5	5	6
<b>ÍNDICE ICH</b>		<b>39</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>36</b>

**Fuente:** Elaboración propia

- **Zona media de la microcuenca**

A continuación, se describe la evaluación de la calidad hidromorfológica obtenida en los cinco puntos de muestreo ubicados en la zona media de la microcuenca, estos se distribuyeron en 3 quebradas SN (sin nombre), Chuchuchir y Tasqui.

El primer punto de muestreo en la zona media se ubicó en la quebrada SN (sin nombre). En este sitio, se pudo observar una vegetación de ribera natural continua, compuesta por árboles y arbustos característicos de la zona. El paisaje adyacente está compuesto en más del 60% por especies nativas, y no se encontró presencia de basura o escombros.

En cuanto a la naturalidad del canal fluvial, se constató que el río no presenta tramos modificados ni estructuras urbanas. Los principales sustratos encontrados fueron arena, arcilla, lodo y piedra. Se identificaron dos regímenes de velocidad y profundidad del río: rápido-profundo y rápido-somero. Entre los elementos de heterogeneidad más destacados se encontraron troncos, ramas, raíces sumergidas y plantas acuáticas. Al considerar la evaluación de las ocho características hidromorfológicas, se obtuvo un valor ICH (Índice de Calidad Hidromorfológica) de 35, lo cual indica una excelente calidad de acuerdo con los estándares establecidos.

El punto de muestreo 2, se ubicó en la quebrada Chuchuchir, aquí se observó una vegetación ribereña compuesta de arbustos y árboles introducidos con pocos parches de pastizal, así mismo el paisaje estaba compuesto mayormente por plantaciones de pino y eucalipto (Anexo 6), en cuanto a la conectividad de la ribera con el paisaje adyacente se observó pocas viviendas alejadas entre sí. También se observó poca basura en el sitio y algunas modificaciones del cauce del río con terrazas para cultivos, entre los principales sustratos que se observaron fueron arena, arcilla, lodo y piedra. Se encontraron 3 tipos de regímenes de velocidad y profundidad del río rápido-profundo, rápido-somero y lento profundo. Dentro de los elementos de heterogeneidad se encontró troncos y ramas, raíces sumergidas, diques naturales y plantas acuáticas (Tabla 14). Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor de ICH de 32 lo cual corresponde a una buena calidad.

Los puntos 3 y 4, se ubicaron en la quebrada Tasqui, ambos puntos presentaron características similares, se observó que la estructura de vegetación de ribera estaba compuesta mayormente por arbustos y árboles introducidos como pinos y eucaliptos, además se determinó que las riberas en estos tramos no eran continuas, presentándose parches de cultivos y pastizales

a lo largo de la quebrada. Además, se observó que la vegetación ribereña presentaba una conectividad con elementos del paisaje adyacente que consistía en más del 60% de pastizales y cultivos. También se encontró una presencia limitada de basura, la cual era fácilmente removible, y se identificaron modificaciones en el cauce natural del río. En la quebrada, se registró un caudal muy bajo debido a la influencia de un canal utilizado para riego.

En ambos puntos de muestreo, el sustrato estaba compuesto por arena, lodo y arcilla. Se determinó la existencia de dos regímenes de velocidad y profundidad del río: lento-profundo y lento-somero. Dentro de los elementos de heterogeneidad se encontraron troncos, raíces sumergidas y plantas acuáticas. Considerando la evaluación de las ocho características hidromorfológicas, se obtuvo un valor de ICH de 27 en ambos puntos. Esto indica una calidad moderada de acuerdo con los estándares establecidos en el protocolo CERA-S.

El punto 5 de la zona media, se ubicó también en la quebrada Tasqui, en este sitio se observó que la vegetación ribereña estaba compuesta en su mayoría por pinos y eucaliptos, en cuanto a la continuidad de la vegetación ribereña, se observó que existen parches de pastizales en algunos tramos de la quebrada, de igual manera se observó más del 60 % del paisaje adyacente a la ribera estaba compuesto por pastizales (Anexo 7). Se encontró basura fácilmente removible, las modificaciones del canal fluvial estaban dadas por la incidencia de las terrazas para sembríos de pasto. El sustrato estaba compuesto por arena, lodo y arcilla. Se determinó que en este tramo existen dos regímenes de velocidad y profundidad del río que corresponden a lento-profundo y lento-somero, además se observó muy poco caudal, gran parte del agua de esta quebrada se desvía para abastecer el canal de riego (Anexo 8). Finalmente se encontró dentro de los elementos de heterogeneidad troncos, raíces sumergidas y plantas acuáticas presentes (Tabla 14). Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 24 lo cual corresponde a una moderada calidad.



Tabla 14. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo establecidos en la zona media de la microcuenca

Características hidromorfológicas de la zona media de la Microcuenca		P1	P2	P3	P4	P5
<b>A</b>	Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	5	3	3	3	3
<b>B</b>	Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río	5	4	4	4	3
<b>C</b>	Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente o próximo	4	3	3	3	3
<b>D</b>	Presencia de basuras y escombros	5	5	5	5	4
<b>E</b>	Naturalidad del canal fluvial	5	4	4	4	3
<b>F</b>	Composición del sustrato	4	4	3	3	3
<b>G</b>	Regímenes de velocidad y profundidad del río	2	3	2	2	2
<b>H</b>	Elementos de heterogeneidad	5	6	3	3	3
<b>ÍNDICE ICH</b>		<b>35</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>24</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Zona baja de la microcuenca**

A continuación, se describe la evaluación de la calidad hidromorfológica obtenida en los cinco puntos de muestreo ubicados en la zona baja de la microcuenca, estos se distribuyeron en el río Sinicapac.

El primer punto de muestreo en la zona baja se ubicó en el río Sinicapac (Anexo 9), el cual presentó una vegetación ribereña compuesta por arbustos y plantas introducidas como pino y eucalipto, en este tramo la vegetación de ribera no era continua, se observó grandes parches de pastizales a lo largo del tramo evaluado, el paisaje adyacente estaba compuesto en un 60% por vegetación natural, también se pudo observar poca presencia de basura y pocos tramos del río modificados por terrazas para cultivos. En cuanto a la composición del sustrato se encontró arena, arcilla, lodo y piedra. Se encontraron 2 tipos de regímenes de velocidad y profundidad del río rápido-somero y lento profundo y dentro de los elementos de heterogeneidad se encontraron troncos y ramas, raíces sumergidas, diques naturales y plantas acuáticas. Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 32 lo cual corresponde a una buena calidad.

El punto 2, se ubicó en el río Sinicapac (Figura 1), en este sitio se observó que la vegetación de ribera estaba compuesta por matorrales, pastizales y árboles introducidos, en este punto no hay continuidad de la ribera presentándose parches de vegetación interrumpidos por cultivos y pastizales. En cuanto a la conectividad de la ribera con el paisaje adyacente, se observó que el paisaje próximo a la zona de ribera está compuesto por una combinación de bosques con cultivos cuya superficie es inferior al 50 %. En este sitio se encontró poca basura fácil de remover, también se observó las terrazas adyacentes al río han sido modificadas para hacer plantaciones o para sembrar pasto para ganado. Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 26 lo cual corresponde a una moderada calidad.

En los puntos de muestreo 3 y 4 de la zona baja, ubicados en el río Sinicapac se observaron características similares. En mayor parte, la vegetación ribereña estaba compuesta por arbustos, pastizales y árboles introducidos, así mismo la ribera no presentó continuidad en estos sitios, debido a la presencia de manchas de pastizales y algunos elementos de urbanismo (Anexo 10), además se observó modificaciones por terrazas para pastizales y cultivos, respecto a la composición del sustrato se encontró en todos los puntos arena, arcilla, lodo y piedra. En cuanto a los regímenes de velocidad y profundidad del río, se determinó dos tipos, lento-somero y lento -profundo, y dentro de los elementos de heterogeneidad se encontró troncos y ramas, raíces sumergidas, diques naturales y plantas acuáticas (Tabla 15). Considerando la suma de las valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 24 en ambos puntos lo cual corresponde a una moderada calidad.

En el punto 5 de la zona baja de la microcuenca, ubicado en el río Sinicapac se observó que la vegetación ribereña está conformada en mayor parte por pastizales y árboles introducidos, la ribera no presentó continuidad ya que se encuentra interrumpida por pastizales, cultivos y algunos elementos urbanos como viviendas y muros. Por otro lado, se encontró basura a lo largo de la quebrada. Se encontró un tramo del río modificado por una estructura sólida, respecto a la composición del sustrato se encontró en todos los puntos arena, arcilla, lodo y piedra. En cuanto a los regímenes de velocidad y profundidad del río se determinó dos tipos, lento-somero y lento -profundo, finalmente dentro de los elementos de heterogeneidad se encontró troncos y ramas, raíces sumergidas, diques naturales y plantas acuáticas (Tabla 15). Considerando la suma de las

valoraciones de las ocho características hidromorfológicas se obtuvo un valor ICH de 25 lo cual corresponde a una moderada calidad.

*Tabla 15. Evaluación de la calidad hidromorfológica en los puntos de muestreo establecidos en la zona baja de la microcuenca*

<b>Características hidromorfológicas de la zona baja de la Microcuenca</b>		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>A</b>	Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	3	2	2	3	3
<b>B</b>	Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río	4	3	3	4	4
<b>C</b>	Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente o próximo	4	3	3	2	2
<b>D</b>	Presencia de basuras y escombros	4	4	4	4	4
<b>E</b>	Naturalidad del canal fluvial	4	3	3	3	3
<b>F</b>	Composición del sustrato	5	4	4	3	3
<b>G</b>	Regímenes de velocidad y profundidad del río	2	3	2	2	2
<b>H</b>	Elementos de heterogeneidad	6	4	3	3	4
<b>ÍNDICE ICH</b>		<b>32</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>25</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### **6.1.2 Índice de calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir (ICH)**

Según el análisis de los resultados, el valor promedio del índice de calidad hidromorfológica de la microcuenca Chuchuchir fue de 31 lo que corresponde a una calidad hidromorfológica buena. En general, se determinó que la zona alta tiene una mejor estructura de naturalidad en las características evaluadas. Por otro lado, la zona media cuenta con una degradación de la vegetación donde predominan los cultivos y pastizales para ganadería. La zona baja se encuentra intervenida por asentamientos humanos y actividades antrópicas lo cual generó la valoración de calidad hidromorfológica moderada.

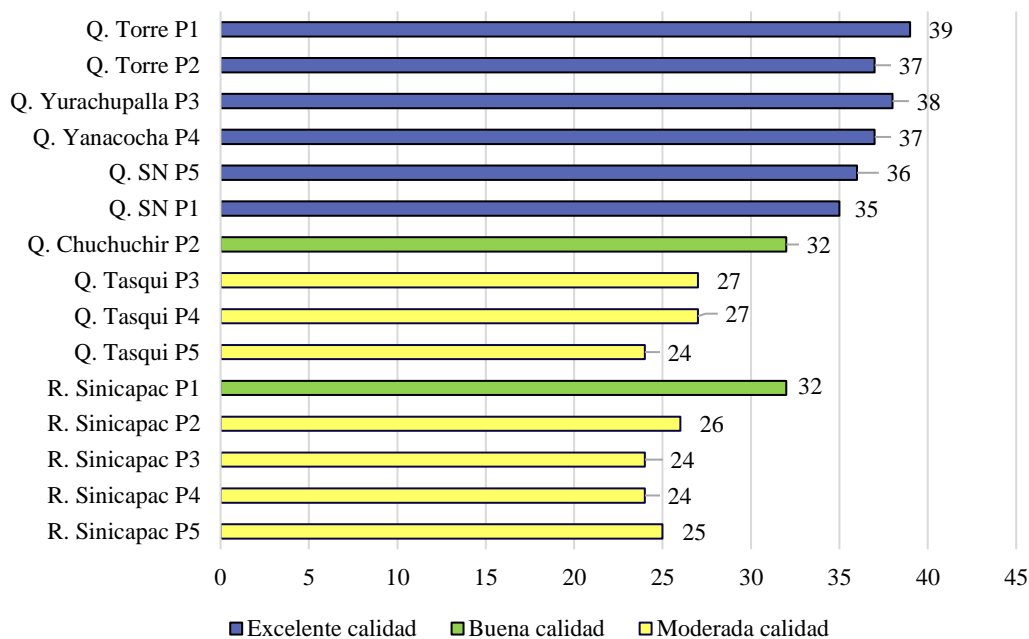
Una vez evaluados las características hidromorfológicas de vegetación ribereña y canal fluvial del río en las tres zonas se obtuvo los siguientes resultados (Figura 4). Los 5 puntos con mayor valor de índice están ubicados en la zona alta de la microcuenca, esta zona se encuentra conservada con presencia de vegetación ribereña nativa, la estructura del paisaje y continuidad

de ribera se encuentran en un estado excelente, no se observó presencia de basura ni elementos urbanísticos, por lo cual se pudo determinar en base a la evaluación de las características de vegetación ribereña y canal fluvial que esta zona posee una excelente calidad hidromorfológica. En el punto 1 de muestreo de la zona alta obtuvo un valor ICH de 39, el punto 2 obtuvo un valor de ICH de 37, el punto 3 obtuvo un valor ICH de 38, el punto 4 obtuvo un valor ICH de 37 y el punto 5 obtuvo un valor ICH de 35, todos estos valores corresponden a una valoración excelente de la calidad hidromorfológica. En estos puntos se determinó que, la microcuenca presenta condiciones de conservación con presencia de vegetación nativa sin la presencia de actividades antrópicas cerca de la quebrada.

