

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

AMBIENTAL



TESIS

DETERMINACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS
ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DEL RÍO CACHI (AYACUCHO, PERÚ) Y SU
IMPLICANCIA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN GESTIÓN

AMBIENTAL

TESISTA:

Yacca Ruiz, Judith Talia

ASESOR:

Ph.D. Walter Victor, Castro Aponte

CO-ASESOR:

Dr. Junior Alberto, Chuctaya Vásquez

HUANTA – PERÚ

2024

NOMBRE DEL TRABAJO

18.DETERMINACIÓN_DE_LA_INTEGRIDA
D_ECOLOGICA_DEL_RIO_CACHI.docx

RECuento DE PALABRAS

31965 Words

RECuento DE CARACTERES

176907 Characters

RECuento DE PÁGINAS

220 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

40.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 2, 2024 5:52 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 2, 2024 5:56 PM GMT-5

● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado
digitalmente por
CASTRO APONTE
Walter Victor FAU
20574653798 soft
Fecha: 2024.10.02
13:34:22 -06'00'

**“DETERMINACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS DEL RÍO CACHI (AYACUCHO, PERÚ) Y SU IMPLICANCIA EN LA
GESTIÓN AMBIENTAL”**

AUTOR

Bach. Judith Talia Yacca Ruiz

ASESOR

Ph.D. Walter Victor, Castro Aponte

CO-ASESOR

Dr. Junior Alberto, Chuctaya Vásquez



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS
HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

En ciudad de Huanta, en el auditorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 13 días del mes de diciembre de 2024, siendo las 17:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra
Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
Dr. Tulio Celestino Paytan Montañez

Presidente
Primer miembro
Segundo miembro

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 0119-2024-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Judith Talía Yacca Ruiz**, con la tesis titulada: **"DETERMINACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DEL RÍO CACHI (AYACUCHO, PERÚ) Y SU IMPLICANCIA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL"**; asesorado por el Ph. D. Walter Víctor Castro Aponte y como Coasesor el Dr. Junior Alberto Chuctaya Vasquez, para optar el Título profesional de: Ingeniero en Gestión Ambiental.

Observaciones:

Ninguna

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluador, las mismas que fueron defendidas y absueltas por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	(X)
Aprobado Muy Buenos	()
Aprobado Excelente	()
Desaprobado	()

Siendo las 6:15 p.m. se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

[Firma]
Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra
PRESIDENTE

[Firma]
Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
PRIMER MIEMBRO

[Firma]
Dr. Tulio Celestino Paytan Montañez
SEGUNDO MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza, la salud y el apoyo de mis seres queridos para culminar con éxito dicha investigación, porque con Él, nada es imposible. A mis padres Julián y Lucila, por su apoyo, dedicación, amor y guía incondicional para ser la persona que soy. De igual manera a mis hermanos y docentes quienes me acompañaron en este trayecto para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la fuerza, salud y el guía en iluminar mi camino permitiéndome alcanzar todos mis objetivos.

A mi abuelito Marino Ruíz Inga que está en el cielo, quien me ilumina y guía cada proceso de mi camino profesional.

A mis padres Julian Yacca Pareja y Lucila Ruíz Caballa por acompañarme en cada logro y caída permitiéndome levantar.

De igual manera a mis hermanos Kelly, Lincoln, Jhonseo y Kenny quienes son un motivo de apoyo día a día.

También al ing. Jhon Torre L. por su apoyo en los conocimientos brindados.

Asimismo, a mis docentes el Dr. Junior Chuctaya y el Dr. Walter Castro por su apoyo y asesoramiento durante el camino de la elaboración en la investigación de tesis.

RESUMEN

Este estudio evaluó la integridad ecológica del río Cachi, en Ayacucho, Perú, a través del monitoreo y análisis integral de las comunidades bióticas y de los índices de calidad del hábitat durante las estaciones seca y húmeda. La evaluación se realizó en seis puntos de monitoreo (P-01 a P-06), utilizando los índices QBR-Mon, IHF-Cord e IPA, además de un análisis de las comunidades ictiológicas, de perifiton y de macroinvertebrados. Los resultados mostraron que, en la temporada húmeda, el punto P-03 obtuvo el valor más alto de QBR-Mon (73), lo que sugiere un bosque ribereño ligeramente perturbado, pero de calidad general buena. Los puntos P-01, P-04 y P-06 presentaron valores intermedios (53-70), mientras que P-02 y P-05 registraron los valores más bajos (41.5-50), indicando una baja calidad ribereña. El índice IHF-Cord reveló una calidad de hábitat moderada en los puntos P-01, P-03, P-04 y P-06 (58.5-68), mientras que P-02 y P-05 mostraron menor calidad (33.5-48). El índice IPA evidenció presiones antropogénicas significativas en el punto P-05 en ambas estaciones, con valores de 37 y 38.5, respectivamente, reflejando un alto impacto humano. Durante la temporada seca, el análisis ictiológico identificó seis especies pertenecientes a cuatro familias (Characidae, Astroblepidae, Heptapteridae y Loricariidae), siendo el orden Siluriformes el grupo más diverso. La riqueza de la comunidad de perifiton fue mayor en la temporada seca (44 especies) en comparación con la húmeda (24 especies), con los puntos P-02 y P-06 presentando la mayor y menor abundancia, respectivamente. El índice genérico diatómico (IDG) reveló grados variables de contaminación del agua, con contaminación moderada a fuerte en la temporada seca y contaminación de media a muy fuerte en la temporada húmeda. El análisis de macroinvertebrados mostró variaciones en la riqueza y abundancia de especies entre los puntos, destacando P-06 por tener consistentemente una mayor riqueza. Los índices biológicos (BMWP/col, IBF, AAMBI, %EPT, %CA) confirmaron estos

resultados, identificando a P-03 y P-06 con mejor calidad de agua, mientras que P-02 y P-05 presentaron condiciones más degradadas. En conclusión, los puntos P-03 y P-06 exhibieron una integridad ecológica moderada, mientras que los puntos P-01, P-02, P-04 y P-05 mostraron una integridad pobre a muy pobre, lo que sugiere impactos ambientales sustanciales. Las estrategias de gestión propuestas incluyen la remoción de residuos sólidos, mejoras en el tratamiento de aguas residuales, fitorremediación, refuerzo regulatorio y educación comunitaria, con el fin de mitigar la contaminación y restaurar la salud ecológica del río. Este estudio destaca la necesidad de enfoques integrados de gestión para mejorar la integridad ecológica del río Cachi, garantizando la sostenibilidad de la calidad del agua y la conservación de su biodiversidad.

Palabras clave: índice biótico de familias (IBF), índice ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT), andean-amazon biotic index (AAMBI), índice diatómico genérico (DGI), índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA), índice de hábitat fluvial (IHF), índice de la calidad de la vegetación de ribera (QBR).

ABSTRACT

This study evaluated the ecological integrity of the Cachi River, in Ayacucho, Peru, through the monitoring and comprehensive analysis of biotic communities and habitat quality indices during the dry and wet seasons. The evaluation was carried out at six monitoring points (P-01 to P-06), using the QBR-Mon, IHF-Cord, and IPA indices, as well as an analysis of the ichthyological, periphyton, and macroinvertebrate communities. The results showed that, during the wet season, point P-03 obtained the highest QBR-Mon value (73), suggesting a slightly disturbed riparian forest but of overall good quality. Points P-01, P-04, and P-06 presented intermediate values (53-70), while P-02 and P-05 recorded the lowest values (41.5-50), indicating poor riparian quality. The IHF-Cord index revealed moderate habitat quality at points P-01, P-03, P-04, and P-06 (58.5-68), while P-02 and P-05 showed lower quality (33.5-48). The IPA index evidenced significant anthropogenic pressures at point P-05 in both seasons, with values of 37 and 38.5, respectively, reflecting high human impact. During the dry season, the ichthyological analysis identified six species belonging to four families (characidae, astroblepidae, heptapteridae, and loricariidae), with the order Siluriformes being the most diverse group. The richness of the periphyton community was higher in the dry season (44 species) compared to the wet season (24 species), with points P-02 and P-06 showing the highest and lowest abundance, respectively. The generic diatomic index (IDG) revealed varying degrees of water contamination, with moderate to high contamination in the dry season and moderate to very high contamination in the wet season. The macroinvertebrate analysis showed variations in species richness and abundance among the points, with P-06 consistently displaying greater richness. The biological indices (BMWP/col, IBF, AAMBI, %EPT, %CA) confirmed these results, identifying P-03 and P-06 with better water quality, while P-02 and P-05 showed more degraded conditions. In conclusion, points P-03 and P-06 exhibited moderate

ecological integrity, while points P-01, P-02, P-04, and P-05 showed poor to very poor integrity, suggesting substantial environmental impacts. The proposed management strategies include solid waste removal, improvements in wastewater treatment, phytoremediation, regulatory reinforcement, and community education, aimed at mitigating pollution and restoring the river's ecological health. This study highlights the need for integrated management approaches to improve the ecological integrity of the Cachi river, ensuring the sustainability of water quality and the conservation of its biodiversity.

Keywords: family biotic index (IBF), ephemeroptera, plecoptera and trichoptera index (EPT), andean-amazon biotic index (AAMBI), generic diatomic index (DGI), index of anthropogenic pressures on the river ecosystem (IPA), index of river habitat (IHF), riverside vegetation quality index (QBR).

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xvii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1 Descripción y formulación del problema.	21
1.2 Objetivos	25
1.3 Justificación e importancia	26
1.4 Hipótesis	27
1.5. Variables	32
II. MARCO TEÓRICO	39
2.1 Antecedentes	39
2.2 Bases teóricas	49
2.3 Definición de términos	63
III. METODOLOGÍA	65
3.1. Tipo y nivel de investigación	65
3.2. Ámbito Temporal y Espacial	66
3.3. Población y muestra	67
3.4. Instrumentos	68
3.5. Procedimientos	70
3.6. Análisis de datos	85
IV. RESULTADOS	85
V. DISCUSIONES.....	114
VI. CONCLUSIONES.....	120
VII. RECOMENDACIONES	123
VIII. REFERENCIAS.....	125
IX. ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	35
Tabla 2 Puntos de colecta del río Cachi	72
Tabla 3 Rangos de la calidad según el índice QBR-Mon son:	74
Tabla 4 Rangos de la calidad general según el índice IHF-Cord son:	75
Tabla 5 Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.	75
Tabla 6 Clasificación de la calidad de agua basada en el índice Biótico de Familia (IBF), según Hilsenhoff (1988).	78
Tabla 7 Evaluación de la calidad de agua a partir del puntaje del índice biótico andino-amazónico (AAMBI).	78
Tabla 8 Clase, valores y característica para agua naturales clasificadas mediante el índice BMWP por (Zamora - Muñoz y Alba - Tercedor, 1996).	79
Tabla 9 Sistema para la determinación del índice de monitoreo biológico - BMWP - Biological Monitoring Working Party Score System por Alba Tercedor & Sanchez - Ortega (1988).	79
Tabla 10 Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP (Roldan, 1988).	80
Tabla 11 Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores del índice EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera).	82
Tabla 12 Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores (%CA)..	82
Tabla 13 Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores IDG.....	83
Tabla 14 Índice de la calidad ambiental.....	84
Tabla 15 Hoja de registro del mes de octubre (época seca) del río Cachi Ayacucho – Perú	86
Tabla 16 Hoja de registro del mes de junio (época húmeda) del río Cachi Ayacucho - Perú	86
Tabla 17 Lista de especies colectadas en la época seca en la microcuenca del río Cachi.	91

Tabla 18 <i>Análisis cualitativo y cuantitativo de perifitón (organismos/cm²) en la época seca.</i>	94
Tabla 19 <i>Análisis cualitativo y cuantitativo de perifitón (organismos/cm²) en la época húmeda.</i>	96
Tabla 20 <i>Determinación del índice diatómico genérico de los ambientes acuáticos en la época seca.</i>	97
Tabla 21 <i>Determinación del índice diatómico genérico de los ambientes acuáticos en la época húmeda.</i>	98
Tabla 22 <i>Macroinvertebrados registrados en los cuerpos de agua muestreados (Ind/m²) época seca.</i>	99
Tabla 23 <i>Análisis de macroinvertebrados del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época seca.</i>	101
Tabla 24 <i>Evaluación de la calidad del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época seca.</i>	101
Tabla 25 <i>Macroinvertebrados registrados en los cuerpos de agua muestreados (ind/m²) junio (época seca).</i>	103
Tabla 26 <i>Análisis de macroinvertebrados del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época húmeda.</i>	104
Tabla 27 <i>Evaluación de la calidad del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época húmeda.</i>	105
Tabla 28 <i>Cálculo del índice de calidad ambiental de la época seca.</i>	107
Tabla 29 <i>Cálculo del índice de calidad ambiental de la época húmeda.</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de las microcuencas de la cuenca del río Cachi, con información de la microcuenca Huanta (color azul), Pongora (anaranjado oscuro) y San Pedro de Cachi (verde).	52
Figura 2 Puntos de colecta en la microcuenca del río Cachi.	71
Figura 3 Índice de la calidad ambiental	84
Figura 4 Índice de la integridad ecológica.	84
Figura 5 Gráfico de barra comparativo del índice de calidad de ribera del bosque montano (QBR-Mon) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho – Perú.....	87
Figura 6 Gráfico de barra comparativo del índice de habitad fluvial de cordillera (IHF-Cord) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho - Perú.	88
Figura 7 Gráfico de barra comparativo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho - Perú. ...	89
Figura 8 Gráfico de riqueza de especies por órdenes (a) y familias (b) en los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho – Perú.	91
Figura 9 Índice de integridad ecológica de la época seca.	108
Figura 10 Índice de integridad ecológica de la época húmeda.	108

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso estratégico para el ser humano, y nuestra supervivencia depende de su disponibilidad. Sin embargo, a pesar de su importancia, este recurso enfrenta graves amenazas según el Foro Económico Mundial, (2019). Actualmente, a nivel mundial, existe un creciente interés en preservar los ecosistemas fluviales; no obstante, en Latinoamérica, se presenta una constante degradación de estos ecosistemas debido al aumento en la explotación del recurso y la contaminación de las aguas (Pringle et al., 2000).

En el Perú, la determinación de la calidad del agua se basa principalmente en variables físico-químicas. Estas variables han permitido la creación de índices y estándares de calidad de agua, cuyo objetivo es ser utilizados como criterios para seleccionar el tipo de agua para diferentes usos y proteger los cuerpos de agua de la contaminación. Ejemplos de estos son los estándares establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estos resultados ofrecen una imagen parcial del ecosistema, como es el caso del monitoreo físico-químico, que se ve influenciado por factores como el flujo de agua al momento de la recolección de muestras y el patrón de vertidos contaminantes, muchos de los cuales se diluyen fácilmente y pasan desapercibidos (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2015).

Por otro lado, existe el enfoque hidrobiológico, ampliamente utilizado a nivel mundial para determinar la calidad del agua en ambientes lóticos y lénticos (Lobo et al., 2004; Salomoni et al., 2006; Ustaoglu et al., 2020; Calderón et al., 2023) y para evaluar el deterioro de la calidad del agua (Garba et al., 2022). La determinación de la calidad, integridad y salud de los ríos, quebradas y lagunas utilizando indicadores biológicos se ha implementado oficialmente en países como la Unión Europea, Japón, República de Corea, Sudáfrica y EE. UU. En otros países, su implementación se ha dado a nivel estatal o provincial, o por cuencas principales, como es el caso

de Australia, Canadá, China, Nueva Zelandia y Singapur (Feio et al., 2022). Un ejemplo de la aplicación de indicadores biológicos es el Sistema de Evaluación Ecológica de la Calidad del Agua de la Directiva Marco Sobre el Agua (DMA) de la Unión Europea (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de octubre de 2000), que incorpora metodologías basadas en el monitoreo de bentos, plancton, perifiton y peces para complementar el monitoreo de calidad de agua con información físico-química. Esta metodología permite evaluar la perturbación o contaminación de un ecosistema a través del tiempo y el espacio.

En el Perú, el uso de indicadores biológicos es un requerimiento obligatorio para la elaboración de instrumentos de gestión ambiental y líneas base de estudios ambientales, así como para monitoreos hidrobiológicos (Decreto Supremo N.º 013-2020-PRODUCE). Según la Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), todo proyecto cuyo estudio incluya un cuerpo de agua o ecosistema acuático continental debe caracterizar el componente hidrobiológico, que abarca el análisis de bentos, necton, plancton y perifiton, debido a su función como productores primarios, secundarios y bioindicadores de calidad de agua (Decreto Supremo N.º 455-2018-MINAM).

En los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas, los indicadores biológicos (plancton, bentos y perifiton) se encuentran bajo el parámetro de "Organismos de vida libre" (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos), y su análisis es obligatorio para evaluar aguas de la Categoría 1: Poblacional y Recreacional, en la Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Para la subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), la abundancia de organismos debe ser 0 Organismos/L, mientras que para las subcategorías A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) y A3 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado),

debe ser menor a 5×10^6 Organismos/L. En los últimos años, se ha propuesto la inclusión de indicadores biológicos para evaluar la calidad del agua en las diferentes categorías del ECA para Agua, como complemento al monitoreo de parámetros físico-químicos, permitiendo analizar la perturbación o contaminación de un ecosistema a lo largo del tiempo y espacio. En este contexto, se ha sugerido adoptar el sistema de evaluación ecológica de calidad de agua de la DMA de la Unión Europea (Directiva 2000/60/CE) (ANA, 2015).

Los indicadores biológicos se han utilizado para determinar el estado de conservación de diversos ambientes acuáticos en el Perú, desde lagos altoandinos (Iannacone & Alvarino, 2016; Tapia et al., 2018; Baylon et al., 2018), ríos altoandinos (Paredes et al., 2004; Valerio & Tafur, 2015; Custodio & Chanamé, 2016; Leiva-Tafur et al., 2017; Alomía et al., 2017; Quispe et al., 2021), ríos costeros (Tafur et al., 2013; Iannacone et al., 2013; Vélez-Azañero et al., 2016; Tisnado et al., 2020), y ríos amazónicos (Ortega et al., 2010; García-Huamán et al., 2011; Trama et al., 2020). Además, estos indicadores han sido utilizados para caracterizar hábitats acuáticos en proyectos de inversión como el gaseoducto de Perú LNG, que se extiende desde Ayacucho hasta Lima (Arana & Carranza, 2018), el proyecto de Gas de Camisea (Chagua et al., 2013), y en tramos de embalses y represas (Balmaceda-Lozada, 2019).

En la región de Ayacucho, existen pocos estudios utilizando indicadores biológicos para determinar la calidad e integridad ecológica del agua en ambientes acuáticos. Entre los trabajos publicados, se han utilizado macroinvertebrados acuáticos (bentos) para evaluar la calidad de agua de los arroyos de los bofedales Guitarrachayoc y Pichccahuasi (Carrasco et al., 2020), la calidad del agua del río Alameda y su unión con el río Huatatas, cuenca del Mantaro (Badajoz et al., 2022), y la calidad de los ríos urbanos (Carrasco-Badajoz et al., 2022). No obstante, no hay estudios

publicados sobre la calidad de agua utilizando indicadores biológicos en la microcuenca del río Cachi y sus afluentes.

La microcuenca del río Cachi actualmente enfrenta impactos antropogénicos, siendo las principales amenazas el vertimiento de aguas residuales sin licencias correspondientes y la presencia de lagunas de oxidación o pozos percoladores con deficiente operación y mantenimiento (GESSAN, 2016). Además, se observan actividades como la agricultura, ganadería, saneamiento, desmontes de pavimento y residuos en las orillas del río Cachi y sus afluentes, que no están siendo monitoreadas y podrían estar deteriorando la calidad e integridad del agua en la microcuenca. Según algunos autores, la cuenca se denomina cuenca del río Cachi (GESSAN, 2016), mientras que otros la denominan cuenca del Huarpa (ANA, 2018). La microcuenca del río Cachi, parte de la cuenca del Huarpa, está clasificada como categoría 3, es decir, agua para riego de vegetales y consumo animal (ANA, 2018).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo responder a la pregunta general: ¿En qué estado se encuentra la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en los tramos de San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta?

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema.

El agua es un recurso esencial para la vida en la Tierra, y su disponibilidad ha sido gravemente afectada en los últimos años debido a la actividad antrópica, que ha generado cambios acelerados en el ambiente. Este fenómeno está relacionado con el aumento de la población y los cambios en los patrones de consumo (Guijarro, 2017). Otro factor clave es el cambio climático, que ha provocado sequías prolongadas y alteraciones en los patrones de precipitación (Lu et al., 2019). El agua es indispensable para la producción de casi todos los bienes y servicios, siendo especialmente relevante para la producción de alimentos y fibras a través de la agricultura, el procesamiento de cultivos y su uso en actividades domésticas como la preparación de alimentos, el lavado de ropa y el saneamiento (Boyd, 2020).

A lo largo de la historia, el ser humano ha buscado maneras de identificar la idoneidad del agua para diversos fines, determinando que el agua salada no es adecuada para el consumo humano, el ganado o la agricultura, y que el agua clara es preferible para uso doméstico. Algunas aguas, no obstante, se identificaron como peligrosas, ya que podían causar enfermedades o la muerte tanto en humanos como en animales (Boyd, 2020). Esto llevó a la búsqueda de métodos para evaluar la calidad y la integridad ecológica de los cuerpos de agua. Cualquier propiedad física, química o biológica del agua que influya en los sistemas ecológicos naturales o en su consumo por parte del ser humano constituye una variable de calidad del agua (Helmer & Hespanhol, 1997; Boyd, 2020). La calidad y la integridad ecológica están íntimamente relacionadas con las presiones antrópicas que se ejercen sobre un sistema fluvial. Por ello, identificar estas amenazas, su magnitud y

distribución nos permitirá establecer objetivos de manejo para gestionar, mitigar o remediar problemas específicos (Encalada et al., 2018).

Diversas enfermedades pueden propagarse a través del contacto con aguas contaminadas por patógenos como bacterias, virus o parásitos, afectando la salud humana tanto al ser ingeridas como al entrar en contacto con la piel. Esto sucede cuando el agua está contaminada por desechos humanos o animales, residuos industriales o por otros contaminantes (Gargano et al., 2017). El Ministerio de Salud del Perú, a través del Decreto Supremo N° 031-2010-SA, establece la necesidad de evaluar parámetros microbiológicos y la presencia de organismos de vida libre como plancton, perifiton y zooplancton para determinar si el agua cumple con los requisitos de calidad para el consumo humano. Por ello, es fundamental garantizar que el agua consumida sea limpia y segura, mediante el uso de filtros o tratamientos adecuados y evitando el consumo de peces provenientes de aguas contaminadas (Bienenfeld et al., 2003). Asimismo, es crucial tomar medidas para prevenir la contaminación del agua, como el adecuado manejo de residuos y la regulación de la actividad industrial cercana a las fuentes de agua (Helmer & Hespanhol, 1997). Aunque el agua destinada al consumo animal no requiere la misma calidad que la destinada al consumo humano, no debe causar enfermedades ni la muerte del ganado (Wen et al., 2020).

En el Perú, la contaminación de cuerpos de agua como ríos, lagos y mares es ocasionada principalmente por vertimientos domésticos, industriales, desechos químicos, basura, relaves mineros y residuos agrícolas (Echarri, 2007). Todos estos impactos afectan directamente la calidad e integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos de las cuencas (Encalada et al., 2018).

Los indicadores biológicos, como las comunidades de fitoplancton, zooplancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados acuáticos) y peces, son fundamentales para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos (Encalada et al., 2018). Estos organismos se han utilizado a nivel mundial para monitorear la calidad del agua (Lobo et al., 2004; Salomoni et al., 2006; Ustaoğlu et al., 2020; Calderon et al., 2023). En Perú, el uso de estos indicadores es un requisito en los estudios de impacto ambiental (DS 013-2020-PRODUCE) y han sido empleados para evaluar la calidad de diversos ecosistemas acuáticos (Ortega et al., 2010; Tapia et al., 2018; Arana & Carranza, 2018; Carrasco-Badajoz et al., 2022). Estos organismos se seleccionan por su capacidad para detectar cambios en el ambiente, como la conductividad, eutrofización, niveles de oxígeno y pH, así como su sensibilidad a contaminantes como fertilizantes e insecticidas (Pinilla, 2000).

El análisis de indicadores biológicos, como el *andean-amazon biotic index* (AAMBI), adaptado de Ríos-Touma et al. (2014) y basado en el BMWP de Roldán-Pérez (2016) y Acosta (2009), junto con índices de calidad ambiental como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), el índice de calidad de la vegetación de ribera (QBR) y el Índice de Impactos Antropogénicos (IPA), permiten determinar la integridad ecológica de los cuerpos de agua (Encalada et al., 2018).

La presencia o ausencia de ciertas especies puede ser indicativa de contaminación por nutrientes o productos químicos, o bien de una deficiencia de oxígeno en el agua. Por ejemplo, las familias de macroinvertebrados como *ephemeroptera*, *plecoptera* y *trichoptera* (EPT) son indicadoras de aguas limpias y sensibles a la contaminación (Pinilla, 2000). En cuanto a los peces, estos también pueden actuar como indicadores biológicos; la

ausencia de peces o la presencia de especies exóticas puede señalar contaminación o cambios en las condiciones del agua. Sin embargo, la presencia de peces no siempre garantiza que el agua sea apta para el consumo humano, ya que algunos peces pueden acumular patógenos como *vibrio spp.*, *listeria monocytogenes*, *yersinia spp.*, y variantes patógenas de *salmonella* y *clostridium botulinum* (Novoslavskij et al., 2016), así como compuestos tóxicos que se acumulan en sus tejidos a lo largo de su vida, en un proceso conocido como magnificación (Streit, 1998), lo que los convierte en un riesgo para el consumo humano (Bienenfeld et al., 2003; Gargano et al., 2017).

Este estudio tiene como objetivo determinar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en un tramo comprendido entre los 2227 y 2535 msnm, cubriendo una longitud aproximada de 30 km, desde el punto P-01 hasta el P-06. Se recolectarán muestras durante la temporada de lluvias y se compararán con datos previamente obtenidos en la época seca. El muestreo se llevará a cabo en seis estaciones lógicas ubicadas entre Pongora, San Pedro de Cachi y Huanta. Las asignaciones de los puntos de muestreo se realizaron de manera analítica. Para los indicadores biológicos, se obtendrán muestras de bentos, perifiton y peces. Para los indicadores ambientales, se seguirá el protocolo sugerido por Encalada et al. (2018), evaluando el índice de hábitat fluvial (IHF-Cord), el índice de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) y el índice de impactos antropogénicos (IPA). A través de esta información, se identificarán los peligros potenciales, su alcance y dispersión, lo que permitirá proponer metas específicas de manejo para mitigar o remediar los impactos negativos sobre la salud del ecosistema.

Formulación del problema de investigación

Interrogante general

¿Cuál es el estado de la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en el tramo comprendido entre San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta?

Interrogantes específicas

¿Qué revelan los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) sobre el estado del río Cachi?

¿Qué información proporciona el índice de presiones antropogénicas (IPA) acerca de la integridad de los ecosistemas acuáticos del río Cachi?

¿Qué nos indican los indicadores biológicos, como bentos, perifiton y peces, respecto al estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi?

¿Cuáles son las implicancias de los resultados obtenidos de los índices para la gestión ambiental del río Cachi?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en el tramo San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) de los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

Determinar el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

Determinar el estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi utilizando indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces).

Identificar las implicancias que se pueden inferir de los índices obtenidos, para la gestión ambiental del río Cachi.

1.3 Justificación e importancia

Los resultados de este estudio permitirán evaluar la integridad ecológica de los ambientes acuáticos en la cuenca del río Cachi. Se seleccionó la región comprendida entre San Pedro de Cachi y el puente Alcomachay debido a que estos ambientes acuáticos reciben el flujo de agua proveniente de la parte alta de la cuenca, antes de la confluencia con el río Mantaro. Además, esta zona se encuentra en la provincia de Huanta, lo que otorga relevancia local tanto para la población como para las autoridades locales.

La información generada proporcionará un panorama detallado sobre la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos, en una escala espacial y temporal más amplia. Esto contribuirá a mejorar la eficacia de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y los Límites Máximos Permisibles (LMP), que son instrumentos clave para la gestión ambiental del recurso hídrico. Cabe destacar que los actuales mecanismos de monitoreo y evaluación, como los estudios de impacto ambiental (EIA), presentan limitaciones al abordar la gestión de las comunidades hidrobiológicas de un ecosistema. En este sentido, este estudio enfatiza la importancia de incluir indicadores biológicos para una evaluación más completa de la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos, destacando la necesidad de incorporar monitoreos hidrobiológicos y evaluaciones ecológicas como herramientas de gestión ambiental en el contexto peruano.