En los 5 puntos ubicados en la zona media de la microcuenca por el contrario, se encontró que el grado de naturalidad de la vegetación disminuye en algunos puntos, se pudo observar remanentes boscosos compuestos por arbustos y plantaciones de especies introducidas como el pino y el eucalipto, adicionalmente se observaron viviendas y actividades antrópicas como la agricultura y ganadería que contribuyen en parte a la degradación del medio natural de la microcuenca por lo que el valor de índice hidromorfológico obtuvo valores entre 24 a 35 que corresponden a moderado y excelente respectivamente. En el punto 1, se obtuvo un valor ICH de 35 lo cual corresponde a una calidad hidromorfológica excelente, el punto 2 se obtuvo un valor ICH de 32 lo cual corresponde a una buena calidad hidromorfológica. Los puntos 3 y 4, obtuvieron valores ICH de 27 lo que corresponde a una moderada calidad hidromorfológica. Finalmente, en el punto 4 se determinó un valor ICH de 24 que corresponde también a una moderada calidad hidromorfológica.

Para la zona baja de la microcuenca, se obtuvieron valores de Índice de Calidad Hidromorfológica (ICH) que oscilaron entre 25 y 32, lo cual indica que la calidad hidromorfológica en los 5 puntos evaluados va desde moderada hasta buena. En el caso del río Sinicapac, se encontró una valoración moderada de la calidad hidromorfológica, debido a la presencia de pastizales y árboles introducidos en la vegetación ribereña, así como a la presencia de basura e infraestructuras como viviendas y muros que contribuyen a la degradación de la naturalidad del cauce y la vegetación.

## Índice de calidad hidromorfológica ICH



*Figura 4. Evaluación de la calidad hidromorfológica en la microcuenca Chuchuchir*

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2 Determinación del estado de la calidad biológica de la microcuenca Chuchuchir mediante el índice ABI

Una vez analizados los resultados se determinó que, la calidad biológica de agua en la microcuenca Chuchuchir es moderada con una valor ABI ponderado de 53 (Tabla 16). La zona alta de la microcuenca obtuvo valoraciones ABI de 64 a 123 lo cual indica una buena y excelente calidad del agua respectivamente, la zona media de la microcuenca obtuvo valoraciones desde 14 hasta 66, los valores más bajos presentados lo mismos que indican una mala calidad del agua, mientras que en la zona baja se determinó que en la mayoría de los puntos la calidad del agua es mala.

Tabla 16. Calidad biológica del agua

	Quebrada	Punto de muestreo	Índice ABI	Valoración
<i>Zona alta de la microcuenca Chuchuchir</i>	Torre	P1	123	Excelente
	Torre	P2	99	Excelente
	Yurachupalla	P3	74	Buena
	Yanacocha	P4	110	Excelente
	SN	P5	64	Buena
<i>Zona media de la microcuenca Chuchuchir</i>	SN	P1	61	Buena
	Chuchuchir	P2	66	Buena
	Tasqui	P3	20	Mala
	Tasqui	P4	19	Mala
	Tasqui	P5	14	Mala
<i>Zona baja de la microcuenca Chuchuchir</i>	Sinicapac	P1	65	Buena
	Sinicapac	P2	24	Mala
	Sinicapac	P3	34	Buena
	Sinicapac	P4	14	Mala
	Sinicapac	P5	7	Mala
<i>Calidad biológica del agua de la microcuenca Chuchuchir</i>			53	Moderada

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Taxonomía de macroinvertebrados

El análisis taxonómico de macroinvertebrados reveló que la presencia o ausencia de estos organismos varía en función del estado de conservación de las zonas de la microcuenca estudiadas (Tabla 17). Los resultados indican que los cinco puntos de muestreo ubicados en la zona alta de la microcuenca presentaron una mayor diversidad de familias de macroinvertebrados. En contraste, se observó una disminución en la cantidad de familias encontradas en la parte media y baja de la microcuenca. A continuación, se proporcionan los datos de las familias de macroinvertebrados recolectados en los puntos de muestreo ubicados en las tres zonas de la microcuenca.

Tabla 17. Familias de macroinvertebrados encontradas en la microcuena Chuchuchir

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ZONA ALTA					ZONA MEDIA					ZONA BAJA						
			P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5		
<i>Bivalvia</i>	<i>Veneroidea</i>	<i>Sphaeriidae</i>						X											
<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	X	X	X	X		X			X	X	X				X		
<i>Hirudinea</i>														X					
<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Athericidae</i>					X	X											
		<i>Elmidae</i>	X	X	X	X			X	X									
		<i>Psephenidae</i>	X			X													
		<i>Ptilodactylidae</i>	X	X	X	X	X	X											
		<i>Scirtidae</i>	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X				
		<i>Staphylinidae</i>							X				X		X				
	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>		X															
		<i>Chironomidae</i>			X												X	X	
		<i>Culicidae</i>			X														
		<i>Dolichopodidae</i>	X					X	X	X				X		X			
		<i>Empididae</i>	X	X		X						X		X	X				
		<i>Gyrinidae</i>	X	X	X	X													
		<i>Limoniidae</i>	X						X					X					
		<i>Simuliidae</i>		X				X	X	X				X					
		<i>Syrphidae</i>		X					X	X				X					X
		<i>Tabanidae</i>	X		X	X			X		X		X		X				
		<i>Tipulidae</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Leptophlebiidae</i>	X	X		X													
		<i>Leptohyphidae</i>	X	X	X	X	X												
		<i>Oligoneuriidae</i>	X			X													
	<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	X			X													
		<i>Hydrobiosidae</i>		X					X				X						
		<i>Hydropsychidae</i>												X	X				
		<i>Leptoceridae</i>		X															
		<i>Philopotamidae</i>	X		X	X													
		<i>Polycentropodidae</i>			X				X				X						
<i>Xiphocentronidae</i>		X	X		X	X	X	X											
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>					X	X												
<i>Hemiptera</i>	<i>Vellidae</i>			X															
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			X							
	<i>Lepidoptera</i> sp													X					

<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	X	X		X											
<i>Turbellaria</i>	<i>Tricladida</i>	<i>Planariidae</i>	X														
<i>Ostracoda</i>												X	X				

**Fuente:** Elaboración propia

- **Zona alta de la microcuenca**

Los resultados de la identificación de familias en el punto de muestreo 1 ubicado en la Quebrada Torre, zona alta de la microcuenca, presentó la mayor cantidad de familias registradas obteniendo una valoración excelente de la calidad biológica del agua. En este punto se capturó un total de 21 familias y 90 individuos, las familias que registraron mayor número de individuos resultaron ser bioindicadoras de la buena calidad del agua como las familias *Perlidae*, *Leptophlebiidae*, *Baetidae* y *Xiphocentronidae*. Según el índice ABI estas obtuvieron valoraciones de entre 8 y 10. Las familias con menor número de individuos fueron *Tipulidae*, *Scirtidae*, *Oligoneuriidae*, *Tabanidae*, *Limoniidae*, *Ptilodactylidae*, *Planariidae*, *Dolichopodidae* y *Calamoceratidae*. En la (Tabla 18) se puede observar detalladamente las claves taxonomicas de las familias encontradas, así como también su valoración de acuerdo al índice ABI.

Tabla 18. Punto 1 de la Quebrada Torre

PUNTO 1 QUEBRADA TORRE					
INDIVIDUOS POR FAMILIA	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
6	<i>Arthropoda</i>	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	3
4	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Dolichopodidae</i>	4
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>	4
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	4
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5
13	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4



1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
6	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10
23	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10
2	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Tritogeniidae	1
10	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
3	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	8
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
1	Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	5
				<b>VALOR ABI</b>	<b>123</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 2, se encontró un total de 18 familias y 97 individuos, entre las familias más abundantes se encontró a *Leptophlebiidae*, *Perlidae*, *Xiphocentronidae* con valoraciones ABI de 8 a 10, otras de las familias más abundantes encontradas fueron: *Elmidae*, *Scirtidae* y *Hyalidae* con valoraciones ABI de 5 y 6 respectivamente, mientras que entre las familias con menor número de individuos se encontró *Ceratopogonidae*, *Simuliidae*, *Ptilodactylidae*, *Gyniridae* y *Syrphidae*. En la Tabla 19 se puede observar la taxonomía de cada una de las familias encontradas, así como las valoraciones correspondientes al índice ABI de cada familia.

Tabla 19. Punto 2 de la Quebrada Torre

**PUNTO 2 QUEBRADA TORRE**

INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
7	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Tritogeniidae	1
6	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	6
14	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
16	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	3
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4
2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Empididae	4
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1
3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
4	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
9	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10
1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
13	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
3	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 3 se reportó una calidad biológica considerada como buena con un valor ABI total de 74. Se identificó un total de 17 familias y 44 individuos, las familias con mayor número de individuos capturados fueron *Vellidae* y *Baetidae* las cuales tienen una valoración ABI de 5 y 7 respectivamente. Las familias con menor número de individuos corresponden a *Polycentropodidae*, *Culicidae*, *Tritogeniidae*, *Tritogeniidae*, *Tabanidae* y *Chironomidae*, con un individuo de cada una. A continuación, se describe la información de las familias identificadas y sus valoraciones ABI (Tabla 20).

Tabla 20. Punto 3 de la Quebrada Yurachullapa

PUNTO 3 QUEBRADA YURACHULLAPA					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	<i>Annelida</i>	<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	1
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Carabeide</i>	SN
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
4	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	3
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	2
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	4
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5
6	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptohyphidae</i>	7
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Hemiptera</i>	<i>Cicalide</i>	SN
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
4	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	8
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	8
9	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Hemiptera</i>	<i>Vellidae</i>	5
<b>VALOR ABI</b>					<b>74</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto de muestreo 4 se capturó e identificó un total de 18 familias y 100 individuos de macroinvertebrados. Las familias que presentaron un mayor número de individuos capturados

son *Philopotamidae*, *Xiphocentronidae*, *Leptophlebiidae*, *Perlidae*, *Baetidae* e *Hyalidae*, estas familias identificadas poseen valoraciones ABI de entre 6 y 10 puntos, mientras que las familias que presentaron menor número de individuos son *Ptilodactylidae* y *Tabanidae* con una valoración ABI de 4 y 5 puntos. En este punto de muestreo se encontró una gran riqueza y diversidad de especies con un valor ABI total de 110 lo cual indica una excelente calidad biológica del agua. En la Tabla 21 se puede observar la información detallada de las familias encontradas y sus valoraciones ABI.

Tabla 21. Punto 4 de la Quebrada Yanacocha

PUNTO 4 QUEBRADA YANACOA					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
2	<i>Annelida</i>	<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	1
5	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	3
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4
1	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	4
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5
18	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
5	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptohephidae</i>	7
10	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	10
15	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	10
7	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	8
10	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Xiphocentronidae</i>	8
10	<i>Arthropoda</i>	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6
<b>VALOR ABI</b>					<b>110</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 5 de muestreo se capturó y posteriormente se identificó un total de 10 familias y 46 individuos aquí se obtuvo un valor ABI total de 64 lo cual indica que la calidad biológica del agua es buena. Las familias más abundantes en este punto de muestreo fueron *Baetidae* y *Athericidae* con valores ABI de 7 y 10 respectivamente. Las familias con menor número de individuos en este punto son *Leptohephidae* y *Scirtidae* con valores ABI de 7 y 5

respectivamente. En este punto específicamente se pudo observar que a pesar de estar en la zona alta de la microcuenca la calidad biológica del agua disminuyó en relación a los otros, esto podría deberse a que se encontró ganadería cerca del cauce del río y vegetación compuesta por pastizales y bosque. A continuación, se detalla en la Tabla 22. La taxonomía de las familias identificadas con sus respectivos valores de índice ABI.

Tabla 22. Punto 5 de la Quebrada SN

PUNTO 5 QUEBRADA SN					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Athericidae	10
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
5	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simullidae	5
10	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
7	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	6
5	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
5	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
<b>VALOR ABI</b>					<b>64</b>

**Fuente:** Elaboración propia

- **Zona media de la microcuenca**

En los 5 puntos ubicados en la zona media de la microcuenca se encontró valoraciones ABI entre 19 y 66. En los puntos 1 y 2, se obtuvo valores de 61 y 66 lo cual indica que la calidad biológica del agua es buena. Los valores más bajos se obtuvieron en los puntos 3, 4 y 5 que pertenecen a la Quebrada Tasqui, aquí no se pudo encontrar mayor número de familias de macroinvertebrados. A continuación, se describe la información recolectada del muestreo de macroinvertebrados en los puntos ubicados en la zona media de la microcuenca Chuchuchir.

En el punto de muestreo uno, se capturó e identificó un total de 12 familias de macroinvertebrados y 36 individuos con un valor ABI total de 61, las familias que presentaron mayor número de individuos son *Baetidae*, *Athericidae* y *Simullidae*, estas familias presentan valores ABI de entre 4 a 10, por otro lado, las familias con menor número de individuos fueron *Ptilodactylidae*, *Tritogeniidae*, *Dolichopodidae*, *Sphaeriidae*, *Scirtidae* y *Perliidae*. A

continuación, en la Tabla 23 se describe la taxonomía de las familias encontradas con sus valores ABI respectivos.

Tabla 23. Punto 1 de la Quebrada SN

PUNTO 1 QUEBRADA SN					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Tritogeniidae	1
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Athericidae	10
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simullidae	5
8	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
1	Arthropoda	Insecta	Hemíptero	Cicalide	SN
3	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	6
1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
1	Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	3
<b>VALOR ABI</b>					<b>61</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el segundo punto de muestreo, se determinó un ABI total de 66 lo cual indica una buena calidad biológica. En este punto se capturó e identificó un total de 14 familias y 66 individuos de macroinvertebrados, la familia con mayor número de individuos fue *Tipulidae* y *Elmidae*, mientras que las familias con menor número de individuos fueron *Perlidae* y *Scirticidae*. En la Tabla 24 se puede observar la taxonomía de las familias capturadas en el punto 7 así como también sus valoraciones según el índice ABI.

Tabla 24 Punto 2 de la Quebrada Chuchuchir

PUNTO 2 QUEBRADA CHUCHUCHIR					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
8	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
5	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	3
4	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
5	Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	4
5	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simullidae	5
3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1

3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	4
15	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
6	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
4	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
5	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	8
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
<b>VALOR ABI</b>					<b>66</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 3, ubicado en la quebrada Tasqui, se encontró que la calidad biológica del agua es mala con una valoración ABI total de 20. Una vez realizada la identificación de las familias capturadas se obtuvo un total de 5 familias y 38 individuos, entre las familias con mayor número de individuos se encontró a *Tipulidae* y *Baetidae* con una valoración ABI de 5 y 4 respectivamente, la familia con menor número de individuos fue *Scirtidae* con una valoración ABI de 5. A continuación se describe la taxonomía de las familias encontradas con sus respectivas valoraciones ABI (Tabla 25).

Tabla 25. Punto 3 de la Quebrada Tasqui

PUNTO 3 QUEBRADA TASQUI					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
8	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1
10	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
15	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
<b>VALOR ABI</b>					<b>20</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto de muestreo 4 ubicado en la quebrada Tasqui, se determinó que la calidad biológica del agua es mala con una valoración ABI de 19, en este punto se encontró un total de 6 familias y 25 individuos, la familia con el mayor número de individuos recolectados fue *Baetidae* con una valoración ABI de 4 y la familia con menor número de individuos recolectados fue *Scirtidae* con una valoración ABI de 5. A continuación se puede observar en la Tabla 26 las familias capturadas e identificadas con sus respectivas valoraciones ABI.

Tabla 26. Punto 4 de la Quebrada Tasqui

**PUNTO 4 QUEBRADA TASQUI**

INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
5	<i>Annelida</i>	<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	1
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5
4	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	4
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5
10	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
<b>VALOR ABI</b>					<b>19</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 5 ubicado en la quebrada Tasqui se encontró una de las comunidades biológicas de macroinvertebrados más baja con un valor ABI total de 14 lo cual indica una mala calidad biológica del agua. En este punto se capturó e identificó un total de 4 familias y 16 individuos, la familia con mayor número de individuos fue *Tipulidae* con un valor ABI de 5, mientras que la familia con menos número de individuos fue *Empididae* con un valor ABI de 4. A continuación en la Tabla 27 se describe detalladamente la información de las familias encontradas y sus valoraciones ABI.

*Tabla 27. Punto 5 de la Quebrada Tasqui*

**PUNTO 5 QUEBRADA TASQUI**

INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
3	<i>Annelida</i>	<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	1
2	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4
8	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5
3	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
<b>VALOR ABI</b>					<b>14</b>

**Fuente:** Elaboración propia

- **Zona baja de la microcuenca**

Según los resultados obtenidos en la zona baja de la microcuenca, el río Sinicapac, presenta las valoraciones ABI más bajas en comparación a las otras zonas reflejando una mala calidad del agua. A continuación, se describen los resultados de calidad biológica en los puntos del río Sinicapac.

En el primer punto de muestreo se reportó una valoración ABI total de 65 lo cual indica una buena calidad biológica del agua, en este punto se encontró un total de 14 familias y 50 individuos. Las familias con más número de individuos recolectada fue *Tipulidae* y *Simullidae* ambas presentan una valoración ABI de 5, mientras que las familias con menor número de individuos fueron *Tritogeniidae*, *Tabanidae*, *Syrphidae*, *Hydrobiosidae* y *Ostracoda*. En la Tabla 28 se puede observar las familias identificadas con sus respectivas valoraciones ABI.

Tabla 28. Punto 1 de la Quebrada Sinicapac

PUNTO 1 QUEBRADA SINICAPAC					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Tritogeniidae	1
2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
5	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	3
7	Arthropoda	Insecta	Diptera	Limoniidae	4
4	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simullidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	4
11	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
3	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
3	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	8
1	Arthropoda	Ostracoda			3
<b>VALOR ABI</b>					<b>65</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El punto 2 de la quebrada Sinicapac presentó una valoración mala de la calidad biológica del agua, en este punto no se encontró mayor número de familias de macroinvertebrados, la familia con mayor número de individuos fue *Baetidae* con una valoración ABI de 4 y las familias con menor número de individuos capturados fueron *Hirudinea*, *Hydropsychidae* y *Ostracoda*. En la siguiente Tabla 29 se puede observar la información de las familias recolectadas y sus valoraciones ABI.



Tabla 29. Punto 2 de la Quebrada Sinicapac

PUNTO 2 QUEBRADA SINICAPAC					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Annelida	Hirudinea			3
2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Empididae	4
3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
8	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	5
1	Arthropoda	Ostracoda			3
<b>VALOR ABI</b>					<b>24</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto de muestreo 3 se encontró un total de 8 familias y 20 individuos. La familia con mayor número de individuos recolectados fue *Tipulidae* con una valoración ABI de 5 y las familias con menor número de individuos encontrados fueron *Staphylinidae* y *Hydropsychidae* con valoraciones ABI de 3 a 5. La valoración total de ABI en este punto fue de 34 lo cual indica una mala calidad biológica del agua. En la Tabla 30 se puede observar la taxonomía de las familias encontradas, así como su puntaje ABI.

Tabla 30. Punto 3 de la Quebrada Sinicapac

PUNTO 3 QUEBRADA SINICAPAC					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
2	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	5
1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	3
2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	4
3	Arthropoda	Insecta	Diptera	Empididae	4
6	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5
4	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
1	Arthropoda	Insecta		Lepidoptera sp	4
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	5
<b>VALOR ABI</b>					<b>34</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El punto 4 de la quebrada Sinicapac presentó una valoración ICH de 14 indicando una mala calidad biológica del agua. Se encontraron solo 3 familias de macroinvertebrados y un total de 55 individuos, la familia que presento 50 de individuos fue *Chironomidae* rojo el cual tiene

una valoración ABI de 2. A continuación, se describen los resultados de las familias encontradas (Tabla 31).

Tabla 31. Punto 4 de la Quebrada Sinicapac

PUNTO 4 QUBRADA SINICAPAC					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	Tritogeniidae	1
50	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	2
4	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
<b>VALOR ABI</b>					<b>14</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el punto 5 de muestreo se encontró un total de 3 familias y 35 individuos, este punto se obtuvo una valoración total ABI de 7 lo cual indica una mala calidad del agua. La familia con mayor número de individuos en este punto fue *Chironomidae rojo*. A continuación, en la Tabla 32 se puede observar las familias identificadas con sus valoraciones ABI.

Tabla 32. Punto 5 de la Quebrada Sinicapac

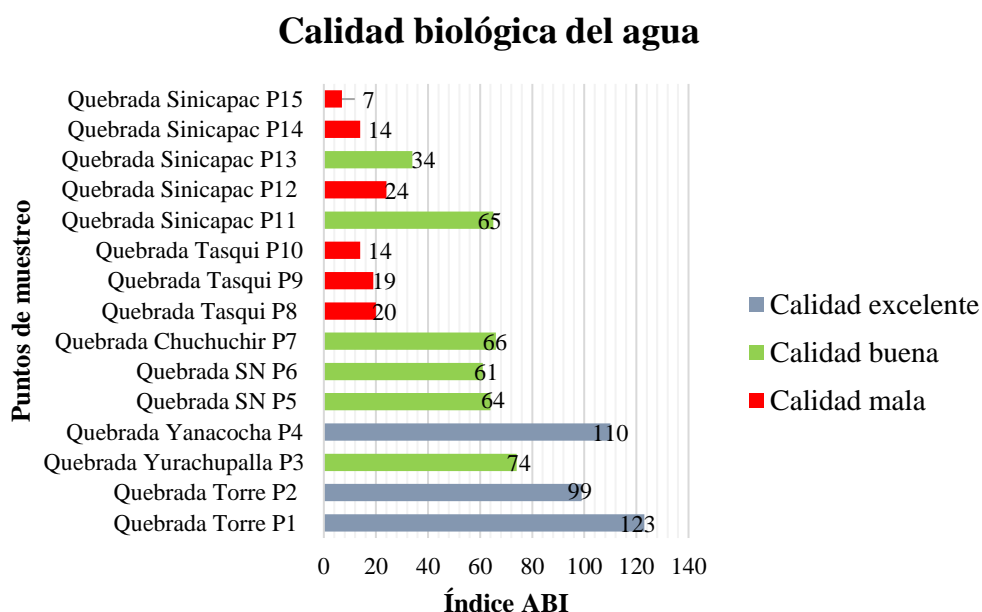
PUNTO 5 QUEBRADA SINICAPAC					
INDIVIDUOS	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	1
32	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	2
2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
<b>VALOR ABI</b>					<b>7</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 6.2.2 Índice de calidad biológica del agua ABI

En la Figura 5, se puede observar los valores ABI obtenidos en los puntos de muestreo distribuidos en las tres zonas de la microcuenca. Los puntos ubicados en la zona alta obtuvieron mayor valoración en comparación con las zonas media y baja. La quebrada Torre y la quebrada Yanacocha, ubicadas en la zona alta, presentaron valoraciones ABI de 99, 123 y 110 respectivamente, lo cual corresponde a una excelente calidad biológica del agua. Las quebradas Yurachupalla y SN también pertenecen a la zona alta de la microcuenca y presentaron valores ABI de 74 y 64 respectivamente, lo cual corresponde a una buena calidad biológica.