Adicionalmente, este estudio proporcionará información técnico-científica sobre la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos en seis puntos de monitoreo, ubicados entre las microcuencas de San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta. Esta información será útil para afrontar los desafíos futuros relacionados con el uso sostenible del recurso hídrico. Además, servirá como material de apoyo para futuras investigaciones en ciencias ambientales, y como una base de referencia para estudios ambientales y monitoreos hidrobiológicos.

Los resultados beneficiarán directamente a la población aledaña, permitiéndoles comprender el estado actual de los ecosistemas acuáticos y su conservación, lo que a su vez facilitará la adopción de medidas de gestión ambiental en la cuenca. Finalmente, esta investigación es pionera en la región, ya que realiza un análisis integrador utilizando diversos indicadores biológicos y físicos para determinar la integridad ecológica de los ambientes acuáticos evaluados.

1.4 Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Los ecosistemas acuáticos del río Cachi, en Ayacucho, Perú, han sufrido una disminución en su integridad ecológica debido a la influencia de factores antropogénicos. Estas alteraciones, derivadas de actividades humanas como la contaminación del agua, la deforestación de las áreas circundantes, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la construcción de infraestructuras, han provocado cambios en la calidad del agua, la diversidad y abundancia de especies acuáticas, así como en la funcionalidad de los ecosistemas. Estas modificaciones tienen implicancias significativas para la gestión ambiental del río Cachi.

1.4.2. Hipótesis específicas

“Se plantea la hipótesis específica de que, al determinar los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR) y del hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se observará un estado deficiente tanto en la calidad de la vegetación ribereña como en la funcionalidad del hábitat fluvial, lo que indicará una degradación significativa de estos ecosistemas.”

Esta hipótesis sugiere que la aplicación de los índices QBR-Mon e IHF-Cord en los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Cachi revelará una disminución en la calidad de la vegetación ribereña y una degradación en la función del hábitat fluvial. Se espera que los resultados del QBR muestren una baja diversidad y abundancia de especies vegetales ribereñas, acompañada de alteraciones en la estructura y composición de la vegetación. Del mismo modo, se anticipa que el IHF-Cord refleje un hábitat fluvial deteriorado, con una reducción en la disponibilidad de refugios, zonas de alimentación y áreas de reproducción para la fauna acuática.

La principal implicancia de esta hipótesis es que la evidencia de una baja calidad en la vegetación ribereña y de un hábitat fluvial comprometido resalta la urgencia de implementar medidas específicas de restauración y conservación para mejorar la salud de los ecosistemas acuáticos del río Cachi. Entre las acciones sugeridas se encuentran la restauración de la vegetación ribereña, la adopción de prácticas de manejo sostenible para prevenir la erosión y la sedimentación, y la creación de hábitats adecuados para la fauna acuática. La evaluación mediante los índices QBR e IHF-Cord proporcionará información crítica sobre el estado de

conservación de estos ecosistemas, sirviendo de base para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental, orientadas a su preservación y recuperación.

“Se plantea la hipótesis de que, al determinar el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se evidenciará un nivel significativo de presiones antropogénicas que impactan negativamente el equilibrio y la salud de estos ecosistemas.”

Esta hipótesis sugiere que, al aplicar el IPA en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se identificarán y cuantificarán las presiones ejercidas por actividades humanas sobre estos ecosistemas. Se espera que los resultados del IPA revelen factores antropogénicos como la contaminación del agua, la extracción desmedida de recursos acuáticos, la alteración del cauce y la vegetación ribereña, la construcción de infraestructuras o la introducción de especies exóticas. Estas presiones pueden degradar la calidad del agua, reducir la biodiversidad y alterar tanto la estructura como la función de los ecosistemas acuáticos.

La principal implicancia de esta hipótesis es que la identificación de un nivel elevado de presiones antropogénicas subraya la urgencia de implementar medidas de gestión y conservación orientadas a minimizar y mitigar sus impactos negativos en los ecosistemas del río Cachi. Entre las acciones necesarias se incluyen la promoción de prácticas sostenibles para el manejo de recursos hídricos, el control de la contaminación, la restauración de hábitats degradados y la sensibilización de la comunidad local sobre la importancia de la protección ambiental. La determinación del IPA proporcionará información crucial sobre las principales presiones antropogénicas, facilitando la toma de decisiones informadas y la

implementación de estrategias de gestión ambiental efectivas que garanticen la conservación y protección a largo plazo de estos ecosistemas.

“Se plantea la hipótesis específica de que, al utilizar indicadores biológicos como bentos, perifiton y peces para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se evidenciará una disminución significativa en la diversidad y abundancia de especies acuáticas, así como alteraciones en la estructura y funcionalidad de dichos ecosistemas, lo que indicará un estado de conservación deficiente.”

Esta hipótesis sugiere que la evaluación de los ambientes acuáticos del río Cachi a través de indicadores biológicos permitirá identificar signos de deterioro en la salud ecológica de sus ecosistemas. Los indicadores considerados incluyen la diversidad y abundancia de especies acuáticas, la presencia de especies indicadoras de calidad del agua, la estructura de las comunidades biológicas y la detección de especies invasoras o en peligro de extinción. Se espera que estos indicadores reflejen una disminución significativa en comparación con las condiciones de conservación óptima.

La principal implicancia de esta hipótesis es que la evidencia de un estado de conservación deficiente en los ecosistemas acuáticos del río Cachi subraya la necesidad urgente de implementar medidas de conservación y restauración. Estas acciones pueden incluir la reducción de la contaminación del agua, la restauración y protección de los hábitats acuáticos, el control de la introducción de especies invasoras y la promoción de prácticas de gestión sostenible del recurso hídrico. La utilización de indicadores biológicos proporcionará información clave para la toma

de decisiones en la gestión ambiental y permitirá la implementación de estrategias más eficaces para la conservación de los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

“Se plantea la hipótesis de que al determinar los índices de integridad ecológica en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se identificarán implicancias significativas para la gestión ambiental, como la necesidad de implementar medidas de conservación, restauración y manejo sostenible de los recursos hídricos.”

Esta hipótesis sugiere que, al obtener y analizar los índices de integridad ecológica, se podrá inferir información clave para la gestión ambiental de la zona. Se espera que dichos índices reflejen la salud general de los ecosistemas acuáticos, evaluando factores como la calidad del agua, la diversidad y abundancia de especies, la estructura y función de los hábitats, y la resiliencia de los ecosistemas ante perturbaciones.

Las principales implicancias derivadas de los índices podrían señalar la necesidad urgente de adoptar medidas de conservación y restauración, tales como la protección de áreas ecológicamente sensibles, la rehabilitación de hábitats degradados y la preservación de especies en riesgo. Además, estos índices podrían resaltar la importancia de implementar prácticas de manejo sostenible de los recursos hídricos, incluyendo la regulación de la extracción de agua, la mitigación de la contaminación y la promoción de prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles.

La gestión ambiental del río Cachi deberá considerar las implicancias derivadas de los índices de integridad ecológica para diseñar estrategias de

conservación y manejo adecuadas. Estas estrategias podrían incluir la promoción de la participación comunitaria, la formulación de políticas de protección, y programas de educación ambiental que fomenten la conciencia y la responsabilidad en la preservación de los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

1.5. Variables

Las variables se agrupan en dos categorías: Variable 1 y Variable 2. La Variable 1 incluye las características del hábitat e impactos, además de las comunidades biológicas. Por su parte, la Variable 2 agrupa todos los índices que se calcularán a partir de las características incluidas en la Variable 1. A continuación, se detalla el contenido de cada una de las variables:

Variable 1

Hábitat fluvial: Se evaluará en función de siete apartados descritos por Encalada et al. (2019), los cuales incluyen: composición del sustrato, frecuencia de rápidos, presencia de sustratos enterrados en el lecho del río, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática. El criterio utilizado será el porcentaje, que permitirá categorizar cada apartado con una puntuación entre 0 y 10.

Vegetación de riberas: La evaluación se realizará siguiendo siete apartados también descritos por Encalada et al. (2019), que incluyen: grados de cobertura de la ribera, porcentaje de cobertura vegetal en la zona de recarga, composición de diferentes tipos de vegetación, estructura de la zona de recarga, porcentaje de especies exóticas, grado de naturalidad del canal y orillas, y modificaciones en el canal fluvial y las orillas.

Presiones antropogénicas en el ecosistema fluvial: Se basará en la presencia de diversas presiones puntuales como: vertidos industriales, aguas servidas, extracción de agua, vertidos de piscicultura, minería en el lecho del río y basura en el cauce. También se considerarán presiones difusas, tales como: agricultura, ganadería, carreteras y presencia de plantas exóticas, según lo descrito por Encalada et al. (2019).

Organismos biológicos (bentos, perifitón y peces): bentos (macroinvertebrados acuáticos), evaluará en función de la composición de las familias de macroinvertebrados colectados en los ambientes acuáticos; perifitón, se basará en la composición de géneros de perifiton colectados en los ambientes acuáticos y peces, se evaluará en función de la composición de especies de peces colectados en los ambientes acuáticos.

Variable 2

Índice de hábitat fluvial de cordillera: Basado en las características del hábitat fluvial, se obtendrá una puntuación entre 0 y 100, donde un valor de 100 indica un hábitat fluvial de excelente calidad y un valor cercano a 0 refleja una calidad de agua fluvial deficiente. Este índice, descrito por Encalada et al. (2019), no tiene una unidad de medida.

Índice de calidad de hábitat ribereño: A partir de la información de las características del hábitat ribereño, se calculará una puntuación entre 0 y 100. Un valor de 100 representa una ribera de excelente calidad, mientras que un valor cercano a 0 indica una calidad ribereña deficiente. Este índice tampoco presenta unidad de medida y fue descrito por Encalada et al. (2019).

Índice de presión antropogénica: Cada tipo de presión se valorará con un puntaje entre 0 y 5, sumándose para obtener un valor total que oscila entre 0 y 70. Un valor cercano a 0 indicará ausencia de presiones antropogénicas, mientras que valores cercanos a 70 reflejarán la presencia de fuertes y diversas presiones antropogénicas. Este índice fue descrito por Encalada et al. (2019).

Indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces): Para los bentos (macroinvertebrados acuáticos), se estimarán el índice biótico de familia (IBF) (Hilsenhoff, 1988), el índice ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT) (Roldán, 1998) y el índice biótico andino amazónico (AAMBI) (Encalada et al., 2019). Para el perifiton, se calculará el índice diatómico genérico (DGI) (Rumeau & Coste, 1988). Estos índices no poseen una unidad de medida.

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable 1: Caracterización física, biológica e impactos antropogénicos de un ecosistema acuático	Incluye tanto las características del hábitat ribereño como del fluvial, además de los impactos antropogénicos. Asimismo, se aborda la caracterización de las comunidades biológicas, que incluyen macroinvertebrados bentónicos, perifiton y peces	Esta variable se evaluará a través de fichas de observación específicas para cada tipo de característica. En el caso de la caracterización física, se utilizarán fichas de observación para describir la vegetación ribereña y el hábitat fluvial.	Hábitat fluvial	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas Frecuencia de rápidos Composición de sustrato Regímenes de velocidad-profundidad Porcentaje de sombra en el cauce Elementos de heterogeneidad Cobertura de vegetación acuática
		Para las características relacionadas con los impactos, se empleará una ficha de impactos antropogénicos, según lo descrito por Encalada et al. (2018). En cuanto a las características biológicas, se basarán en listas	Vegetación de riberas	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m) Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m) Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m) Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m) Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga Grado de naturalidad del canal fluvial Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)
			Presiones antropogénicas en el ecosistema fluvial	Presiones puntuales (vertidos, extracción, minería, basura) Presiones Difusas (agricultura, ganadería, carretera, plantas exóticas)

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
		taxonómicas de macroinvertebrados, perifiton y peces, siguiendo la recomendación del MINAM (2014).	Organismos biológicos	Otro tipo de presiones (especies introducidas, infraestructuras en el canal de río)
				Composición de especies
				Riqueza
				Abundancia
			Perifitón	Composición de especies
				Riqueza
			Peces	Abundancia
				Composición de especies
Variable 2: Índices para determinar la integridad ecológica de un ecosistema acuático	Índices que serán calculados con las características que se encuentren en la variable 1	Los índices que nos permitirán evaluar la integridad ecológica de un ecosistema acuático se calcularán de acuerdo con los protocolos sugeridos por Encalada et al. (2018), para determinar el Índice de Hábitat Fluvial (IHF-Cord), el Índice de Calidad de la Vegetación Ribereña (QBR-	Índice de hábitat fluvial de cordillera	Valor de IHF cercanos a 0: pésima calidad del hábitat fluvial
				Valor de IHF cercanos a 50: media calidad del hábitat fluvial
				Valor de IHF cercanos a 100: excelente calidad del hábitat fluvial
			Índice de calidad de hábitat ribereña	Valor de QBR cercanos a 0: pésima calidad de ribera
				Valor de QBR cercanos a 50: media calidad de ribera
				Valor de QBR cercanos a 100: excelente calidad de ribera
			Índice de presión antropogénica	Valor IPA entre 0 y 17: baja presión antropogénica
				Valor IPA entre 18 y 35: media presión antropogénica

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
		Mon) y el Índice de Impactos Antropogénicos (IPA). En cuanto a los índices biológicos, se calcularán siguiendo los métodos propuestos por Encalada et al. (2018), Roldán-Pérez (2016), Hilsenhoff (1988), Acosta (2009) y Coste y Ayphassorho (1991).		Valor IPA entre 36 y 53: fuerte presión antropogénica Valor IPA superior a 54: muy fuerte presión antropogénica >121: excelente calidad 90-120: muy buena calidad AAMBI 50-89: buena calidad 36-49: regular calidad <35: mala calidad ≥121: muy buena calidad 101 – 120: buena 61 – 100: aceptable 36 – 60: dudosa 16 – 35: crítica ≤15: muy crítica Organismos biológicos Macroinvertebrados bentónicos 0,00-3,75: excelente calidad 3,76-4,25: muy buena calidad 4,26-5,00: buena IBF 5,01-5,75: regular 5,76-6,50: malsana 6,51-7,25: nociva 7,26-10,00: muy nociva EPT 75 - 100: muy buena calidad 50 - 74: buena calidad 25 - 49: regular calidad 0 - 24: mala calidad %CA >50%: contaminado <50%: no contaminado

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES
			Perifitón	IDG	IDG > 4.5: calidad optima 4.0 < IDG < 4.5: calidad normal 3.5 < IDG < 4.0: contaminación moderada 3.0 < IDG < 3.5: contaminación media 2.0 < IDG < 3.0: contaminación fuerte 1.0 < IDG < 2.0: contaminación muy fuerte IDG = 0: contaminación tóxica
			Peces		Análisis de la composición, riqueza y abundancia, así como el estado morfológico de los peces

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

A lo largo de la historia humana, hemos utilizado, aprovechado y degradado los ecosistemas de agua dulce. Este proceso comenzó con la práctica agrícola en las tierras fértiles cercanas a los ríos, continuó con la industrialización y se intensificó con la urbanización a mediados del siglo XX (Salvato, 2006). Según Malmqvist & Rundle (2002), en su estudio titulado *Threats to the running water ecosystems of the world*, los efectos de estas acciones son diversos, incluyendo la contaminación del agua, la modificación de canales y áreas ribereñas, así como cambios significativos en los patrones de flujo de agua. Como resultado, se ha experimentado una pérdida catastrófica y rápida de la diversidad biológica en los ecosistemas de agua dulce, un aumento en la presencia de especies invasoras no nativas y una alteración en el funcionamiento general del ecosistema (Dudgeon et al., 2006).

De este modo, según Boyd (2020), ha surgido la necesidad de evaluar la integridad ecológica de los ríos y el uso de indicadores de calidad del agua. Esta evaluación inicialmente se realizó con el propósito de prevenir problemas de salud pública, comprender la calidad del agua y cómo esta puede afectar la salud humana (Perry & Vanderklein, 2009). Más recientemente, según Bonada et al. (2006), estas evaluaciones también se utilizan para comprender la magnitud del daño en los ecosistemas y planificar acciones de recuperación efectivas y económicas.

Las evaluaciones ecológicas parten de la premisa de que los ríos deben ser considerados como ecosistemas completos, compuestos por diversos conjuntos

biológicos que interactúan entre sí y con las condiciones ambientales, contribuyendo a funciones ecosistémicas complejas. Los componentes biológicos son indicadores relevantes del estado ecológico del río, ya que reflejan las alteraciones y la contaminación del ecosistema a lo largo del tiempo y el espacio (Dolédec & Statzner, 2010). A mediados del siglo XX surgieron los primeros índices bióticos para evaluar ambientes lóticos, los cuales inicialmente se enfocaron en los efectos microbianos de la contaminación orgánica, lo que llevó al desarrollo de índices saprobios, siendo uno de los más usados el índice del sistema saprobiótico de Kolkwitz y Marson (Mason, 1984; Pinilla, 2000).

Posteriormente, se crearon índices utilizando microalgas planctónicas y bentos (macroinvertebrados acuáticos) (BMWP, Roldán, 1978, 1992; Pinilla, 2000). Estos indicadores biológicos incluyen a las comunidades de plancton (fitoplancton y zooplancton) utilizados para el estudio de ambientes lénticos, perifiton aplicado en ambientes lóticos, bentos (macroinvertebrados acuáticos) y peces para todo tipo de ambiente (MINAM, 2014). A lo largo de la historia, estos indicadores se han asociado a la calidad del agua (Mason, 1984), ya que esta influye directamente en la presencia o ausencia de especies, en los procesos ecológicos y en su distribución (Pinilla, 2000).

Por esta razón, Todo & Sato (2002), en la "Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000", establecen un marco de actuación comunitaria en el ámbito de la política del agua. La utilización de grupos biológicos como plancton, perifiton, bentos y peces como indicadores también se ha integrado en otras legislaciones, como la Ley de Gestión de Recursos (1991) en Nueva Zelanda, la Directiva Marco Europea del Agua (WFD) (Todo & Sato, 2002) y la

CONAMA—Conselho Nacional do Meio Ambiente 357/2005 en Brasil (Birk et al., 2012).

Para el análisis de indicadores biológicos, se han desarrollado índices basados en la presencia, ausencia y/o abundancia relativa de especies indicadoras, lo que permite evaluar el espacio trófico de los ecosistemas acuáticos e indicar su grado de contaminación. Asimismo, estos índices permiten medir la productividad primaria en un ambiente acuático. En el caso del fitoplancton y el perifiton, se ha sugerido que la contaminación elimina las algas verdeazuladas a través de un proceso foto-oxidativo (Abeliovich & Shilo, 1972; Abeliovich et al., 1974), haciendo que muchas de las algas que los conforman sean indicadoras de eutrofización, condiciones de pH, turbulencia, estratificación, contaminación por petróleo y ausencia de nitratos (Pinilla, 2000).

El perifiton está conformado por algas verdes filamentosas que viven adheridas a superficies duras, plantas o animales, y que también se desarrollan en fondos fangosos (John, 2003). Sin embargo, algunos autores reservan el término perifiton para el complejo organismo constituido por bacterias, hongos, algas y protozoos que crece asociado a las plantas acuáticas, embebido en una matriz polisacárida (Lock et al., 1984). Esta comunidad es altamente sensible a los impactos locales en un ambiente acuático. A nivel mundial, el uso de bentos (macroinvertebrados bentónicos) como indicadores biológicos es de larga tradición, y son analizados en todas las evaluaciones de calidad ecológica de sistemas fluviales (Figuerola et al., 2007). Para ello, se han sugerido diversos índices utilizando estas especies, como el índice biótico de familia (IBF), el índice de calidad de agua (BMWP), el índice biótico andino (ABI), el índice

de invertebrados bentónicos (AIIBI), y el índice de ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT%), entre otros (Pinilla, 2000; Encalada et al., 2018).

Por otro lado, los peces son considerados herramientas valiosas para monitorear, caracterizar y definir la calidad de los ríos y lagos, presentándose como indicadores del uso sostenible del agua en las cuencas hidrográficas (Aguilar, 2005). Los estudios han demostrado que los cambios en el ambiente producen alteraciones en la estructura de las comunidades biológicas, especialmente en aquellas especies sensibles a contaminantes (Karr, 1991; Domínguez & Giorgi, 2020).

A nivel mundial, las evaluaciones de calidad e integridad ecológica de los ambientes acuáticos mediante el uso de indicadores biológicos se han extendido en todos los continentes. En África, se han implementado para establecer objetivos de gestión y monitoreo de las condiciones ecológicas de los ecosistemas de agua dulce, realizar seguimientos de proyectos específicos y como parte de los permisos de uso del agua (Feio et al., 2021). En Sudáfrica, se han establecido los objetivos de calidad para los recursos (RQOs, por sus siglas en inglés), que son descriptores cualitativos y cuantitativos de los atributos físicos, biológicos y químicos de los cuerpos de agua (Dicken et al., 2011). Asimismo, se ha implementado el Programa de Monitoreo del Ecoestado del Río (REMOP, por sus siglas en inglés), diseñado para generar datos ecológicos que apoyen la gestión de los ríos (Roux et al., 1999). En otras partes de África, se ha adaptado el índice BMWP con puntuaciones específicas para los bentos del continente africano, como es el caso del Sistema de Puntuación de Sudáfrica (SASS), el Sistema de Puntuación de Zambia (ZISS), el de Namibia (NASS) y el del Okavango (OKAS) (Palmer & Taylor, 2004; Dallas, 2009; Dallas et al., 2010; Lowe

et al., 2013). Adicionalmente, en otras regiones de África se aplican diversos indicadores biológicos adaptados al continente, con el objetivo de evaluar a corto plazo la integridad de los ríos, como el IBD (índice biologique diatomées) basado en diatomeas (Fawzi et al., 2001), el IBMR (índice biologique macrophytes rivières) para macrófitos (Bentaibi et al., 2014), el IBMWP (Iberian BMWP) (Guellaf & Kettani, 2021), el IBGN (índice biologique global normalisé) para bentos (Lamhasni et al., 2017), y el QBR (índice de calidad ribereña) para la vegetación ribereña (Guellaf & Kettani, 2021).

En Asia, el monitoreo biológico de los ríos con el objetivo de determinar la calidad del agua dulce se aplica principalmente en Japón, Corea del Sur, Singapur y China (Morse et al., 2007; Clews et al., 2012; Blakely et al., 2014). En Japón, el ministerio de tierras, infraestructura, transporte y turismo (MLIT) realiza el censo nacional sobre el medio ambiente fluvial (NCRE, por sus siglas en inglés), con el objetivo de recopilar información sobre el estado ecológico de los ríos a través de la recolección de datos de indicadores biológicos, lo que permite mejorar el conocimiento sobre los ecosistemas fluviales del país (Sueyoshi et al., 2016). Corea del Sur implementó lineamientos para el estudio de la salud de los ecosistemas acuáticos, siguiendo las directrices de la ley de conservación del medio ambiente acuático y su programa nacional de monitoreo ecológico acuático (NAEMP, por sus siglas en inglés), cuyos resultados de 2009, utilizando vegetación de ribera, diatomeas, bentos y peces, indicaron que menos del 25% de los ambientes acuáticos evaluados presentaban una calidad deficiente (Feio et al., 2021). En Singapur, se ha implementado el estudio de la calidad del agua de canales, ríos y represas utilizando

indicadores biológicos, evaluando principalmente los bentos (Clews et al., 2012; Blakely et al., 2014). En China, el ministerio de recursos hídricos emitió las "Directrices para la Planificación de la Restauración y Protección Ecológica Acuática", con el requerimiento de monitorear peces, mamíferos acuáticos, invertebrados bentónicos, algas epífitas, fitoplancton, plantas vasculares acuáticas, vegetación ribereña, vegetación de playa, anfibios, reptiles, aves de humedales y especies raras, en peligro de extinción y endémicas (Chen et al., 2019). Los resultados de estos indicadores han mostrado una grave degradación de los ecosistemas acuáticos en varias cuencas importantes de China (Xing et al., 2016).

En la Unión Europea (UE), la Directiva Marco del Agua (DMA) (EC, 2000) sirve como marco para establecer programas de evaluación ecológica en sus 27 Estados miembros. La DMA se destaca por enfatizar la conservación de los ecosistemas acuáticos, en lugar de centrarse únicamente en las características físico-químicas e hidromorfológicas del agua. En los ríos, los componentes biológicos obligatorios para la evaluación de la calidad incluyen los bentos (macroinvertebrados acuáticos), los peces y las plantas acuáticas (que incluyen el perifiton, plancton y macrófitas). Los cuerpos de agua naturales se clasifican en una de las cinco clases de estado de calidad ecológica (EQS): alta, buena, moderada, mala o muy mala. Esta clasificación se obtiene combinando la información de los componentes biológicos con los datos fisicoquímicos del agua y la hidromorfología, utilizando a menudo un enfoque integral (Poikane et al., 2014). Antes de la implementación de la DMA, existía una diversidad de índices biológicos en Europa, pero esto cambió con la estandarización y el ejercicio de intercalibración (CI) de los métodos de evaluación

utilizando indicadores biológicos, lo que garantiza la comparabilidad de las clasificaciones entre los países (Aguiar et al., 2014; Bennett et al., 2011). El objetivo de las redes de seguimiento establecidas en la Unión Europea es recopilar información exhaustiva y coherente sobre el estado ecológico de todas las masas de agua en los diferentes distritos de cuencas fluviales. Estas redes proporcionan datos fundamentales para la elaboración de planes hidrológicos de cuenca. Resultados preliminares de estos monitoreos prevén que el 77% de los ríos europeos no superarán la calidad mínima de buen estado, y el 62% presentan contaminación y alteraciones hidromorfológicas, como barreras longitudinales y la alteración o eliminación de la vegetación de ribera (Grill et al., 2019; Riis et al., 2020).

En Oceanía, Australia ha implementado diversos programas que operan en diferentes escalas espaciales y temporales utilizando diversos indicadores biológicos (Nichols et al., 2016). Entre estos programas se encuentra el programa de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos, que proporciona un informe anual sobre la salud de las vías fluviales utilizando la calidad del agua, los peces, los bentos y la vegetación ribereña (Bunn et al., 2007). Las evaluaciones ecológicas de agua dulce en Australia se han centrado principalmente en ríos y arroyos, donde la evaluación biológica de los bentos es uno de los indicadores clave para determinar el estado y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Devier, 2000; Simpson & Norris, 2000). El Sistema Australiano de Evaluación de Ríos (AUSRIVAS, por sus siglas en inglés) establece un marco de bioevaluación que proporciona un método estandarizado para muestrear los bentos y recopilar datos ambientales. Este enfoque ha sido fundamental

para el desarrollo del Programa Nacional de Salud de Ríos en Australia (Norris et al., 2007).

En Nueva Zelanda, la Ley de Gestión de Recursos de 1991 exige evaluaciones ecológicas periódicas de las aguas dulces, principalmente en ríos y arroyos. Históricamente, se han medido parámetros de calidad del agua como pH, oxígeno disuelto, nutrientes, temperatura, turbidez y bacterias relacionadas con la salud humana. Sin embargo, en la actualidad, los bentos son el grupo biológico más monitoreado, mientras que las algas, la biomasa y la cobertura de macrófitos, así como los peces y los indicadores funcionales como la producción primaria bruta y las tasas de descomposición, se controlan con menor frecuencia (Clapcott et al., 2017). Entre los datos recopilados destacan los datos semi-cuantitativos de abundancia y el conteo fijo de bentos, que incluye la riqueza taxonómica total, la abundancia relativa de EPT (%) y el Índice de la Comunidad de Bentos (MCI) de Nueva Zelanda (Stark, 1996).