En la zona media de la microcuenca, los puntos ubicados en las quebradas, Chuchuchir y SN, obtuvieron una buena de la calidad biológica del agua, mientras que los puntos ubicados en la quebrada Tasqui obtuvieron una mala calidad del agua. Por otro lado en la zona baja de la microcuenca, la quebrada Sinicapac obtuvo los valores ABI más bajos indicando una mala calidad del agua.



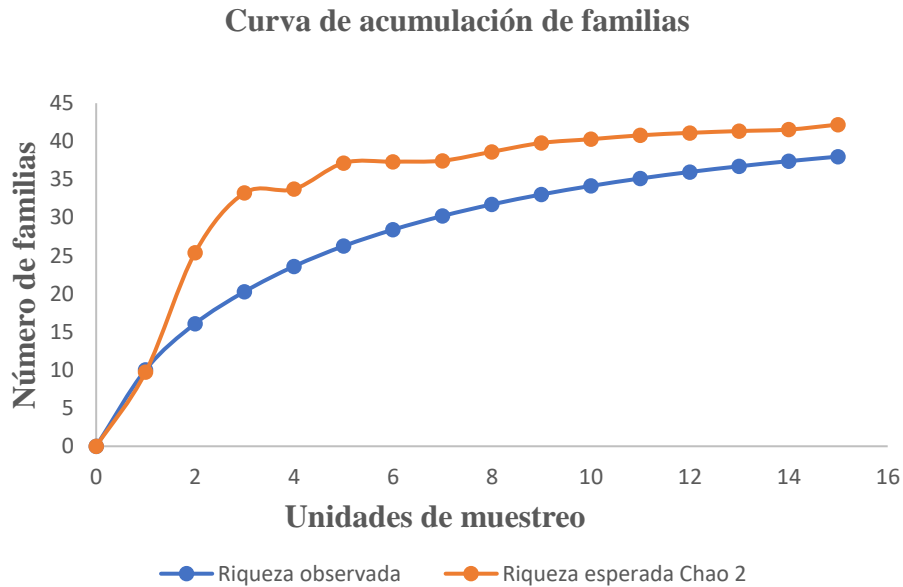
*Figura 5. Distribución d ellos puntos de muestreo*

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2.3 Curva de acumulación de familias

La curva de acumulación de familias (Figura 6) basada en el estimador CHAO2 indicó una riqueza esperada de 42 familias, así, según los resultados de este estudio se obtuvo un esfuerzo de muestreo del 90% con un total de 38 familias encontradas, lo cual se cataloga como un muestreo eficiente.

Figura 6. Curva de acumulación de familias



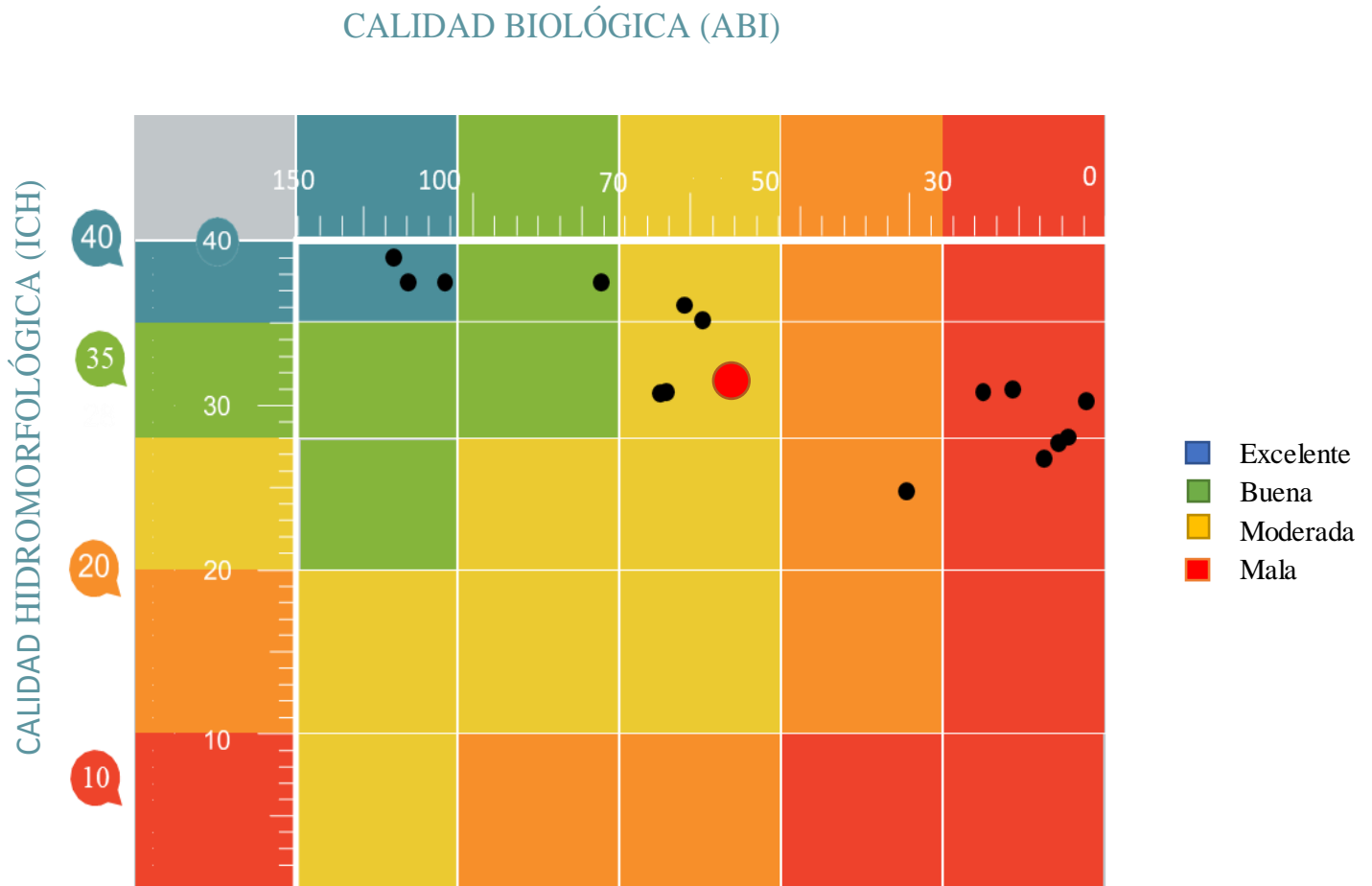
Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir

Como lo establece el protocolo CERA-S, al correlacionar la calidad biológica (ABI) con la calidad hidromorfológica, los 15 puntos de muestreo (representados con color negro) se ubicaron dispersamente en los distintos cuadrantes indicando que la calidad ecológica varía en cada punto de muestreo. En general al correlacionar el promedio de los índices de calidad hidromorfológica y calidad biológica se pudo obtener el valor de la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir (representado con un punto color rojo)

El valor promedio del índice ICH fue de 32 y el valor promedio del índice ABI fué de 53, al corelacionar estos dos valores nos marca el cuadrante amarillo, lo cual indica que la calidad ecológica de toda la microcuenca es moderada. En la siguiente Figura 7 se puede observar las valoraciones en cada punto de muestro los cuales están representados con puntos negros, mientras que el valor total de la microcuenca está representado un punto color rojo.

Figura 7. Correlaciones entre la Calidad Hidromorfológica (ICH) y el índice de calidad biológica (ABI) de cada punto de la microcuenca Chuchuchir



**Punto Negro:** Correlaciones por punto de monitoreo entre ICH y el ABI **Punto Rojo:** Correlación general de la calidad ecológica de la microcuenca

**Fuente:** Elaboración propia

#### 6.4 Propuesta de medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir a partir de la identificación de los factores que alteran la calidad ecológica.

La propuesta de manejo y conservación de una microcuenca altoandina se basó en la identificación de los factores que afectan la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir. Este objetivo se construyó considerando la zona de estudios como una unidad de gestión

territorial, para ello, se ha partido de la zonificación de la microcuenca. Para lograrlo, se desarrolló una matriz de diagnóstico (Tabla 33) que evaluó aspectos hidromorfológicos y biológicos, con el objetivo de potenciar los aspectos positivos y abordar los aspectos negativos identificados. Las acciones propuestas para el manejo de los recursos naturales de la microcuenca consideran las condiciones sociales, económicas, políticas, institucionales y ambientales (Tabla 34).

En la zona alta se han propuesto medidas para conservar los remanentes de bosque nativo y concientizar a las comunidades de la importancia de proteger y restaurar la microcuenca para garantizar la calidad y cantidad de agua.

Así mismo se ha considerado la dimensión socio – cultural y económica, en las zonas medias y bajas se ha propuesto mejorar las actividades productivas de la zona con un enfoque sostenible y evitando alteraciones al suelo y al agua, respecto a las actividades para el desarrollo económico se ha propuesto el turismo comunitario garantizando una gestión apropiada de sus recursos naturales, de su patrimonio, cultura y territorio, creando una distribución equitativa de ingresos.

Para el componente institucional se ha propuesto medidas para la gestión sostenible de los recursos y el fortalecimiento de las capacidades locales de las comunidades, promoviendo las alianzas estratégicas para la gestión mancomunada de los recursos entre el sector público, comunidades y sector privado.

Las medidas de manejo y conservación de la microcuenca Chuchuchir se fundamentan en un enfoque sostenible y de ordenamiento territorial que busca mantener o restaurar el equilibrio de la microcuenca, promoviendo su conservación y uso sostenible mediante la integración de aspectos ecológicos, económicos y sociales. También se plantean criterios para mejorar la gestión del agua y fortalecer la administración y las políticas públicas. Se enfatiza la importancia de la participación de los sectores público, privado y la ciudadanía en la toma de decisiones.

Tabla 33. Matriz de diagnóstico de la microcuenca

ZONIFICACIÓN	Matriz Diagnóstico			
	Aspectos hidromorfológicos		Aspectos de calidad biológica	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
<b>Zona alta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tres de cinco puntos monitoreados en la parte alta presentan vegetación ribereña compuesta por árboles o bosques mixtos con especies nativas.</li> <li>Conectividad de ribera del paisaje mayor al 75%, la ribera está conectada con otros paisajes naturales.</li> <li>Cauce del río presenta naturalidad, sin presencia de elementos urbanísticos.</li> <li>Presencia de varios elementos de heterogeneidad y sustratos naturales.</li> <li>Los elementos de heterogeneidad determinados e favorecen el aumento de biodiversidad de organismos acuáticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción de especies exóticas como pino y eucalipto.</li> <li>Presencia de solo dos regímenes de velocidad y profundidad del río de los cuatro planteados por el protocolo, lo cual influye en la calidad del hábitat para el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados.</li> <li>Solo los tres primeros puntos de muestreo de la zona alta presentaron excelente calidad hidromorfológica y biológica. En los dos puntos restantes, Quebradas SN y Quebrada Yurachupalla, la calidad del agua disminuye levemente debido a la amenaza de actividades antrópicas en la zona.</li> <li>Mal manejo del ganado, lo cual presenta degradación del paisaje adyacente a las riberas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de taxones pertenecientes a varias familias que indican una buena calidad del agua, como <i>Perlidae</i>, <i>Calamoceratidae</i>, <i>Leptophlebiidae</i> y <i>Oligoneuriidae</i>.</li> <li>El cuerpo de agua en cuestión posee características óptimas para la supervivencia y el desarrollo de estos individuos, lo que indica que la calidad del agua es buena.</li> <li>Presencia de hábitats acuáticos favorables que permite una variedad de organismos acuáticos, aspecto que contribuye a la biodiversidad del ecosistema.</li> <li>El valor del índice ABI es &gt; 96, lo cual indica una excelente calidad biológica del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En ciertos puntos de muestreo de la zona alta se registraron familias indicadoras de una mediana calidad del agua, entre estas se encuentran: <i>Ptilodactylidae</i>, <i>Scirtidae</i>, <i>Psephenidae</i> y <i>Tipulidae</i>. Esto es resultado de la expansión de actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería que estarían amenazando la calidad biológica del agua.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Zona media</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencia de un gran potencial para la práctica de actividades de recreación y turísticas sostenibles.</li> <li>• Los dos primeros puntos de la parte media presentan una buena calidad de vegetación ribereña, con valores ICH de 36 y 32 respectivamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La disminución de la cobertura vegetal ha provocado la destrucción de la vegetación ribereña, lo que ha resultado en la pérdida de su estado natural. Esta situación ha tenido un impacto negativo en la calidad del agua</li> <li>• La vegetación de ribera está compuesta mayormente por árboles introducidos como pinos o eucaliptos y pocos arbustos.</li> <li>• El paisaje próximo a la zona de ribera está compuesto por una combinación de bosques con un 50% de superficie de cultivos.</li> <li>• Presencia de basura de forma aislada y fácil de remover en la quebrada Tasqui</li> <li>• Presencia de pocos sustratos como lodo, materia orgánica en descomposición y rocas, además escaso caudal.</li> <li>• La presencia de infraestructura de un canal de riego en la quebrada Tasqui ha alterado el cauce principal de la misma, disminuyendo del caudal ecológico en ciertos tramos.</li> <li>• Presencia de ganadería y cultivos en las zonas adyacentes a las quebradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los puntos donde existe menos alteración de la vegetación ribereña, se encontró mayor cantidad de familias de macroinvertebrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las familias identificadas en la zona media tienen valoraciones ABI de entre 4 a 7 lo cual indica una moderada calidad del agua.</li> <li>• El ecosistema acuático se encuentra alterado en esta zona, no hay muchos sustratos para que se desarrolle la vida acuática de manera óptima.</li> <li>• La alteración del ecosistema acuático refleja la calidad del agua.</li> <li>• Reducción en la diversidad de familias de macroinvertebrados.</li> <li>• Predominancia de familias de macroinvertebrados tolerantes a la polución</li> </ul>
--	---	--	--	---