En América del Norte, Estados Unidos estableció la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua (Ley de Agua Limpia, CWA, 1972) con el objetivo de restaurar y mantener la integridad química, física y biológica de las aguas del país. Esta ley incluye el Programa de Evaluación Nacional de Ríos y Arroyos (NRSA) (USEPA, 2016), que consiste en un muestreo sistemático de los ambientes acuáticos a través de indicadores biológicos, físicos y químicos (Hugh & Peck, 2008). Los elementos biológicos incluyen conjuntos de peces, bentos y diatomeas perifíticas, cuya precisión en la identificación taxonómica mejoró con estudios independientes (Stribling et al., 2008; Lee et al., 2019). En Canadá, el monitoreo con indicadores biológicos en ecosistemas de agua dulce es utilizado frecuentemente para respaldar

proyectos de evaluación ambiental, monitoreo de parques nacionales, ríos transfronterizos y la regulación de industrias. Un ejemplo destacado es la Red Canadiense de Biomonitorio Acuático (CABIN, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es apoyar la toma de decisiones informadas utilizando métodos estandarizados para muestrear conjuntos de bentos (Reynoldson et al., 1997).

En México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la responsable de la evaluación de la calidad del agua, y en 2017 reportó que, de 5028 sitios evaluados, el 33% fueron considerados contaminados por coliformes fecales. En los últimos años, se han incrementado los esfuerzos para diseñar y adaptar indicadores biológicos para el monitoreo de sistemas lóticos (Mathuriau et al., 2011; Alonso-Eguía et al., 2014), integrando enfoques que combinan índices bióticos con evaluaciones de la condición del hábitat y la calidad del agua (Mena-Mejía et al., 2017; Pérez-Munguía et al., 2006).

En América Central y del Sur, los países presentan sistemas de evaluación de indicadores biológicos no homogéneos, destacándose el monitoreo de parámetros físico-químicos y microbiológicos, como en Brasil, Perú y Uruguay. En Ecuador y Perú, la evaluación de impacto ambiental incluye la biota acuática, siendo los bentos, plancton, perifiton y peces los más comunes. En Brasil, la Resolución 357 del CONAMA (2005) se enfoca en las aguas destinadas al uso humano y promueve el uso de conjuntos biológicos u organismos acuáticos para evaluar los cuerpos de agua. Además, destaca la importancia de mantener la vegetación ribereña como medida de protección de la biodiversidad acuática y para preservar los servicios proporcionados por los ecosistemas. Colombia cuenta con lineamientos para implementar el monitoreo

ecológico estandarizado de los conjuntos acuáticos, además de un índice de calidad ecológica (Ríos-Touma & Ramírez, 2019). En los últimos 20 años, varios países de Sudamérica han generado información sobre indicadores biológicos, incluyendo Uruguay (Muniz et al., 2012), Paraguay (Hunt et al., 2017), Bolivia (Moya et al., 2011), Chile (Fierro et al., 2018), Colombia (Roldán-Pérez, 2003), Perú (Acosta et al., 2009), Ecuador (Ríos-Touma et al., 2014), Guayana Francesa (Dedieu et al., 2016), Venezuela (Barrios et al., 2015) y Brasil (Callisto et al., 2019; Dala-Corte et al., 2020).

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Entre algunos trabajos que han aplicado el estudio de indicadores biológicos para determinar la calidad del agua en ríos altoandinos del Perú se encuentra el de Choque et al. (2020), quienes estudiaron la calidad del agua del río Chumbao, ubicado en Andahuaylas, Perú. El uso de los bentos como indicadores de la calidad del agua en cursos lóticos ha aumentado en los últimos años. Un ejemplo es el estudio realizado en la región Nor-Oriental del Marañón, que analizó la composición bentónica, la riqueza de familias y la calidad del agua basada en el índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP) (Paredes et al., 2004). En el río Perené, Chanchamayo, se determinó el estado ecológico del agua utilizando también los bentos (Bullón, 2016). Además, diversos estudios han sido realizados en relación con los ríos de la vertiente del Pacífico, utilizando bentos y el índice BMWP modificado (Iannacone et al., 2000; Moreno, 2001; Fenoglio et al., 2002; Goncalves & Aranha, 2004; Paredes et al., 2004).

Estudios recientes han incluido el análisis de la calidad ecológica del agua. Acosta et al. (2009) propusieron un protocolo para evaluar la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA), que incluye la aplicación de índices con indicadores biológicos

(ABI) e índices ambientales como el IHF y el QBR-And. De manera similar, Encalada et al. (2018) propusieron nuevos protocolos para determinar la integridad de un ecosistema acuático con un enfoque similar. En los últimos años, estos protocolos han sido utilizados, como en el caso de Torres et al. (2018), quienes evaluaron la calidad ecológica de los ríos de Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú, utilizando el Índice Biótico Andino (ABI), el índice BMWP modificado para Colombia (BMWP/Col) y otros índices de entorno, como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino (QBR-And).

2.1.3 Antecedentes Locales

En las cabeceras de la cuenca del río Cachi, cerca de Huamanga, se han llevado a cabo estudios no publicados (tesis) sobre la determinación de la calidad del agua utilizando bentos (macroinvertebrados acuáticos). Estos estudios se realizaron en diversas localidades, como en la cabecera del río Cachi, Pongora y Cachimayo (Jaico, 2010), el río Huatata (Zárate, 2015), el río Apachate (Palomino, 2015) y en varios ríos de Huamanga (Carrasco, 2005). Sin embargo, es necesario conocer el estado actual de la parte baja de la microcuenca del río Cachi, empleando diversas líneas de evidencia, tales como el perifiton, los bentos, los peces y las características físicas de los ambientes acuáticos. Este es precisamente el objetivo del presente estudio.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cuenca del Río Cachi

El río Cachi es un afluente del río Mantaro, y dependiendo de los autores, el nombre de esta cuenca varía. Algunos estudios se refieren a ella como cuenca del río Cachi (GESSAN, 2016), mientras que otros la denominan cuenca del río Huarpa (ANA,

2018). De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la cuenca del río Cachi, perteneciente a la cuenca del río Huarpa, está codificada como Cod:49962 y clasificada en la categoría 3, lo que indica que el agua es adecuada para el riego de vegetales y el abastecimiento de bebidas para animales (ANA, 2018). En el presente estudio se utilizará el nombre "cuenca del río Cachi", ya que es el término comúnmente conocido por los pobladores locales y utilizado en tesis anteriores (Carrasco, 2005; Zárate, 2015; Palomino, 2015) y en informes internos (GESSAN, 2016).

La cuenca del río Cachi se subdivide en 11 pequeñas unidades hidrográficas, conocidas como microcuencas, que se organizan desde la parte baja hasta las cabeceras:

Microcuenca "Huanta", que se extiende hasta la confluencia del río Cachi con el río Pongora.

Seis microcuencas a lo largo del río Cachi, hacia el suroeste, que de la parte baja a la alta son: Huamanga, Chillico, Paccha, Vinchos, Chicllarazu y Apacheta.

Cuatro microcuencas hacia el sureste: Pongora, Alameda, Huatatas y Yucaes.

Territorialmente, la cuenca del río Cachi se divide en dos grandes zonas:

a) **Parte alta:** Esta zona incluye 10 comunidades locales de los distritos de Chuschi y Los Morochucos en la provincia de Cangallo, así como el distrito de Vinchos en la provincia de Huamanga, región Ayacucho. Las comunidades son: Catalinayocc, Cusibamba, Munaypata, Pampamarca, Puncupata y Unión Potrero en Cangallo; y Ccochapampa, Condorpaccha, Sunilla y Putacca en Huamanga.

b) **Parte baja:** Comprende poblados y organizaciones sociales de las regiones de Huancavelica y Ayacucho. Incluye los distritos de Julcamarca, Santo Tomás de Pata y San Antonio de Antaparco en la provincia de Angaraes, región Huancavelica, así como las comunidades y centros poblados del distrito de Santiago de Pischa, en la provincia de Huamanga, región Ayacucho.

El 91% del área de la cuenca del río Cachi se encuentra en la región de Ayacucho, abarcando 4 provincias y 23 distritos de esta región.

Figura 1

2.2.2 Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos de calidad de agua son organismos vivos que se utilizan para evaluar la calidad e integridad de un ecosistema acuático. Estos incluyen comunidades de fitoplancton y zooplancton, que son exclusivas para ambientes léticos, así como perifiton, bentos y peces, los cuales se emplean tanto en ambientes léticos como léticos (Samanez et al., 2014). En la actualidad, el uso de indicadores biológicos es un requerimiento para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, según lo establecido por el Decreto Supremo N.º 013-2020-PRODUCE. Además, se están utilizando para evaluar la calidad de diversos ambientes acuáticos en el Perú (Ortega et al., 2010; Tapia et al., 2018; Arana & Carranza, 2018; Carrasco-Badajoz et al., 2022), siguiendo los métodos recomendados por el Ministerio del Ambiente.

2.2.3 Comunidades biológicas bentos, perifiton y peces

En el Perú, las aguas continentales se clasifican de acuerdo con sus características físicas en ambientes léticos, como ríos y quebradas, y en ambientes léticos, que incluyen lagos, lagunas y humedales. Además, se categorizan según su estado trófico, es decir, sus niveles de nutrientes, en ambientes oligotróficos (bajos en nutrientes), mesotróficos (con contenido moderado de nutrientes) y eutróficos (con alta concentración de nutrientes y elevada producción biológica) (Watanabe, 1985; Moreno, 1989).

El uso de indicadores biológicos, como bentos, perifiton y peces, es más apropiado en ecosistemas léticos, como ríos y quebradas, donde estos organismos están mejor representados. Por otro lado, las comunidades de plancton se desarrollan y son más representativas en ecosistemas léticos o de aguas quietas, como lagos, lagunas, embalses y estanques (Samanez et al., 2014). Dado que el estudio se desarrolla en la cuenca del río

Cachi, un ambiente lótico, se pone el énfasis en la descripción de las comunidades de bentos, perifiton y peces como los indicadores biológicos que se emplearán para determinar la calidad del agua en dicha cuenca.

2.2.3.1 Perifiton

El perifiton es una capa de organismos vivos, compuesta principalmente por algas, bacterias y otros microorganismos, que se adhieren al sustrato en ambientes acuáticos, como piedras, rocas, troncos y el fondo. Se localiza en la zona intermedia entre el agua y el sustrato (Samanez et al., 2014). Actúan como productores primarios y son muy sensibles a las alteraciones de la calidad del agua en ambientes lóticos, lo que los convierte en indicadores biológicos clave. Estos organismos permiten medir y cuantificar la magnitud del estrés ambiental, las características del hábitat y la respuesta ecológica ante el daño a un ecosistema (De la Lanza et al., 2000).

El perifiton está compuesto por especies sensibles a cambios específicos en el ambiente, como *scenedesmus*, que es un indicador de mesotrofia, resistencia a pesticidas y eutrofia; *oscillatoria*, que indica altos niveles de sedimentos, conductividad elevada, eutrofia, tolerancia a pesticidas y estratificación térmica y química; y *anabaena*, que señala mezcla y turbulencia, ultraoligotrofia y estratificación térmica y química, entre otros (Pinilla, 2000).

2.2.3.2 Bentos (macroinvertebrados acuáticos)

Los bentos son organismos vivos que habitan en el fondo de un cuerpo de agua, conformados principalmente por crustáceos, moluscos e insectos, los cuales se adhieren al sustrato o se desplazan sobre él (Samanez et al., 2014). Este grupo constituye la comunidad

dominante en los ríos andino-amazónicos (Lessmann et al., 2016). Los bentos que habitan los ecosistemas fluviales están representados por diversas familias de moluscos y larvas de insectos, aunque, dependiendo del tipo de río, también es común encontrar crustáceos, oligoquetos, anélidos, nematodos e hirudíneos (Samanez et al., 2014; Encalada et al., 2018).

Dentro de esta comunidad bentónica, se encuentran familias indicadoras de diferentes condiciones ambientales. Por ejemplo, los Chironomidae son indicadores de ambientes hipóxicos y altamente contaminados, mientras que las familias de Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera son representativas de ambientes limpios y bien conservados (Pinilla, 2000).

2.2.3.3 Peces

Los peces constituyen el grupo de vertebrados dulceacuícolas más diverso, y son una importante fuente de alimento para las comunidades locales. Sin embargo, en la actualidad están amenazados debido a la sobreexplotación y al uso de técnicas de pesca ilegales, como el uso de venenos y explosivos. En los ecosistemas acuáticos, los peces están representados por diversos órdenes, entre los que destacan los *siluriformes* (bagres), *characiformes* (peces escamados) y *gymnotiformes* (peces eléctricos). No obstante, dependiendo del tipo de río, altitud y características del sustrato, también pueden ser comunes órdenes como los *cichliformes* y *cyprinodontiformes* (Chuctaya et al., 2022).

2.2.4 Integridad de un ecosistema acuático

La integridad ecológica de un ecosistema acuático se refiere a su capacidad para operar de manera saludable y equilibrada, manteniendo la estructura y los procesos naturales que sustentan la vida acuática. Esta integridad incluye la preservación de la diversidad

biológica, el mantenimiento de los flujos de energía y nutrientes, y la conservación de los hábitats y las interacciones ecológicas presentes en el entorno. Un ecosistema acuático con alta integridad ecológica exhibe una amplia variedad de especies, una distribución equilibrada de estas especies, una calidad del agua adecuada y la presencia de hábitats naturales sin alteraciones significativas. Los procesos ecológicos, como la producción primaria, la descomposición de la materia orgánica y el flujo de nutrientes, funcionan de manera eficiente y sin perturbaciones considerables.

En contraste, un ecosistema acuático con baja integridad ecológica puede verse afectado por la contaminación, la degradación de hábitats, la introducción de especies invasoras, la modificación del régimen hidrológico, o cualquier otro factor que altere negativamente su funcionamiento natural. Estos impactos pueden llevar a una reducción de la diversidad biológica, una disminución de la calidad del agua, la pérdida de hábitats críticos y la interrupción de procesos ecológicos esenciales. Por lo tanto, la preservación y restauración de la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos es crucial para asegurar su funcionamiento saludable, conservar la biodiversidad y mantener los servicios ecosistémicos que benefician tanto a las comunidades humanas como a los organismos acuáticos (Encalada et al., 2018).

2.2.5 Biomonitoring

El biomonitoring se basa en la observación o medición repetida en el tiempo de parámetros biológicos, físicos y químicos (Pinilla, 2000). Este enfoque se utiliza para evaluar: 1) los impactos de actividades antropogénicas sobre un cuerpo de agua, y 2) los

efectos de medidas de manejo o gestión implementadas para mitigar dichos impactos (Encalada et al., 2018).

a) Índices biológicos

Los índices de calidad del agua expresan un valor numérico que refleja el impacto de la contaminación sobre indicadores biológicos, como perifiton, bentos y peces. Este valor numérico indica la capacidad de los organismos para reflejar las características y condiciones de un cuerpo de agua, así como su tolerancia o sensibilidad a la contaminación ambiental. Estos índices permiten una evaluación rápida y efectiva de la calidad del agua en un ambiente acuático (Hilsenhoff, 1987).