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tala de especies maderables.</li> <li>• La vegetación de ribera está compuesta mayormente por arbustos o árboles introducidos como pinos o eucaliptos.</li> </ul>		
<b>Zona baja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la zona baja no se pudo detectar aspectos positivos, esta zona se encuentra intervenida y alterada por las actividades antrópicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ribera está compuesta por arboles introducidos y pastizales.</li> <li>• La vegetación de ribera se presenta como parches interrumpidos por cultivos, infraestructuras y pastos para ganado.</li> <li>• Los cultivos ocupan más del 50 % del paisaje adyacente al río por lo tanto la conectividad es mala.</li> <li>• La vegetación de ribera está próxima a elementos de urbanismo (viviendas, carreteras paralelas al río).</li> <li>• En varios tramos del río Sinicapac se encuentra basura acumulada en forma de botadero.</li> <li>• El río Sinicapac se encuentra modificado con estructuras sólidas como diques o muros en ciertos puntos</li> <li>• Presencia de pocos sustratos, predominan la piedra, arena y bloque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se pudo detectar aspectos positivos, predomina la presencia de familias de macroinvertebrados tolerantes, indicadores de la mala calidad del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los puntos estudiados se encontraron familias tolerantes a la polución, se registraron individuos indicadores de la mala calidad del agua pertenecientes al orden Díptera.</li> <li>• En el río Sinicapac se encontró solo la familia <i>Chironomidae</i> esta especie es altamente tolerante y presenta una gran capacidad de bioacumulación de metales pesados en su organismo, soporta pH ácidos y es resistente a algunos contaminantes inorgánicos como Cr, Zn y Cu.</li> <li>• La alteración del ecosistema acuático refleja la mala calidad del agua.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>• La zona carece de elementos de heterogeneidad lo cual afecta al desarrollo de la vida acuática.</li><li>• Presencia de lavadoras y lubricadoras de vehículos cerca de las riberas del río Sinicapac.</li><li>• El índice ICH, la calidad hidromorfológica en estos puntos indica una mala calidad hidromotfológica.</li><li>• El ecosistema se encuentra totalmente alterado, producto de todas las actividades que se realizan tanto en la zona media como en la zona baja de la microcuenca.</li></ul>		
--	--	--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 34. Medidas de Manejo y Conservación de la microcuenca Chuchuchir

MEDIDAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN PARA LA MICROCUENCA CHUCHUCHIR

**EJE AMBIENTAL**

**Objetivo:** Promover la gestión sostenible de las áreas naturales comunitarias en la microcuenca mediante la creación de áreas de conservación, el uso sustentable de los recursos naturales, la restauración ecológica, la gestión de recursos hídricos, y la participación comunitaria, asegurando la protección y conectividad ecológica para el bienestar ambiental y comunitario.

PROGRAMA	PROYECTOS	ZONA DE IMPLEMENTACIÓN	MONTO REFERENCIAL
<b>Gestión sostenible de áreas naturales comunitarias</b>	Gestión para la creación del área de conservación comunitaria y uso sustentable “La Torre” y su incorporación al SNAP	Zona alta de la microcuenca	20,000
	Fondo comunitario para el manejo y gestión del patrimonio natural de la microcuenca con énfasis en el pago por servicios ambientales	Toda la microcuenca	32,000
	Planes de manejo para la gestión de nuevas áreas de conservación y corredores de conectividad bajo el enfoque de paisajes	Zona alta de la microcuenca y áreas comunitarias conectadas	20,000
	Conformación de un comité para el manejo y gestión de los recursos hídricos en la microcuenca	Toda la microcuenca	10,000
	Implementar la restauración pasiva y		20,000

	promover la protección de la vegetación nativa para asegurar el caudal hidrológico	Zona alta de la microcuena	
	Crear un Plan de Ordenamiento Comunitario que establezca las directrices para el uso y conservación sostenible de los recursos naturales en las comunidades de la microcuena	Toda la microcuena	10, 000
<b>Protección y manejo del servicio ambiental hídrico</b>	Zonificación, caracterización y planes de manejo de aéreas de recarga hídrica prioritarias.	Toda la microcuena	14,500
	Restauración de áreas degradadas con énfasis en zonas de ribera de la quebrada “La Torre” y Sinicapac	Toda la microcuena	22,000
	Restauración de los ecosistemas acuáticos como humedales, lagunas y zonas de recarga hídrica	Zona alta	23,000
	Regular la ganadería a través de la creación de áreas de pastoreo restringido, en zonas cercanas a las fuentes de agua	Zona alta de la microcuena	10,000
	Implementar programas de	Zona media y baja	20,000

	conservación del suelo a través de la construcción de terrazas y la siembra rotativa de pastos para reducir la erosión		
	Sensibilización, educación y capacitación para valorar y proteger los servicios ambientales que prestan la microcuena	Toda la microcuena	13,500
<b>Monitoreo Ambiental</b>	Generación de indicadores de calidad ambiental para la gestión comunitaria del patrimonio natural de la microcuena	Toda la microcuena	50,000
	Fortalecimiento de capacidades locales para la formación de vigilantes ambientales comunitarios	Zona baja de la microcuena	30,000
	Conformación de un comité de monitoreo de la calidad del agua, en las zonas de captación para consumo humano y riego	Toda la microcuena	25,000
<b>Producción forestal</b>	Producción de plantas en viveros agroforestales	Zona media y baja de la microcuena	25,000
	Replamamiento forestal y	Toda la microcuena	30,000

	agroforestal, mediante prácticas de regeneración natural y reforestación.		
	Implementar un sistema de monitoreo y control para regular la plantación de especies forestales exóticas y prevenir la deforestación	Zona alta de la microcuenca	15,000
	Promover prácticas agroecológicas sostenibles, como la rotación de cultivos y la preservación de la chakra andina, para mantener la biodiversidad y el equilibrio ecológico en la zona.	Toda la microcuenca	20,000

## EJE ECONÓMICO PRODUCTIVO

**Objetivo:** Promover el desarrollo agropecuario y bioemprendimientos sostenibles en la microcuenca Chuchuchir mediante la implementación de prácticas ganaderas y agrícolas responsables, el fortalecimiento de las capacidades asociativas de los pequeños productores, la mejora de la infraestructura de riego y la potenciación del turismo comunitario sostenible, con el fin de generar valor agregado y asegurar condiciones de comercialización justa.

<b>Desarrollo agropecuario sostenible</b>	Ganadería ambientalmente responsable y climáticamente inteligente	Toda la microcuenca, con especial atención a los pequeños ganaderos	28,000
---	---	---	--------

	Implementar el mejoramiento genético y buenas prácticas agrícolas para la crianza de ganado bovino.	Toda la microcuenca, con especial atención a los pequeños ganaderos	25,000
	Agricultura familiar sostenible con enfoque agroecológico	Toda la microcuenca	20,000
	Fortalecimiento de capacidades asociativas de pequeños productores para la comercialización en condiciones justas	Toda la microcuenca	16,000
	Mejoramiento de la infraestructura de riego y drenaje e incremento productivo.	Toda la microcuenca	35,000
<b>Desarrollo de bioemprendimientos</b>	Generación de valor agregado a partir de la producción láctea	Toda la microcuenca	28,000
	Implementación y potenciación de emprendimientos turísticos	Zona baja de la microcuenca	26,000
	Fortalecimiento de proyectos de turismo	Toda la microcuenca	26,000

	comunitario sostenible		
--	---------------------------	--	--

## EJE INSTITUCIONAL Y SOCIAL

**Objetivo:** Fortalecer la gobernanza y la gestión sostenible de los recursos naturales en la microcuenca Chuchuchir mediante la formulación de ordenanzas municipales y acuerdos comunitarios, la conformación de un comité de gestión con actores diversos, el establecimiento de alianzas estratégicas, la implementación de un programa de ordenamiento territorial, y el fortalecimiento de capacidades locales para la resiliencia, la restauración de servicios ecosistémicos y el monitoreo ambiental participativo.

<b>Gobernanza para la gestión sostenible de los recursos naturales</b>	Gobernanza y gestión integrada del patrimonio natural de la microcuenca Chuchuchir a través de ordenanzas municipales y acuerdos comunitarios	Toda la microcuenca	20,000
	Conformación de un Comité de Gestión de la microcuenca con participación activa de actores comunitarios, públicos y privados	Toda la microcuenca	18,000
	Alianzas estratégicas para la gestión mancomunada de los recursos naturales de la microcuenca	Toda la microcuenca, incluyendo instituciones públicas y privadas competentes	25,000
	Implementar un programa de ordenamiento territorial adecuado para prevenir que las actividades antrópicas afecten la calidad del agua	Zona media y baja	28,000
<b>Fortalecimiento de capacidades locales</b>	Fortalecimiento de capacidades comunitarias para la administración de	Toda la microcuenca	15,000



	los sistemas de agua con fines de riego y consumo		
	Fortalecimiento de capacidades locales en contextos de cambio climático, resiliencia y restauración de servicios ecosistémicos.	Toda la microcuenca	22,000
	Involucrar a las comunidades cercanas en monitoreos ambientales participativos para evaluar la calidad del agua en la microcuenca.	Toda la microcuenca	20,000

**Fuente:** Elaboración propia

## 7. Discusión

El análisis de cada variable del protocolo CERA-S permitió identificar aspectos puntuales tanto positivos como negativos para mejorar el manejo de la microcuenca. Los resultados de esta investigación demostraron que la calidad ecológica de la microcuenca depende del estado de las dos variables que integran el ecosistema. En particular, se observó que la calidad de la vegetación de ribera puede influir directamente en el desarrollo de las comunidades biológicas, la valoración hidromorfológica puede establecer las modificaciones en la composición de la vegetación ribereña y el canal fluvial, impactando la calidad biológica del agua. Así mismo, los cambios en la cobertura vegetal modifican el aporte de materia orgánica a lo largo del río, lo que se refleja en la distribución de los grupos funcionales de alimentación de macroinvertebrados.

La calidad hidromorfológica ponderada de toda la microcuenca Chuchuchir resultó ser excelente, con una valoración del índice ICH de 32. Sin embargo, un análisis detallado por zonas alta, media y baja reveló que la calidad hidromorfológica disminuye de acuerdo con el grado de intervención de la población y sus actividades. Las zonas más cercanas a las actividades antrópicas presentaron una disminución significativa en la valoración del

índice de calidad hidromorfológica ICH, lo cual afecta directamente a la calidad biológica del agua.