Para la evaluación, se utiliza información sobre la presencia o ausencia de especies, géneros o familias, así como su densidad o abundancia. Esta metodología se basa en tres premisas fundamentales:

1. Un ambiente acuático sano presenta una alta diversidad biológica y heterogeneidad, mientras que un río contaminado suele mostrar menor diversidad y está dominado por unas pocas especies.
2. Diferentes taxones (por ejemplo, familias) tienen distintos valores de tolerancia o sensibilidad a la contaminación. Categorizar los organismos con diferentes valores de tolerancia ayuda a determinar el estado del ambiente acuático (Encalada et al., 2018).

b) Índice Biótico de Familias (IBF)

El índice biótico de familias (IBF) es una herramienta empleada para evaluar la calidad del agua en ecosistemas acuáticos. Este índice se fundamenta en la identificación y el conteo de familias de macroinvertebrados acuáticos (bentos) presentes en una muestra de agua. El proceso de cálculo del IBF consiste en asignar una puntuación a cada familia de bentos encontrada en la muestra, basada en su tolerancia a la contaminación y su capacidad para indicar condiciones ambientales favorables.

En este índice, las familias que muestran mayor sensibilidad a la contaminación y que se encuentran predominantemente en ambientes de alta calidad reciben puntuaciones más altas. Por el contrario, las familias que son más tolerantes a la contaminación y que se encuentran en ambientes de menor calidad obtienen puntuaciones más bajas. Esta metodología permite determinar la calidad del agua y evaluar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos.

El IBF proporciona información valiosa sobre el estado de la comunidad de bentos en un ecosistema acuático, lo que puede señalar la presencia de contaminación o alteraciones en el ambiente acuático. Su uso es común en estudios de monitoreo y evaluación de la calidad del agua, así como en programas de gestión y conservación de recursos hídricos. De esta manera, el IBF contribuye a la toma de decisiones informadas sobre la protección y restauración de los ecosistemas acuáticos.

c) Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

El índice ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT) es un indicador clave en la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos. Este índice se basa en la presencia y la abundancia relativa de tres órdenes de insectos acuáticos: ephemeroptera (efímeras), plecoptera (pediculados) y trichoptera (tricópteros). Estos insectos son reconocidos como bioindicadores efectivos de la salud de los sistemas acuáticos debido a su alta sensibilidad a las perturbaciones ambientales y a su estrecha relación con las características del agua y los hábitats acuáticos.

Cada uno de estos órdenes de insectos tiene requerimientos ecológicos específicos y tolerancias variadas, lo que permite que su presencia y diversidad reflejen la calidad del agua y la integridad del ecosistema acuático. En general, las efímeras, los pediculados y los tricópteros son indicativos de aguas limpias y bien oxigenadas, ya que son menos tolerantes a la contaminación y las alteraciones ambientales.

El índice EPT se calcula sumando las puntuaciones asignadas a cada uno de estos tres órdenes de insectos. Una puntuación alta en el índice suele indicar una buena calidad del agua y un ecosistema acuático saludable, mientras que una puntuación baja puede señalar una posible degradación del agua y una disminución en la salud del ecosistema. Este índice es útil tanto en estudios científicos como en programas de gestión y conservación de recursos hídricos, proporcionando una medida rápida y práctica para evaluar la integridad ecológica de los ecosistemas

acuáticos. Además, el índice EPT puede ayudar a identificar áreas que requieren atención y acciones de manejo para su protección y restauración.

d) Andean-Amazon Biotic Index (AAMBI)

El índice de AAMBI (índice de calidad ambiental de bentos en ecosistemas andinos-amazónicos) se utiliza para determinar la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos en las regiones andino-amazónicas. Este índice asigna valores que van de 0 a 10 a cada familia de macroinvertebrados acuáticos (bentos) presentes en una muestra de agua, basándose en su nivel de tolerancia a la contaminación. En este sistema de puntuación, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes a la contaminación, mientras que el valor de 10 corresponde a las familias más sensibles.

El valor total del AAMBI se calcula sumando los puntajes de todas las familias encontradas en el cuerpo de agua evaluado. Un valor alto en el índice indica una buena calidad del agua y una alta integridad ecológica del ecosistema acuático, reflejando la presencia de familias de bentos sensibles y menos tolerantes a la contaminación. Por el contrario, un valor bajo sugiere una posible degradación del ambiente acuático y una mayor presencia de familias más tolerantes a condiciones adversas.

El índice de AAMBI es particularmente útil en la evaluación de la calidad del agua en los ecosistemas de la región Andino-Amazónica, proporcionando una herramienta efectiva para el monitoreo ambiental y la gestión de los recursos hídricos (Encalada, 2018).

e) Índice Diatómico Genérico (DGI)

Varios índices diatómicos han sido desarrollados para evaluar la calidad del agua utilizando perifiton, particularmente en diatomeas. Uno de los primeros índices propuestos fue el índice DES, introducido por Descy en (1979). Este índice se basa en la fórmula propuesta por Zelinka y Marvan (1961), y utiliza tres parámetros:

1. **s**: Sensibilidad a la contaminación, con valores que varían de 1 a 5, donde 1 indica alta tolerancia y 5 alta sensibilidad.
2. **v**: Valor de variabilidad o amplitud ecológica, con valores de 1 a 3, donde 1 representa una amplia amplitud ecológica y 3 una más restringida.
3. **a**: Abundancia de la especie.

El índice DES combina estos parámetros para evaluar la calidad del agua en función de la composición y abundancia de diatomeas.

Más tarde, se desarrolló el índice diatómico genérico (DGI), que se basa en valores de sensibilidad (s) y variabilidad (v) atribuidos a géneros en lugar de a especies. El primer índice DGI fue propuesto por Coste en Cemagref (1982) y fue posteriormente actualizado por Rumeau y Coste (1988), y Coste y Ayphassorho (1991). Este índice mide la contaminación por nutrientes orgánicos e inorgánicos utilizando géneros de diatomeas, con valores que van de 1 a 5, donde 1 indica agua contaminada y 5 agua no contaminada.

Es importante destacar que el índice DGI, como se desarrolló inicialmente en Francia, se basa en información de especies de diatomeas presentes en esa región. Por lo tanto, su aplicación en Perú requiere una actualización y ajuste para reflejar las condiciones locales y la composición específica de diatomeas en la región.

f) Índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

El índice de presión antropogénica (IPA) se basa en la caracterización de las presiones antropogénicas, que son actividades humanas capaces de alterar la estructura, composición y funcionamiento de un ecosistema fluvial. Este índice proporciona una medida cuantitativa de la influencia de estas actividades sobre el ecosistema acuático. Para calcular el IPA, se realiza una valoración de diferentes tipos de presiones antropogénicas, asignando a cada tipo un valor de intensidad que varía entre 0 y 5, como se detalla en la **Tabla 05**.

g) Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El índice de hábitat fluvial (IHF) es una herramienta utilizada para evaluar los aspectos físicos de los ríos de forma cualitativa. Este índice considera una serie de parámetros clave, incluyendo hidrología, heterogeneidad del hábitat, sustrato, frecuencia de rápidos y grado de enterramiento del sustrato. Fue originalmente descrito por Pardo et al. (2002) y, en tiempos recientes, ha sido adaptado por Encalada et al. (2018) para su aplicación en ríos altoandinos, denominándolo IHF-And para ríos ubicados entre 500 y 3100 metros sobre el nivel del mar.

El índice IHF proporciona una evaluación rápida y sencilla de los aspectos críticos que definen la calidad del hábitat en ambientes acuáticos. Se basa en una serie de criterios cualitativos que permiten identificar y valorar la integridad física del hábitat del río. La metodología incluye la asignación de puntajes a diferentes características del hábitat, los cuales se suman para obtener una puntuación total que refleja la calidad del hábitat. **(Ver tabla 4).**

h) Índice de la calidad de la vegetación de ribera (QBR)

El índice de calidad de la ribera (QBR) es una herramienta cualitativa utilizada para evaluar el estado de la vegetación ribereña en cuerpos de agua. Este índice es útil para identificar cambios en la vegetación de la ribera, así como modificaciones en el canal y la introducción de especies exóticas. El QBR fue desarrollado por Suárez et al. (2002) y, posteriormente, adaptado para su aplicación en la región andina por Encalada et al. (2018), denominándolo QBR-Mon para su uso en ríos situados entre 500 y 3200 metros sobre el nivel del mar. **(ver tabla 3).**

2.3 Definición de términos

2.3.1. *El agua*

El agua es un recurso fundamental para la vida y su acceso es reconocido como un derecho humano esencial por la ONU (2020). El derecho al agua, al saneamiento y a la higiene es crucial para la salud, la dignidad y el bienestar de las personas. Sin embargo, millones de personas en todo el mundo enfrentan dificultades significativas para acceder a estos servicios básicos, lo que resalta la importancia de una gestión adecuada del recurso hídrico.

2.3.2. Gestión de la calidad de agua

La gestión de la calidad del agua se refiere a las acciones y medidas implementadas para asegurar y mejorar la calidad del agua en diferentes entornos, como cuerpos de agua superficiales, acuíferos y sistemas de suministro de agua potable. Su objetivo principal es proteger la salud humana, conservar los ecosistemas acuáticos y garantizar el suministro sostenible de agua limpia y segura (Loras, 2019). La gestión de la calidad del agua implica la monitorización y evaluación regular de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua para determinar su estado y detectar posibles contaminantes o cambios no deseados (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM). Estos parámetros pueden incluir la temperatura, el pH, la concentración de nutrientes, la presencia de sustancias químicas contaminantes, los indicadores biológicos y otros elementos relevantes (Encalada et al. 2018)

Basándose en los resultados de la monitorización, se implementan medidas de gestión adecuadas para abordar los problemas identificados. Estas medidas pueden incluir la aplicación de regulaciones y estándares de calidad del agua (ECA, LMP), la implementación de programas de biomonitorio (Samanez et al. 2014; EBRO, 2005), de prácticas de manejo de tierras y aguas para reducir la contaminación, la promoción de prácticas de conservación del agua, el tratamiento de aguas residuales y la educación y concienciación pública sobre la importancia de la protección y conservación del agua. La gestión de la calidad del agua generalmente implica la colaboración de diferentes actores, como autoridades gubernamentales, agencias de protección del medio ambiente, empresas de suministro de agua, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales. Se busca lograr un enfoque integral y sostenible que asegure

la disponibilidad y el uso responsable del agua de alta calidad para las generaciones presentes y futuras (Patron, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Dado el tipo de investigación, el presente estudio se clasifica como una investigación aplicada. Esto se debe a que se utilizarán conocimientos de biología e ingeniería ambiental para determinar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi y para proponer medidas de gestión efectivas.

3.1.2 Nivel de investigación

De acuerdo con la naturaleza del estudio, esta investigación se clasifica como un estudio descriptivo, dado que la información se obtendrá mediante la evaluación de indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces). Estos indicadores serán comparados con los resultados de colectas realizadas en la misma área durante la época seca, como parte del análisis de la biodiversidad acuática de la cuenca del río Cachi. Parte de los resultados obtenidos en la época seca fueron presentados en el Primer Congreso Peruano de Ictiología y Ecosistemas Acuáticos, celebrado en Lima, Perú, del 15 al 17 de diciembre. El análisis de los resultados de ambas épocas permitirá establecer la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi y proponer medidas de gestión ambiental.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1 Ámbito temporal

La recopilación de datos in situ se llevó a cabo en dos períodos: la primera muestra se realizó en junio, durante la época húmeda, y la segunda muestra en octubre, durante la época seca.

3.2.2 Ámbito espacial

El ámbito de la investigación abarca la microcuenca de Huanta, Pongora y San Pedro de Cachi, estableciéndose una red de seis puntos de monitoreo (P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06) ubicados de manera aleatoria.

El diseño de la investigación del presente proyecto corresponde a una investigación aplicada, de nivel descriptivo, ya que busca describir la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos a lo largo del río Cachi durante la época húmeda (entre marzo y junio). Los resultados obtenidos serán comparados con los datos previamente recopilados durante la época seca (octubre), como parte del estudio de biodiversidad acuática del río Cachi.

Se colectaron bentos, perifiton y peces siguiendo la metodología recomendada por el Ministerio del Ambiente (MINAM) según Samanez et al. (2014), la cual se describió previamente en la sección de técnicas de recolección de datos del presente proyecto. Las características físicas cualitativas, como la calidad del hábitat fluvial y ribereño, se basan en lo descrito por Encalada et al. (2018).

El índice de hábitat fluvial se basa en la evaluación de siete aspectos, que incluyen la composición del sustrato, la frecuencia de rápidos, los componentes de

sustratos enterrados en el lecho del río, el régimen de velocidad y profundidad, el porcentaje de sombra en el cauce, los elementos de heterogeneidad y la cobertura de vegetación acuática. Los criterios a utilizar serán valores porcentuales que permitirán categorizar cada uno de estos aspectos con una puntuación entre 0 y 10.

El índice de calidad de ribera se fundamenta en la evaluación de siete aspectos, incluyendo el grado de cobertura de la ribera, el porcentaje de cobertura de vegetación en la zona de recarga, la composición de diferentes tipos de vegetación, la estructura de la zona de recarga, el porcentaje de especies exóticas, el grado de naturalidad del canal y de las orillas, así como las modificaciones del canal fluvial y las orillas del río.

El índice de presiones antropogénicas en el ecosistema fluvial evalúa la presencia de diversas presiones puntuales, como vertidos industriales, vertidos de aguas servidas, extracción de agua, vertidos piscícolas, minería en el lecho del río y basura en el lecho del río. También considera las presiones difusas, tales como agricultura, ganadería, carreteras y plantas exóticas, entre otras.

3.3. Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por todo el tramo del río Cachi, incluyendo la microcuenca de Huanta, Pongora y San Pedro de Cachi.

3.3.2 Muestra

La muestra está representada por seis puntos de monitoreo ubicados en los tramos de Pongora, San Pedro de Cachi y Huanta. Estos puntos fueron seleccionados por conveniencia, abarcando afluentes principales en ambas márgenes del río Cachi, así como puntos en el canal principal, tanto aguas arriba como aguas abajo de la ciudad de Huanta (ver Figura 2).

El presente estudio analizó las características del agua en estas estaciones durante dos épocas: la húmeda (entre marzo y junio) y la seca (octubre), utilizando una red de seis puntos de monitoreo (P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06).

3.4. Instrumentos

a) Perifiton

Para la colecta de perifiton, se realizó un raspado de un área de 5 cm² del sustrato sumergido (roca, tronco, hojas), complementado con un cepillado suave. El material obtenido se depositó en una bandeja y se enjuagó con agua destilada para evitar que algunas microalgas quedaran atrapadas en las hendiduras. Posteriormente, la muestra se transfirió a un frasco, se preservó en formol al 5% y se transportó al laboratorio de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación posterior.

b) Bentos (macroinvertebrados acuáticos)

Los bentos fueron colectados utilizando una red de Surber, colocada en contra de la corriente de agua sobre un área de 30 cm². El muestreo se realizó en diversos sustratos de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrófitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos

artificiales (como restos de basura, diques, entre otros), con el objetivo de registrar toda la diversidad posible en el ambiente acuático. El material colectado se transfirió a un frasco, se preservó en alcohol al 70% y se transportó al laboratorio de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su posterior identificación.

c) Peces

Los peces fueron colectados utilizando diversos métodos, incluyendo red de arrastre, red de mano y pesca eléctrica (Electrofischer). El muestreo se llevó a cabo en todos los tipos de hábitat presentes en el ambiente acuático. Los peces colectados se transfirieron a frascos y se preservaron en formaldehído al 10% y en alcohol al 96%. Posteriormente, fueron transportados al laboratorio de Ictiología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación.

d) Gestión Ambiental del Agua

Basado en la información obtenida de los índices con indicadores biológicos y los índices físicos de hábitat fluvial y ribereño, se discutirá cuáles son los puntos de muestreo con mayor impacto en la calidad del agua. Además, el índice de presiones antropogénicas permitirá identificar los principales impactos que afectan la calidad del agua. Esta información facilitará la propuesta de medidas correctivas para una adecuada gestión ambiental del agua en la cuenca.

3.4.1 Validación y confiabilidad de los instrumentos

Los métodos de colecta y los instrumentos utilizados para la recolección de cada comunidad acuática siguen las recomendaciones del Ministerio del Ambiente

(MINAM) (Samanez et al., 2014), las cuales fueron detalladamente descritas en la sección de técnicas de recolección de datos de esta investigación, específicamente en la página 55 (ítem 3.5.4).

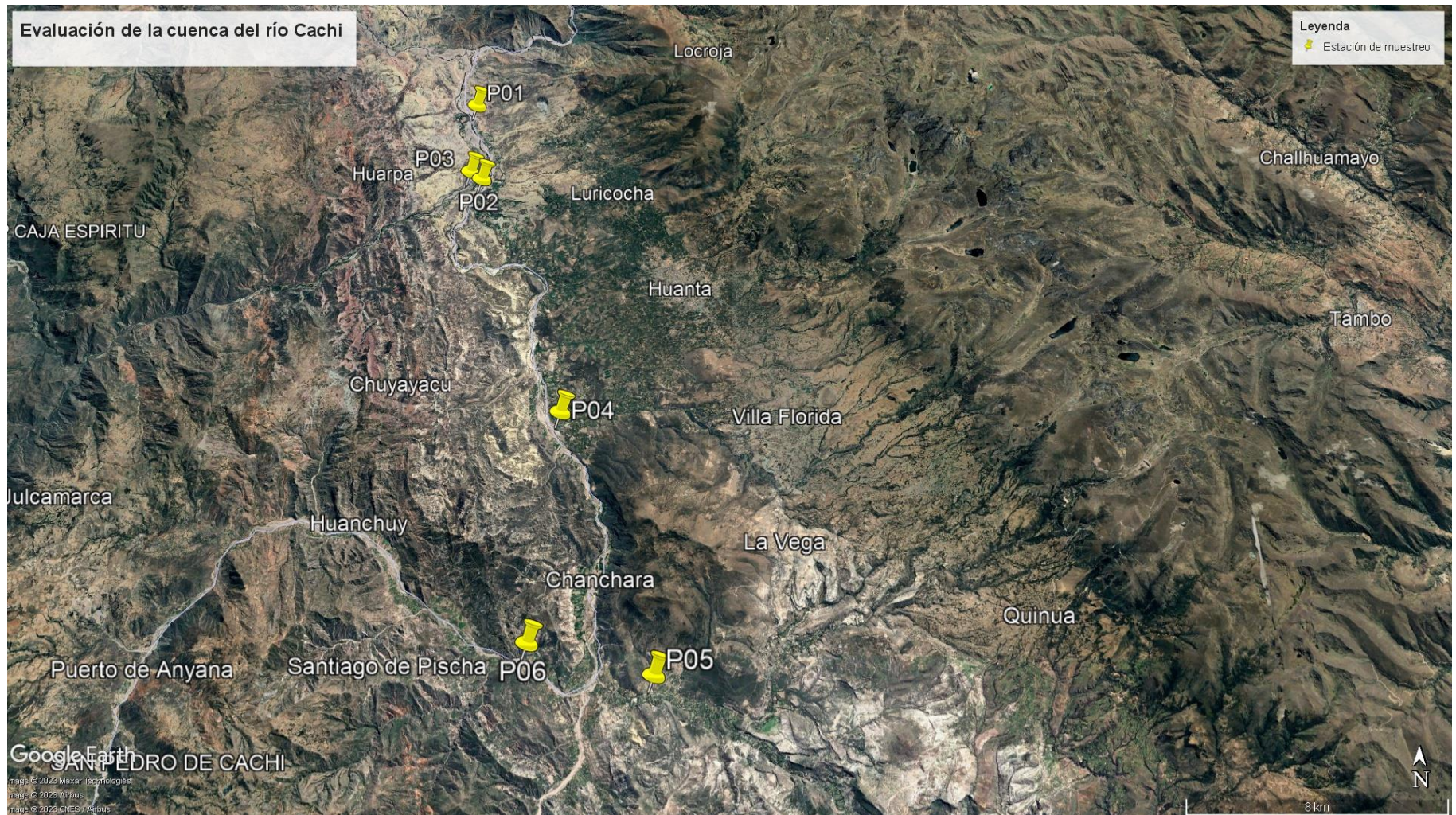
3.5. Procedimientos

3.5.1 Localización

La cuenca del río Cachi, en su parte baja, sirve como límite entre las regiones de Ayacucho y Huancavelica. Geográficamente, se encuentra ubicada entre los 13°01' y 13°16' de latitud sur y entre los 74°13' y 74°25' de longitud oeste. El área de estudio abarca altitudes que van desde los 2227 hasta los 2535 metros sobre el nivel del mar (msnm), e incluye tributarios como el río Chicllarazo, que se eleva por encima de los 4,000 msnm. Los puntos de colecta se centran en la parte baja de la microcuenca del río Cachi, específicamente en los tramos de Pongora, San Pedro de Cachi y Huanta (**ver Figura 2**).

Figura 2

Puntos de colecta en la microcuenca del río Cachi.



Nota: Puntos de colecta en la microcuenca del río Cachi en amarillo, entre las microcuencas de Pongora, San Pedro de Cachi y Huanta.

Fuente: Google Earth

3.5.2 Ubicación de puntos de monitoreo

La toma de muestras para la determinación de la calidad del agua, utilizando indicadores biológicos, se realizó de acuerdo con las recomendaciones del MINAM descritas en Samanez et al. (2014). La colecta de información física de los ambientes acuáticos se llevó a cabo conforme a lo descrito por Encalada et al. (2018).

Se analizaron los datos de las colectas realizadas en seis puntos de la microcuenca del río Cachi, abarcando las microcuencas de Pongora, San Pedro de Cachi y Huanta. Los datos de la colecta durante la época lluviosa en junio fueron comparados con los resultados de colectas previas realizadas en la época seca en octubre, como parte del proyecto de biodiversidad acuática de la cuenca del río Cachi, dirigido por el Dr. Junior Chuctaya.

Tabla 2

Puntos de colecta del río Cachi

Puntos de colecta	UTM	Descripción
P-01	18 L 572892 E, 8577419 S	Está ubicado en el río Cachi a una elevación de los 2184msnm., referencia (puente Alccomachay). Encontrándose a 11. 5 km aguas abajo de la ciudad de Huanta.
P-02	18L 573413 E, 8573819 S	Está ubicado en el río Cachi a una elevación de los 2207msnm, referencia (puente peatonal Santa Rosa), a 3.2 km aguas arriba del P-01.
P-03	18L 572946 E, 8574165 S	Está ubicado en un afluente de la margen izquierda del río Cachi, a una elevación de los 2207msnm, referencia (espalda del AAHH. Santa Rosa de Tinkuy), a 0.6 km del punto P-02.

Puntos de colecta	UTM	Descripción
P-04	18L 577083 E, 8563816 S	Está ubicado en el río Cachi a una elevación de los 2322msnm, referencia (parte baja de la comunidad de Cangari), a 11.5 km del P-02
P-05	18L 580497 E, 8554525 S	Está ubicado en el río Pongora un afluente de la margen derecha del río Cachi a una elevación de los 2468msnm, referencia (parte baja de Fundo Mauricio), a 10 km del punto P-04.
P-06	18L 576529 E, 8555589 S	Está ubicado en el río Cachi a una elevación de los 2452msnm, referencia (Santiago de Pischa - Huamanga), a 4.5 km del P-05.

3.5.3 Frecuencia de monitoreo

Los monitoreos se realizaron en dos épocas: la primera muestra se llevó a cabo el 23 de octubre (época seca), y la segunda muestra se realizó el 10 de junio (época húmeda).

3.5.4 Recopilación de información

3.5.4.1 Monitoreo de indicadores biológicos

a) Determinación de indicadores cualitativos en campo

La colecta de datos para los indicadores cualitativos se realizó in situ utilizando los materiales correspondientes para cada análisis. El procedimiento para la obtención de estos parámetros incluyó los siguientes pasos:

Se tomó fotografía y se completó en el campo la hoja de datos con los criterios necesarios para el cálculo del índice de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord), el índice de calidad de ribera del bosque montano (QBR-Mon), y el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA).

b) Análisis de la hoja de registro (QBR- Mon), (IHF-Cord) y (IPA):

En cada punto de muestreo se completaron las hojas de registro correspondientes. Para el índice de calidad de ribera del bosque montano (QBR-Mon), se recogieron datos en los primeros 10 metros a ambos lados del río para la evaluación de la ribera. Además, se extendió la evaluación a 50 metros más a cada lado de la zona de recarga. La puntuación final del índice se calculó como la suma de los valores obtenidos en cada uno de los apartados, con el valor total de la sumatoria nunca excediendo 100 (ver Tabla 3) (Suárez et al., 2002).

Tabla 3

Rangos de la calidad según el índice QBR-Mon son:

NIVEL DE CALIDAD	QBR	Color representativo
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 91	
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	71 - 90	
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51 - 70	
Alteración fuerte, mala calidad	26 - 50	
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	

Fuente: (Munné et al. 1998).

Para la evaluación del índice de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord), se analizan los aspectos físicos del cauce del río Cachi, incluyendo la hidrología, la

heterogeneidad de hábitats y sustratos, la frecuencia de rápidos y pozas, y el grado de enterramiento del sustrato. Al igual que con el índice de calidad de ribera del bosque montano (QBR-Mon), la puntuación final del índice se calcula como la sumatoria de los valores obtenidos en cada apartado, y el valor total nunca debe exceder 100 (ver Tabla 4) (Pardo et al., 2002).

Tabla 4

Rangos de la calidad general según el índice IHF-Cord son:

NIVEL DE CALIDAD	IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	≥ 90	
Alta diversidad de hábitats	71 - 90	
Diversidad de hábitats media	50 - 70	
Baja diversidad de hábitats	31 - 49	
Muy baja diversidad de hábitats	≤ 30	

Fuente: (Pardo et al, 2002).

En la evaluación del índice de presiones antropogénicas (IPA), se registró en la columna de “valor asignado” el valor de magnitud correspondiente a cada presión antropogénica, elegido según las observaciones realizadas en cada punto de colecta. El resultado final del índice se obtiene sumando las puntuaciones asignadas a los diferentes impactos según los distintos apartados (ver **Tabla 5**) (Encalada, 2018).

Tabla 5

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

Fuente: (Encalada, 2018)

c) Toma de muestra para la determinación del perifiton en los puntos de colecta:

Se realizó un raspado de un área de 5 cm² de un sustrato sumergido (roca, tronco, hojas), complementado con el uso de un cepillo suave. El material se depositó en una bandeja y se enjuagó con agua destilada para evitar que las microalgas quedaran atrapadas en las hendiduras. La muestra se transfirió a un frasco, se preservó en formaldehído al 5%, y se transportó al laboratorio de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su posterior análisis e identificación.

d) Toma de muestra para la determinación de los bentos en los puntos de colecta:

Se determinó el área de colecta in situ para los bentos utilizando una red de Surber, que se colocó contra la corriente en un área de 30 cm². La colecta se realizó en diversos sustratos de fondo (roca, arena, lodo, restos de vegetación), macrófitos acuáticos (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (como restos de basura y diques), con el objetivo de registrar toda la diversidad posible en el ambiente acuático. El material colectado se transfirió a un frasco, se preservó en alcohol al 70% y se transportó al laboratorio de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su posterior identificación y análisis.

e) Toma de muestra para la determinación de peces en los puntos de colecta:

Los peces fueron colectados utilizando diversos métodos, incluyendo la pesca eléctrica. El muestreo se llevó a cabo en todos los tipos de hábitat presentes en el ambiente acuático. Los peces fueron transferidos a frascos, preservados en formalina al 10% y en alcohol al 96%, y posteriormente transportados al laboratorio de Ictiología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación y análisis detallado.

Determinación del Índice Biótico de Familias (IBF), Andean-Amazon Biotic Index (AAMBI), Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), el Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).

a) Índice Biótico de Familias (IBF): El índice fue perfeccionado por Hilsenhoff (1988), quien consolidó las diferentes tolerancias de una comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un único valor. De este modo, los datos obtenidos de la identificación taxonómica de los macroinvertebrados hasta el nivel de familia y el número de individuos por familia se agruparon, asignando un puntaje de tolerancia a cada grupo (ver **Tabla 6**).