Así mismo, tanto en el estudio realizado por Gamarra et al. (2018), como en el estudio de Uvidia y Villagómez (2020), los valores del Índice de Calidad Hidromorfológica (ICH) muestran un aumento en las partes altas de las microcuencas. Ambos autores concluyeron que los puntos establecidos en áreas naturales, sin intervención antrópica y con vegetación de ribera intacta, obtuvieron valoraciones excelentes tanto en la calidad hidromorfológica (ICH) como en la calidad biológica del agua (ABI). En contraste, los puntos establecidos aguas abajo, que presentaban infraestructura y actividades antrópicas, mostraron las valoraciones más bajas, lo cual señala una mala calidad hidromorfológica.

Este análisis subraya la importancia de la vegetación ribereña y su continuidad a lo largo de la microcuenca, debido a su papel fundamental en la estructura y función de las comunidades de macroinvertebrados. Además, factores como la modificación del cauce del río, elementos urbanos en el paisaje y la presencia de residuos sólidos los cuales fueron determinantes para evaluar la calidad hidromorfológica. Caro-Borrero y colaboradores (2015) destacan la influencia significativa de infraestructuras como canales, presas y tuberías en la calidad hidromorfológica y la distribución de organismos acuáticos. Un ejemplo claro se observó en la zona baja de la microcuenca estudiada, donde se identificó un punto de captación de agua para riego que recibió una calificación moderada según el ICH y una mala calidad biológica del agua. Esto indica que la infraestructura presente puede impactar tanto la calidad del agua como la presencia de organismos acuáticos en esa área específica.

En Ecuador la aplicación de índices biológicos es escasa, estudios realizados por Vladimir (2016) consideran al índice ABI, de acuerdo con el autor del índice ABI, Acosta et al., (2009) en su investigación manifiesta que, al incorporar el efecto de las distintas presiones antrópicas, independientes del tipo de ribera y del hábitat fluvial, la riqueza de familias de macroinvertebrados y el valor del ABI decae notablemente, lo cual indica una mala calidad del agua. Este análisis contrasta con los resultados obtenidos en esta investigación debido a que en las partes alta de la microcuenca Chuchuchir se obtuvo un alto valor del índice ABI, sin embargo no se encontró mayor número de individuos, mientras que, en las partes bajas de la zona de estudio, donde las actividades antrópicas

influyeron en el valor bajo del índice ABI, se encontró un mayor número individuos del orden Díptera.

En ecosistemas altoandinos, la presencia de macroinvertebrados indicadores de la calidad del agua se ve influenciada por condiciones ambientales extremas como la alta altitud y el clima adverso, caracterizado por temperaturas frías y variaciones extremas. Estas condiciones limitan la diversidad y biomasa de los macroinvertebrados. Jacobsen y Marín (2008) encontraron que, en las partes altas, predominan los indicadores de buena calidad del agua, mientras que en las zonas bajas predominan los indicadores de mala calidad. Sin embargo, algunas familias pueden adaptarse a condiciones más contaminadas a lo largo de la microcuenca. Las severas fluctuaciones diarias de temperatura y oxígeno disuelto también contribuyen a esta baja diversidad, imponiendo fuertes presiones fisiológicas que limitan la capacidad de las especies para prosperar.

De acuerdo con el Índice Biótico Andino (ABI) el análisis de la composición y distribución de las familias de macroinvertebrados en diferentes zonas de la microcuenca Chuchuchir, proporciona una evaluación detallada de la calidad del agua y el estado de los ecosistemas acuáticos. En la microcuenca Chuchuchir, se encontraron familias como *Perlidae*, que requieren concentraciones elevadas de oxígeno para vivir, lo que indica un buen estado del agua. Según (Vásquez, 2015), la presencia de *Perlidae* es un indicador confiable de aguas bien oxigenadas y de alta calidad. Sin embargo, también se encontró algunas familias como *Tritogeniidae*, *Tipulidae*, *Scirtidae* y *Baetidae* indicadoras de mala calidad del agua. Para Llaveró y sus colaboradores (2020) estas familias tienden a habitar en ríos lóticos con poca oxigenación y aguas oligotróficas, lo que sugiere condiciones menos favorables para la vida acuática.

Con respecto a las familias identificadas en esta investigación, la familia *Leptophlebiidae* registrada en la parte alta de la microcuenca, determinó una excelente calidad de agua, el registro de sus individuos es abundante en sistemas acuáticos sin alteraciones antrópicas (Vásquez, 2015). La presencia de familias *Chironomidae* y *Simuliidae* en la parte baja de la microcuenca, suele ser abundante en aguas con elevadas cargas de nutrientes, especialmente de fosfato y nitrato. Por lo tanto, es esencial investigar las diferentes formas de presencia de estos nutrientes en la columna de agua para determinar el impacto de la actividad agropecuaria en la calidad del agua de la zona. Además, la familia *Simuliidae* desempeña un papel crucial en los ambientes lóticos, ya

que sus estadios larvales forman parte de la cadena alimenticia (Rodríguez et al., 2021). Sin embargo, la presencia de la familia *Simuliidae* en la parte baja de la microcuenca también puede tener implicaciones epidemiológicas, según investigadores como Ricoy-Llavero y sus colaboradores (2020), sus individuos pueden transmitir patógenos como virus, protozoos y nematodos. Por otro lado, González y sus colaboradores (2023), señalan que estos organismos son sensibles a la contaminación, pero pueden sobrevivir en medios acuáticos perturbados.

Se detectó una alta presencia de la familia *Chironomidae* en la zona baja, lo que puede indicar posibles alteraciones en la calidad biológica del agua, aspecto que, contrasta con lo manifestado por (Rodríguez et al., 2021) quien menciona que esta familia está ampliamente distribuida y abundante gracias a las adaptaciones que han desarrollado sus larvas para colonizar y explorar diversos ambientes acuáticos. Entre estas adaptaciones se encuentra la respiración, que les permite capturar oxígeno disuelto en ambientes contaminados o cuando las condiciones no son favorables. Además, presentan un amplio rango de tolerancia para vivir en condiciones extremas de salinidad, velocidad de corriente, pH y concentraciones de oxígeno. Estas adaptaciones les otorgan una gran capacidad de supervivencia y les permiten desempeñar un papel crucial en los ecosistemas acuáticos.

El análisis de las condiciones morfométricas y biológicas de la microcuenca, permitió identificar los problemas ambientales que están afectando la zona y, a partir de ello, se generan iniciativas para proponer medidas de mejora de las condiciones ecológicas del río Chuchuchir. Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos del biomonitoreo se pueden establecer pautas para que las comunidades, junto con las autoridades y otros actores relevantes alrededor del agua, puedan definir estrategias y acciones coordinadas para mejorar la salud de la microcuenca de manera sostenible y participativa (Walteros, 2019).

Los criterios de zonificación fueron clave en este estudio, la altitud, la cobertura vegetal y uso del suelo, permitieron identificar los impactos principales en cada zona, de esta manera facilita proponer e implementar estrategias de conservación, restauración y manejo en sitios puntuales. Según Lorenz y sus colaboradores (1997), la influencia de la zona ribereña disminuye en las zonas bajas; disminuye tanto la importancia del aporte

orgánico terrestre como el grado de sombra, mientras que aumenta la producción primaria y el transporte de materia orgánica en la zona alta.

Las medidas de manejo y conservación de las cuencas hidrográficas garantizan un suministro de agua seguro y sostenible para las generaciones presentes y futuras. En este contexto, las cuencas hidrográficas son sistemas complejos y dinámicos que pueden ser afectados por múltiples factores, incluyendo el cambio climático, la urbanización, la agricultura y la industria. La región Andina es rica en agua, las interacciones entre el océano, la Amazonía y los Andes originan un ciclo hidrológico dinámico y abundante, por ello, el agua se convierte en un factor de desarrollo y de bienestar social en la región (COMUNIDAD ANDINA, 2010).

Las iniciativas propuestas para la gestión de cuencas hidrográficas se han diseñado considerando el ordenamiento del uso y ocupación del paisaje, lo cual requiere un detallado análisis de la distribución espacial de la cuenca. Este enfoque implica adaptar el uso, la cobertura y el manejo del suelo según la dinámica hidrológica, la posición estratégica y las interrelaciones entre los recursos naturales. Además, se ha integrado el componente socioambiental, que abarca la provisión de servicios y recursos a las comunidades, asegurando que estas interacciones no comprometan la calidad ecológica de la microcuenca.

Gomes (2008) enfatiza que la protección de cuencas hidrográficas requiere medidas educativas, de concienciación, protección, conservación, así como la implementación de prácticas y técnicas que minimicen el impacto ambiental en el ecosistema de la cuenca. Por lo tanto, el estudio de una cuenca hidrográfica no debe limitarse al agua, sino que debe incluir un análisis integral de todos los recursos naturales como la tierra, la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos (Braz et al., 2020).

La evaluación de los aspectos positivos y negativos que influyen en la calidad ecológica de la microcuenca Chuchuchir revela que las actividades agrícolas y ganaderas tienen un impacto significativo en su salud ambiental. A pesar de esto, es crucial reconocer que estas actividades son fundamentales para el sustento económico de las familias locales. Según el estudio realizado por Ordoñez y Ochoa (2020), la mitad de la población en el cantón Saraguro se considera económicamente activa y productiva, dedicándose a actividades como la agricultura, la artesanía, la docencia, el empleo público y el comercio.

En mayor medida la población se dedica a la agricultura, la ganadería y la pesca, lo que resalta la importancia de estas actividades en la economía local.

Por lo tanto, es indispensable generar medidas de manejo que se enmarquen en los ejes principales del desarrollo sostenible: ambiente, sociedad y economía de las comunidades que habitan la microcuenca. Según FONAG (2008), es crucial proteger el agua para conservar la biodiversidad, integrando el componente socio-ambiental, lo cual permite proponer una serie de intervenciones de protección y cuidado de la microcuenca como respuesta urgente a los graves problemas ambientales detectados sin afectar los medios de vida de la población. Para ello, es necesario zonificar o establecer áreas relativamente homogéneas en las cuencas de acuerdo con sus características intrínsecas y funciones territoriales vinculadas al agua.

Por otro lado, a dimensión socio-cultural debe involucrar necesariamente la identificación de los actores locales y el fortalecimiento de sus capacidades (SUBDERE, 2013). En este sentido el contraste de información cercana la zona de estudio fue clave para proponer medidas para mejorar y fortalecer las actividades económicas – productivas que interactúan en la microcuenca, sin dejar de lado el componente cultural de las comunidades indígenas que cohabitan en el territorio. Según Ordoñez y Ochoa (2020) la economía de Saraguro se fundamenta en la producción agropecuaria, y son los «minifundios» la unidad territorial básica; sobre la que se mantiene esta base económica. Específicamente, la comercialización de productos agrícolas, lácteos y carne; abastecen al mercado local y provincial.

En base a ello se ha adaptado la propuesta hacia un enfoque de manejo de la agricultura y ganadería de manera sostenible, garantizando que estas actividades no alteren el ecosistema y el funcionamiento hidrológico de la microcuenca. En la propuesta se ha optado por proponer la potencialización turística de la zona tomando en cuenta las referencias de estudios planteados para esta zona. En el estudio de Ordoñez y Ochoa, (2020) se concluye que, el turismo comunitario, puede ser una excelente alternativa que permita fusionar el manejo y conservación del ambiente, con beneficios económicos y participación equitativa de la comunidad.

Para Armijos y Castro (2007) es importante considerar la gestión participativa para implementar estas medidas, a fin de que las comunidades se empoderen de la importancia del recurso y se den a conocer a la población beneficiaria este tipo de estudios relacionados

con la problemática del sector y las alternativas que se proponen para la conservación y manejo de la microcuenca, a fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico.

## **8. Conclusiones**

- El análisis de las variables hidromorfológicas y biológicas en los puntos de muestreo determinaron que existe una relación entre la incidencia de la perturbación de los ecosistemas con la vida acuática, en sitios más conservados existe mayor cantidad de familias tolerantes de macroinvertebrados lo cual hace referencia a una buena calidad del agua.
- Cada sitio de estudio obtuvo valoraciones diferentes y a pesar de formar parte de un mismo sistema hidrológico existieron quebradas con mala calidad ecológica, las diferentes actividades antrópicas que se llevan a cabo en los puntos específicos de la zona media y baja pueden ocasionar un desequilibrio en la microcuenca si no se toman medidas de manejo y conservación.
- La calidad hidromorfológica tiene una relación directa con la presencia de comunidades biológicas de macroinvertebrados (calidad biológica del agua), en los puntos de muestreo donde se obtuvo mayor valoración de índice ICH también se identificó una mayor cantidad de familias de macroinvertebrados, aquí la importancia de conservar una vegetación ribereña natural.
- Para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos en la microcuenca Chuchuchir, es fundamental implementar estrategias de manejo que minimicen las actividades antrópicas en las zonas sensibles y promuevan la conservación de hábitats ribereños. Esto contribuirá a mantener y mejorar la calidad del agua, beneficiando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que dependen de estos sistemas acuáticos.
- La protección, manejo y la restauración de ecosistemas requiere de la participación de gestores públicos y privados competentes, así como del involucramiento de los habitantes de las ciudades y comunidades que viven cerca de estos cuerpos de agua, pues de sus prácticas y comportamiento dependen las condiciones para mejorar el manejo y el estado ecológico de una microcuenca.

## 9. Recomendaciones

- Será necesario que, a partir de este estudio se evalúen otros parámetros como la calidad físico química del agua para complementar el estudio y discutir la presencia de las familias bioindicadoras encontradas en las distintas zonas de la microcuenca.
- Se recomienda tomar muestras de la vegetación para determinar la composición florística en cada punto de muestreo y así determinar de manera eficiente la acción para mejorar la calidad hidromorfológica.
- La metodología aplicada en este estudio, permite replicarla en otras zonas bajo condiciones similares pues su aplicación no demanda de un largo periodo de tiempo ni tampoco de un alto gasto económico.
- Realizar monitoreos comunitarios participativos en futuros estudios de este tipo, involucrando a los gestores de la microcuenca, comunidades, autoridades y organismos no gubernamentales, ya que son ellos los encargados de gestionar el recurso hídrico y conservar los recursos naturales.
- Se recomienda llevar a cabo un análisis de toxicidad en el río Sinicapac para evaluar su calidad del agua. Los resultados de un análisis biológico previo indicaron que este río presenta una calidad del agua deficiente en los puntos finales de su trayecto. Además, se evidenció que recibe descargas de aguas residuales provenientes de viviendas y lavadoras de automóviles.

## 10. Bibliografía

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., y 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), 35–64. file:///D:/RESPALDO 2021/Desktop/9no/TESIS/nueva bibliografia/2009Limnetica28104Acosta.pdf
- Alba, J. (2014). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *Ingeniería Química*, 33(379), 247. file:///C:/Users/HP/Downloads/Macroinvertebrados\_acuaticos\_y\_calidad\_de\_las\_agua.pdf
- Almeida, N. (2014). *Protocolo de Amostragem de Macroinvertebrados Bentónicos: Adaptação à realidade de rios rasos brasileiros*.
- Arias, J. (2019). Propuesta metodológica para la identificación, caracterización y cualificación



- de los paisajes: la cuenca endorreica de Padul (Andalucía) como caso de estudio. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 80. <https://doi.org/10.21138/bage.2604>
- Armijos, D., y Karla, C. (2007). *Propuesta de conservación y sanamiento ambiental de la microcuenca Kullky-Yacu del cantón Saraguro, Provincia de Loja*. 168. <http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/ARELLANO WASHINGTON - JIMENEZ GALO.pdf?sequence=1>
- Asamblea Nacional. (2016). Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso Y Gestión De Suelo. In *Registro Oficial* (pp. 1–31).
- Beentjes, K. K., Speksnijder, A. G. C. L., Schilthuizen, M., Schaub, B. E. M., y Van der Hoorn, B. B. (2018). The influence of macroinvertebrate abundance on the assessment of freshwater quality in the Netherlands. *Metabarcoding and Metagenomics*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.3897/mbmg.2.26744>
- Bersosa, F., y Ulloa, C. (2018). Utilización de índices evaluadores de la calidad del agua, basados en bioindicadores, en Ecuador. *Qualitas*, 15, 6–22. [https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01\\_20171030\\_Salud-Integral-Bersosa\\_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA\\_OK.pdf](https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01_20171030_Salud-Integral-Bersosa_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA_OK.pdf)
- Biljana, R., y Vidinova, Y. (2020). Ecological Status Assessment of Mountain and Semi-mountain Streams in the Aegean Watershed : Applicability of Biotic Indices BMWP and ASPT Based on Macroinvertebrates. *Aquatic Ecology, March*. file:///D:/RESPALDO 2021/Desktop/9no/TESIS/Bibliografia en ingles/Rimcheska\_Vidinova\_2020.pdf
- Boyero, L., Pearson, R. G., Dudgeon, D., Graça, M. A. S., Gessner, M. O., Albariño, R. J., Ferreira, V., Yule, C. M., Boulton, A. J., Arunachalam, M., Callisto, M., Chauvet, E., Ramírez, A., Chará, J., Moretti, M. S., Gonçalves, J. F., Helson, J. E., Chará-Serna, A. M., Encalada, A. C., ... Pringle, C. M. (2011). Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns. *Ecology*, 92(9), 1839–1848. <https://doi.org/10.1890/10-2244.1>
- Braz, A. M., García, P. H. M., Pinto, A. L., Chávez, E. S., y de Oliveira, I. J. (2020). Integrated management of river basins: Possibilities and advances in the analysis of land use and land cover. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69–85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Briceño, N. B. R., Castillo, E. B., Torres, O. A. G., Oliva, M., Tafur, D. L., Gurbillón, M. Á.

- B., Corroto, F., López, R. S., y Rascón, J. (2020). Morphometric prioritization, fluvial classification, and hydrogeomorphological quality in high Andean livestock micro-watersheds in northern Peru. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi9050305>
- Calderón, J., y Quezada, N. (2006). *Valoración económico-ecológica del servicio ambiental hídrico de la microcuenca Chuchuchir, cantón Saraguro, Loja, Ecuador*. 98. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/17250>
- Caro-Borrero, A., Carmona-Jiménez, J., González-Martínez, T., y Mazari-Hiriart, M. (2015). Hydrological evaluation of a peri-urban stream and its impact on ecosystem services potential. *Global Ecology and Conservation*, 3, 628–644. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.008>
- Carrera, C., y Fierro, K. (2018). Macroinvertebrados Acuáticos. In *Ecociencia* (Vol. 2). <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Carsten Von Der Ohe, P., Prüß, A., Schäfer, R. B., Liess, M., De Deckere, E., y Brack, W. (2007). Water quality indices across Europe - A comparison of the good ecological status of five river basins. *Journal of Environmental Monitoring*, 9(9), 970–978. <https://doi.org/10.1039/b704699p>
- Choque, D., Ligarda, C. A., Solano, A. M., Ramos, B. S., Quispe, Y., Choque, Y., y Kari, A. (2021). Water quality index in the high-Andean micro-basin of the Chumbao River, Andahuaylas, Apurímac, Peru. In *Tecnología y Ciencias del Agua* (Vol. 12, Issue 1). <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-01-02>
- COMUNIDAD ANDINA. (2010). *El agua en los Andes un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*.
- Dominguez, E., y Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (Issue February 2014).
- Encalada, A., Rieradevalt, M., Ríos, B., García, N., y Prat, N. (2015). Protocolo simplificados y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos altoandinos (CERAS-S). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), 1689–1699. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.1>

- FONAG. (2008). *Protegiendo el agua para conservar la biodiversidad*: 40–50. <https://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/13-min.pdf>
- GADMIS SARAGURO. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro 2019. 2016, 91. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1160001130001\\_DIAGNOSTICO-PDyOT Saraguro2015\\_15-03-2015\\_19-08-17.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160001130001_DIAGNOSTICO-PDyOT Saraguro2015_15-03-2015_19-08-17.pdf)
- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C. I., y 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>
- García, M. (2018). Protocolo de monitoreo hidrológico en páramos. *Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt*, 174. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34981>
- Gomes, M. (2008). Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil. In *Embrapa Informação Tecnológica* (p. 417).
- Goncharov, A. V., Baturina, N. S., Maryinsky, V. V., Kaus, A. K., y Chalov, S. R. (2020). Ecological assessment of the Selenga River basin, the main tributary of Lake Baikal, using aquatic macroinvertebrate communities as bioindicators. *Journal of Great Lakes Research*, 46(1), 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.11.005>
- Gonzaga, A., y Ochoa, J. (2019). *La cultura ambiental para el adecuado manejo de las microcuencas hidrográficas y la mitigación de la contaminación de sus aguas: una opción por la calidad de vida en Loja, Ecuador*.
- González, M. A., Alarcón-Elbal, P. M., Barceló, C., y Ruiz-Arrondo, I. (2023). Las moscas negras (Diptera: Simuliidae) en cursos de agua urbanos y suburbanos de la ciudad de Vitoria-Gasteiz (País Vasco, España). *Limnetica*, 42(1), 101–118. <https://doi.org/10.23818/limn.42.08>
- Guarín, O. (2017). Metodología para evaluación de la condición ambiental en microcuencas urbanas. *Revista UIS Ingenierías*, 16(2), 141–150. <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2->

- Guerrero, O. A. (2019). *Disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas de la provincia de Loja para asegurar la sostenibilidad del abastecimiento de agua dulce para el desarrollo urbano: Propuesta de estudio*. September. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23293.31201>
- Jacobsen, D., y Marín, R. (2008). Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology*, 42(4), 643–656. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9127-x>
- Jerves, R., Forio, M. A. E., Lock, K., Van Butsel, J., Pauta, G., Cisneros, F., Nopens, I., y Goethals, P. L. M. (2020). Biological water quality in tropical rivers during dry and rainy seasons: A model-based analysis. *Ecological Indicators*, 108(September 2019), 105769. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105769>
- Jouravlev, A. (2004). Recursos Naturales e Infraestructura. In *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI* (p. 72). <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i653.1000>
- Llambí, L. D., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., y Borja, P. (2012). Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos. *Proyecto Páramo Andino*, 1, 284. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>
- Lorenz, C. M., Van Dijk, G. M., Van Hattum, A. G. M., y Cofino, W. P. (1997). Concepts in river ecology: Implications for indicator development. *Regulated Rivers: Research and Management*, 13(6), 501–516. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1646\(199711/12\)13:6<501::aid-rrr479>3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1646(199711/12)13:6<501::aid-rrr479>3.0.co;2-1)
- Meneses-Campo, Y., Castro-Rebolledo, M., y Jaramillo-Londoño, A. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Ordoñez, A., y Ochoa, P. (2020). Ambiente, sociedad y turismo comunitario: La etnia Saraguro en Loja – Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(2), 191. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32433>
- Öztürk, T. (2018). Balık Parazitlerinin Biyoizlemdeki (Biyomonitoring) Önemi. *Süleyman*

*Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(1), 59–73.  
<https://doi.org/10.22392/egirdir.324056>

Paolini, J. (2017). *Una propuesta metodológica para la modelación y prospección de la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas en la Guayana Venezolana* (p. 217).  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/145691/TJIPR1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prat, N., Rieradevall, M., & Fortuño, P. (2000). ECOSTRIMED . Protocol per determinar l' estat ecològic dels rius mediterranis . P . Fortuño Departament d' Ecologia Universitat de Barcelona. November 2016. <https://www.researchgate.net/publication/264918172>

Rasmussen, J. J., McKnight, U. S., Loinaz, M. C., Thomsen, N. I., Olsson, M. E., Bjerg, P. L., Binning, P. J., y Kronvang, B. (2013). A catchment scale evaluation of multiple stressor effects in headwater streams. *Science of The Total Environment*, 442, 420–431.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.076>

Ricoy-Llavero, E., Ortega, F., Guerrero, F., y Márquez, F. J. (2020). Estudio de la comunidad y del patrón de colonización de simúlidos (Diptera, Simuliidae) en ecosistemas fluviales mediterráneos de montaña. *Limnetica*, 39(1), 233–243.  
<https://doi.org/10.23818/limn.39.15>

Ríos, B., Acosta, R., y Prat, N. (2014). The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>

Rodríguez, J., Pinilla, G., y Moncada, I. (2021). Estructura de la comunidad de dípteros acuáticos en tramos de los cursos altos de los ríos Fucha y Bogotá. *Acta Biologica Colombiana*, 26(2), 147–159. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n2.81916>

Roldán, 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.  
<https://doi.org/10.18257/racefyn.335>

Saavedra, C. (2009). “El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales.” *Las Fuentes De Agua Y Recursos Naturales* ”, 1–44.