Tabla 6

Clasificación de la calidad de agua basada en el índice Biótico de Familia (IBF), según Hilsenhoff (1988).

IBF	Calidad de agua	Grado de contaminación orgánica
0,00-3,75	Excelente	Agua Limpia, contaminación orgánica baja probable
3,76-4,25	Muy buena	Con leve contaminación orgánica
4,26-5,00	Buena	Con algo de contaminación orgánica
5,01-5,75	Regular	Contaminación orgánica presente
5,76-6,50	Malsana	Alta contaminación orgánica
6,51-7,25	Nociva	Fuerte contaminación orgánica
7,26-10,00	Muy nociva	Contaminación orgánica severa

b) Andean-Amazon Biotic Index (AAMBI): Se aplicaron valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia de invertebrados registrados en nuestro muestreo, siguiendo las indicaciones de Encalada et al. (2018). Los valores se asignaron según el nivel de tolerancia a la contaminación, donde 1 se asigna a las familias más tolerantes y 10 a las más sensibles (ver **Tabla 7**).

Tabla 7

Evaluación de la calidad de agua a partir del puntaje del índice biótico andino-amazónico (AAMBI).

AAMBI	INTEGRIDAD ECOLÓGICA
>121	Excelente
90 – 120	Muy buena
50 – 89	Buena
36 – 49	Regular
<35	Mala

Fuente: (Roldán-Pérez 2016 y de Acosta 2009).

c) Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP): Los organismos determinados se identificaron taxonómicamente hasta el nivel de familia. En cada punto de estudio, se realizó un inventario de la fauna, asignando el puntaje correspondiente a cada familia. La sumatoria de estos

puntajes permitió obtener el valor del índice BMWP, adaptado por Roldán (1998) (ver Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 8

Clase, valores y característica para agua naturales clasificadas mediante el índice BMWP por (Zamora - Muñoz y Alba - Tercedor, 1996).

Clase	Rango	Calidad	Característica	Color cartográfico
I	≥ 121	Muy buena	Aguas muy limpias	
II	101 – 120	Buena	Aguas limpias	
III	61 – 100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	
IV	36 – 60	Dudosa	Aguas contaminadas	
I	16 – 35	Crítica	Aguas muy contaminadas	
VI	≤ 15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	

Tabla 9

Sistema para la determinación del índice de monitoreo biológico - BMWP - Biological Monitoring Working Party Score System por Alba Tercedor & Sanchez - Ortega (1988).

Ordenes	Familia	Puntaje
Plecoptera	Perlidae.	10
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae.	
Trichoptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae.	
Coleoptera	Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae.	
Odonata	Polythoridae.	
Diptera	Blepharoceridae	
Unionoida	Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda).	
Acari	Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina).	
Hidroida	Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	9
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Efemeridae.	
Tricoptera	Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae.	
Coleoptera	Gyrinidae. Scirtidae.	
Odonata	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae	
Diptera	Simuliidae.	
Gordioidae	Gordiidae, Chordodidae. (Cl: Nematomorpha)	
Lepidoptera	Pyalidae	
Mesogastropoda	Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda).	
Hirudiniformes	Hirudinae. (Cl: Hirudinea)	

Ephemeroptera	Baetidae, Caenidae,	
Trichoptera	Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae.	
Coleoptera	Dytiscidae, Dryopidae.	
Odonata	Lestidae, Calopterygidae.	
Hemiptera	Pleidae. Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae	8
Diptera	Dixidae.	
Decápoda	Palaemonidae, Pseudothelpusidae. (Cl Crustácea)	
Basommatophora	Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	
Ephemeroptera	Tricorythidae, Leptohyphidae.	
Trichoptera	Polycentropodidae.	
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae	
Odonata	Aeshnidae.	
Hemiptera	Naucoridae, Notonectidae, Mesolveiidae, Corixidae.	
Diptera	Psychodidae	7
Basommatophora	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
Mesogastropoda	Melaniidae, Hydrobiidae, (Cl: Gastrópoda)	
Archeogastrópoda	Neritidae. (Cl: Gastrópoda) +	
Coleoptera	Limnichidae, Lutrochidae.	
Odonata	Libellulidae,	
Hemiptera	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae	
Diptera	Nepidae,	
Megalóptera	Dolichopodidae	
Decapoda	Corydalidae, Sialidae.	6
Anphipoda	Atyidae. (Cl Crustácea)	
Tricladida	Hyalellidae. (Cl Crustácea)	
	Planariidae, Dugesiidae.	
Coleóptera	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae.	
Diptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	5
Basommatophora	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	
Coleoptera	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae.	
Diptera	Tipulidae, Ceratopogonidae.	4
Basommatophora	Limnaeidae, Sphaeridae.. (Cl: Gastrópoda).	
Diptera	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae.	
Basommatophora	Physidae. (Cl: Gastrópoda).	3
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae	
Diptera	Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae.	2
Heplotaxida	Todas las familias (Excepto tubifex).	
Haplotaxida	Tubificidae (Tubifex)	1

Tabla 10

Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP (Roldan, 1988).

Familias	Puntuación
----------	------------

Perlidae, Leptophlebiidae, Euthyplocidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Ptilodactylidae, Gomphidae, Polythoridae, Lampiridae, Psephenidae, Blepharoceridae	10
Bactidae, Leptoceridae, Hyalellidae, Polycentropodidae Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Simulidae Hydrobiosidae, Pleidae, Philopotamidae, Corydalidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae	8
Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Scirtidae Leptohiphidae	7
Coenagrionidae, Ancyliidae, Lutrochidae, Noteridae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Dryopidae	6
Hydropsychidae, Dugesiidae, Gelastocoridae, Notonectidae	5
Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Tipulidae, Ceratopogonidae, Pschyodidae, Pyralidae, Belostomatidae, Mesovelidae, Dolycopodidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Naucoridae, Scarabidae	4
Glossiphoniidae, Physidae, Lymneidae, Nepidae, Planorbidae, Hydrometridae, Gyrinidae, Hydrophilidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta	1

d) Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT): El índice evaluado se utiliza para la valoración de ecosistemas acuáticos que han experimentado alteraciones debido al incremento de la demanda humana y el uso de sus servicios ambientales. Este índice se basa en la presencia y abundancia relativa de tres órdenes de insectos acuáticos que pueden habitar en ambientes con altos niveles de oxígeno disuelto y bajo enriquecimiento orgánico. Estos insectos son considerados bioindicadores clave de la salud de los ecosistemas acuáticos debido a su sensibilidad a las perturbaciones ambientales. Valores más altos en este índice indican aguas con mayor oxigenación y calidad, reflejando una mejor calidad del agua (Roldán, 2022) **(Ver tabla 11).**

Tabla 11

Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores del índice EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera).

Índice EPT (%)	Calidad del Agua
75 - 100	Muy buena
50 - 74	Buena
25 - 49	Regular
0 - 24	Mala

Fuente: Carrera y Fierro (2001)

- e) Anélidos y Chironomidae (%CA):** Este índice se basa en la presencia y abundancia relativa de dos grupos de insectos acuáticos: anélidos y chironomidae. Estos grupos pueden persistir en ambientes contaminados, caracterizados por bajos niveles de oxígeno disuelto y alto enriquecimiento orgánico. Debido a su resistencia a las perturbaciones ambientales, estos insectos son considerados bioindicadores de contaminación en los ecosistemas acuáticos. Valores más altos en este índice indican la presencia de ambientes contaminados (**Ver tabla 12**).

Tabla 12

Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores (%CA).

%CA	Calidad
>50%	Contaminado
<50%	No contaminado

Fuente: Roldan, 1998.

- f) Índice Diatómico Genérico (DGI):** Este índice se basa en la atribución de valores de "s" y "v" a géneros de diatomeas en lugar de especies individuales. Su origen se remonta al trabajo inicial propuesto por Coste en 1982 y posteriormente actualizado por Rumeau & Coste en 1988, así como

por Coste y Ayphassorho en 1991. Estas actualizaciones incorporaron valores de "s" y "v" de varios géneros, siendo importante destacar que los valores genéricos representan las medias de los valores de "s" y "v" de las especies correspondientes. El índice DGI (Coste y Ayphassorho, 1991) es una herramienta de evaluación que mide el nivel de contaminación por nutrientes inorgánicos y orgánicos en el agua, utilizando géneros de diatomeas como indicadores. Este índice asigna valores numéricos del 1 al 5, donde el valor 1 indica una alta contaminación del agua, mientras que el valor 5 indica ausencia de contaminación (**Ver Tabla 13**)

Tabla 13

Clasificación de la calidad biológica del agua en base a los valores IDG.

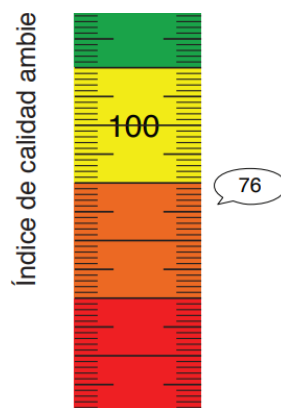
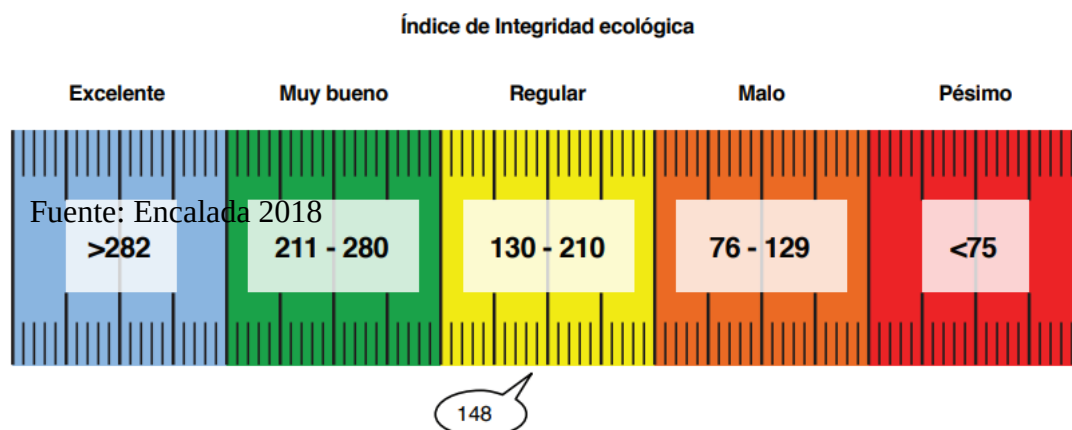
Valor	Significado
IDG > 4.5	Calidad biológica optima
4.0 < IDG < 4.5	Calidad normal, contaminación débil
3.5 < IDG < 4.0	Contaminación moderada
3.0 < IDG < 3.5	Contaminación media
2.0 < IDG < 3.0	Desaparición de especies sensible, contaminación fuerte
1.0 < IDG < 2.0	Contaminación muy fuerte
IDG = 0	Población inexistente, contaminación tóxica

Fuente: Modificado de Coste & Ayphassorho, 1991

g) Índice de integridad Ecológica: Para la evaluación de este índice fue utilizado los puntajes de los tres índices ambientales que en su momento se calculó (IHF-Cord, QBR-Mon e IPA) que sumados expresan el índice de calidad ambiental y cruzarlos con un índice biológico en este casi el AAMBI se obtiene el índice de integridad ecológica (**ver Tabla 14**).

Tabla 14*Índice de la calidad ambiental*

No	ÍNDICE	PUNTUACIÓN	Ejemplo
1.	IHF-Cord	-----/100	70
2.	QBR-Mon	-----/100	60
3.	IPA	-----/70	54
Total	IHF + QBR - IPA	-----/200	76

Fuente: Encalada et al. 2018**Figura 3***Índice de la calidad ambiental***Fuente:** Encalada, 2018.**Figura 4***Índice de la integridad ecológica.***Fuente:** Encalada, 2018.

3.6. Análisis de datos

Una vez obtenidos los datos de la colecta, estos fueron editados y revisados en Excel. Los índices de calidad del agua se calcularon siguiendo los procedimientos descritos por Encalada et al. (2018), con el llenado de las planillas presentadas en el Anexo (d). Los resultados se presentaron a través de gráficos de barras, comparando los valores de puntuación de cada índice en la época seca y en la época húmeda.

Los índices para la determinación de la integridad ecológica, tales como el AAMBI, QBR-Mon e IHF-Cord, se calcularon conforme a lo descrito por Encalada et al. (2018), utilizando las planillas presentadas en el Anexo. El índice de IBF se calculó siguiendo el método de Hilsenhoff (1988), el índice de BMWP se calculó según Roldán (1999), y los índices de EPT y %CA se describieron siguiendo a Roldán (2022). Para el perifiton, se calculó el índice DGI siguiendo las directrices de Coste (1991).

IV. RESULTADOS

4.1 Determinación de los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF – Cord) de los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

4.1.1. Evaluación en la determinación de las hojas de registro QBR-Mon, IHF-Cord, IPA

Los resultados obtenidos a partir de las hojas de registro, analizados en los seis puntos de monitoreo (P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06) durante la época seca y la época húmeda, se presentan en las respectivas tablas (Ver Tabla 15 y Tabla 16). Estas tablas reflejan las variaciones observadas en los parámetros evaluados a lo largo de las dos

temporadas, permitiendo una comparación detallada de los cambios en la calidad del agua y la integridad ecológica de los ambientes monitoreados.

Tabla 15

Hoja de registro del mes de octubre (época seca) del río Cachi Ayacucho - Perú

HOJA DE REGISTRO DEL MES DE OCTUBRE (ÉPOCA SECA)						
Hoja de Registro	QBR-Mon	Significado QBR-Mon	IHF-Cord	Significado IHF-Cord	IPA	Significado IPA
P-01	53	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	58.5	Diversidad de hábitats media	20	Media
P-02	45	Alteración fuerte, mala calidad	48	Baja diversidad de hábitats	17.5	Media
P-03	58	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51	Diversidad de hábitats media	11	Baja
P-04	54	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	58.5	Diversidad de hábitats media	15.5	Baja
P-05	41.5	Alteración fuerte, mala calidad	33.5	Baja diversidad de hábitats	37	Fuerte
P-06	59	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	60.5	Diversidad de hábitats media	14	Baja