<http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/ef130746381903e3561dffb2525bd91e.pdf>

Secretaría del Agua. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos. In *Registro Oficial Suplemento N° 305* (p. 68). <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>

SENA. (1999). Impacto Ambiental en Cuencas Hidrograficas. Metodología para la realización de estudios. [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/impacto\\_ambiental\\_cuencas\\_hidrograficas/pdf/impacto\\_ambiental.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/impacto_ambiental_cuencas_hidrograficas/pdf/impacto_ambiental.pdf)

SEMARNAT. (2014). Disponibilidad de Agua. *El Medio Ambiente En México 2013-2014, 2009*, 2–4. [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_1\\_3.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_3.html)

Souza, A., Silva, M., y Dias, N. (2012). Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (rn). *Irriga, Botucatu*, 280–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p280>

SUBDERE. (2013). Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. In *Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo* (p. 142). [https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/guia\\_zonificacion\\_final\\_con\\_issbn.pdf](https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/guia_zonificacion_final_con_issbn.pdf)

Torres, O., Meza, J., López, R., Chuquizuta, L., y Cruz, S. (2016). Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa, Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable*, 2(2), 49–59. <https://doi.org/10.25127/indes.20140>

Uvidia, W., y Villagómez, E. (2020). Manejo integral de la microcuenca hidrográfica del río La Chimba para la captación del recurso hídrico para abastecimiento de agua de consumo humano de la parroquia olmedo, cantón Cayambe. In *Tesis*.

Vásquez, D. (2015). Ephemeroptera. In *The Greenland Entomofauna*. [https://doi.org/10.1163/9789004261051\\_008](https://doi.org/10.1163/9789004261051_008)

Vladimir, L. (2016). Gestión y conservación de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco: aplicación de un índice multimétrico basado en la información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos. In *PUCE: Vol. I* (Issue 02, pp. 0–116). [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano\\_Guevara%2C](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano_Guevara%2C)

Karen

Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU.pdf?sequence=1&isAllowed=

Walteros, J. (2019). BIOMONITOREO ACUÁTICO PARTICIPATIVO, UNA ESTRATEGIA PARA PROMOVER LA CIENCIA CIUDADANA. *Progress in Retinal and Eye Research*, 561(3), S2–S3.

## 11. Anexos

### Anexo 1. Ficha de evaluación hidromorfológica

#### Ficha de evaluación de calidad hidromorfológica

<b>Información general:</b>			
<b>Responsable del monitoreo:</b>			
<b>Nombre de la Quebrada:</b>			<b>Coordenadas X:</b>
<b>Fecha:</b>			<b>Coordenadas Y:</b>
<b>Hora:</b>			<b>Punto de muestreo</b>

**Indicaciones:** Responda cada una de las siguientes preguntas y anote el valor de sus respuestas del 1 a 5 en la columna calificación. Finalmente sume todas la calificaciones para conocer el estado del río.

0	1	2	3	4	5	Calificación
<b>A. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera</b>						
<b>A1. Vegetación de ribera del páramo</b>						
Sin presencia de vegetación/tercera baldía	Grandes parches de tierra baldía y pocas hierbas	Si el río está rodeado por hierbas pisoteadas de ganadería o zonas agrícolas	Si el río está rodeado por al menos paramo herbáceo	Si el río está rodeado por al menos paramo de frailejones	Si el río está rodeado por vegetación natural del páramo	
<b>A2. Vegetación de ribera del bosque</b>						



Sin presencia de vegetación/terreno baldío	Si la vegetación está compuesta por pastizales o cultivos	Si la vegetación solo está compuesta por árboles introducidos	Si la vegetación está compuesta por arbustos o árboles introducidos	Si la vegetación está compuesta por más árboles que arbustos	Si la vegetación está compuesta por árboles o bosques mixtos propios de la zona	
<b>B. Continuidad de la ribera</b>						
Sin presencia de vegetación	Si la vegetación solo está en pequeños parches alejados entre si	Si la vegetación está en parches muy interrumpidos por infraestructura	Si la vegetación presenta parches de cultivos, pastizal e infraestructura	Si la vegetación presenta parches de cultivos no muy lejanos	Si la vegetación es continua sin parches de cultivos o pastizal	
<b>C. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje</b>						
Si está ocupado por agricultura o si los elementos de urbanismo ocupan más del 50%	Si los cultivos ocupan más del 50% del paisaje	Si el paisaje está compuesto por bosques y cultivos en menos de un 50%	Si la vegetación de ribera está próxima a elementos de urbanismo que ocupen menos del 50%	Si el paisaje está compuesto de vegetación en un 60%	Si el paisaje está compuesto de vegetación natural en más de un 75%	
<b>D. Presencia de basuras o escombros</b>						
Si la ribera tiene presencia de basuras o escombros acumuladas en forma de botadero	Si la ribera presenta islas separadas de basuras y escombros	Si la ribera cuenta con basura y escombros amontonadas en parches pequeños	Si la ribera presenta escasos escombros y basura de forma aislada y fácil de remover	Si la ribera presenta muy poca basura y escombros	Si la ribera no presenta basura ni escombros	
<b>E. Naturalidad del canal fluvial</b>						
Si los dos lados del río están modificados por una estructura sólida	Si uno de los canales del río está modificado por una estructura sólida	Si hay continuas modificaciones ya sea para plantaciones o cultivos	Si las terrazas adyacentes del río han sido modificadas para hacer plantaciones	Si el río tiene un canal natural y pocos tramos modificados	Si el río no muestra señales de que su cauce haya sido modificado, rectificado o canalizado	

F. Composición del sustrato					
Se evaluará de acuerdo a la presencia de los distintos sustratos que se encuentren en el lecho del río, por cada tipo de sustrato presente se suma un punto. Los principales tipos de sustrato que se tomarán en cuenta son piedras, canto, arena más arcilla, grava y bloque					
F. Evaluación cualitativa de los regímenes y profundidad del río					
	Regímenes - profundidad	Presente	Ausente		
	Rápido-somero	1	0		
	Rápido-profundo	1	0		
	Lento-somero	1	0		
	Lento-profundo	1	0		
	Todos presentes	1	0		
F. Heterogeneidad del paisaje					
Se evaluarán los elementos heterogéneos que favorecen el aumento de biodiversidad de organismos acuáticos como hojarasca, troncos, ramas, diques naturales, raíces sumergidas, vegetación sumergida como musgos, plantas y algas. La presencia de cada una de ellas sumará un punto					

*Anexo 2. Hidromorfología de la zona alta de la microcuenca Chuchuchir*



*Anexo 3. Evaluación de Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje, zona alta de la microcuenca*



*Anexo 4. Evaluación hidromorfológica de la quebrada Torre*



*Anexo 5. Evaluación de los elementos de heterogeneidad y sustratos de la quebrada Yurachupalla*



*Anexo 6. Evaluación de las características del canal fluvial de la quebrada Chuchuchir*



*Anexo 7. Evaluación de la calidad de la vegetación ribereña de la quebrada Tasqui*



*Anexo 8. Valoración de los elementos de heterogeneidad y sustrato de la quebrada Tasqui*



*Anexo 9. Evaluación de la vegetación de ribera del río Sinicapac*



*Anexo 10. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente*








*Anexo 11. Metodología red patada para la recolección de macroinvertebrados*







Anexo 12. Familias encontradas en el muestreo de macroinvertebrados

FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADAS EN LA MICROCUENCA CHUCHUCHIR			
CLASE	ORDEN	FAMILIA	
		<i>Hirudinea</i>	
<i>Clitellata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tritogeniidae</i>	
<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	
		<i>Elmidae</i>	
		<i>Scirtidae</i>	

*Athericidae*



*Gyniridae*



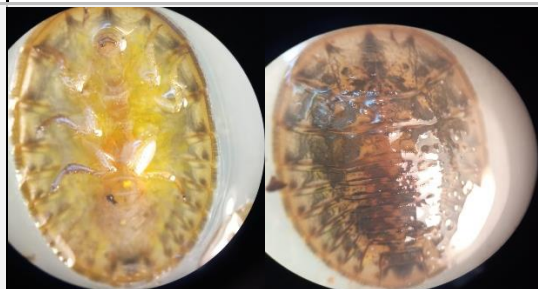
*Syrphidae*











*Staphylinidae*



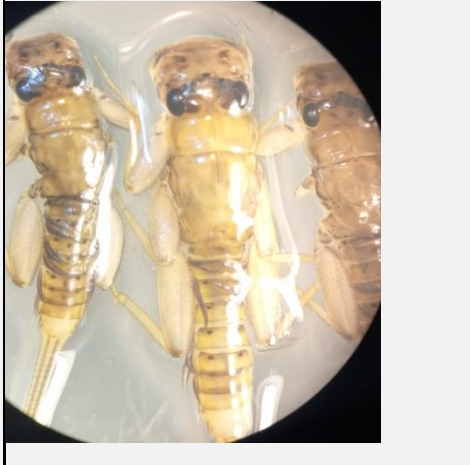








*Psephenidae*



	<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>		
				
<i>Ceratopogonidae</i>				
<i>Empididae</i>				

		<i>Tabanidae</i>	
		<i>Syrphidae</i>	
		<i>Tipulidae</i>	
		<i>Culicidae</i>	
		<i>Simuliidae</i>	

		<i>Chironomidae</i>		
		<i>Dolichopodidae</i>		
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>		
		<i>Leptohyphidae</i>		

		<i>Baetidae</i>	
<i>Ephemeroptera</i>		<i>Oligoneuriidae</i>	
		<i>Philopotamidae</i>	
<i>Trichoptera</i>		<i>Xiphocentronidae</i>	
		<i>Hydrobiosidae</i>	

*Leptoceridae*



*Hydropsychidae*






*Polycentropodidae*




*Calamoceratidae*

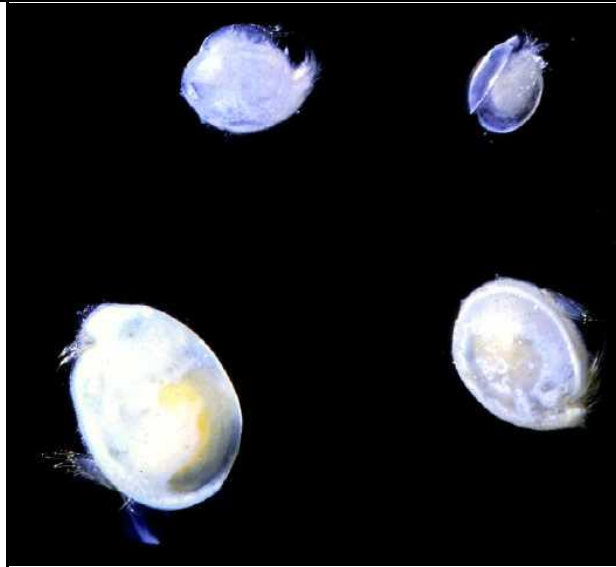


	<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	 <p data-bbox="703 712 826 748">SHOT ON REDMI 9 AI QUAD CAMERA</p>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Vellidae</i>	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	



<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	
<i>Bivalvia</i>	<i>Veneroida</i>	<i>Sphaeriidae</i>	
<i>Turbellaria</i>	<i>Tricladida</i>	<i>Planariidae</i>	

*Ostracoda*



**CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN DEL ABSTRACT**

**Yo, Nicolas Dreiman**

**MÁSTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO**

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el resumen del trabajo de Titulación: **“APLICACIÓN DEL PROTOCOLO CERA-S PARA DETERMINAR LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LA MICROCUENCA CHUCHUCHIR, CANTÓN SARAGURO”** de autoría de la estudiante Josselyn Dayana Balcázar Sinailin, previa a la obtención del título de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que crea conveniente.



.....  
**Firma: Nicolas Dreiman**

**MÁSTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO**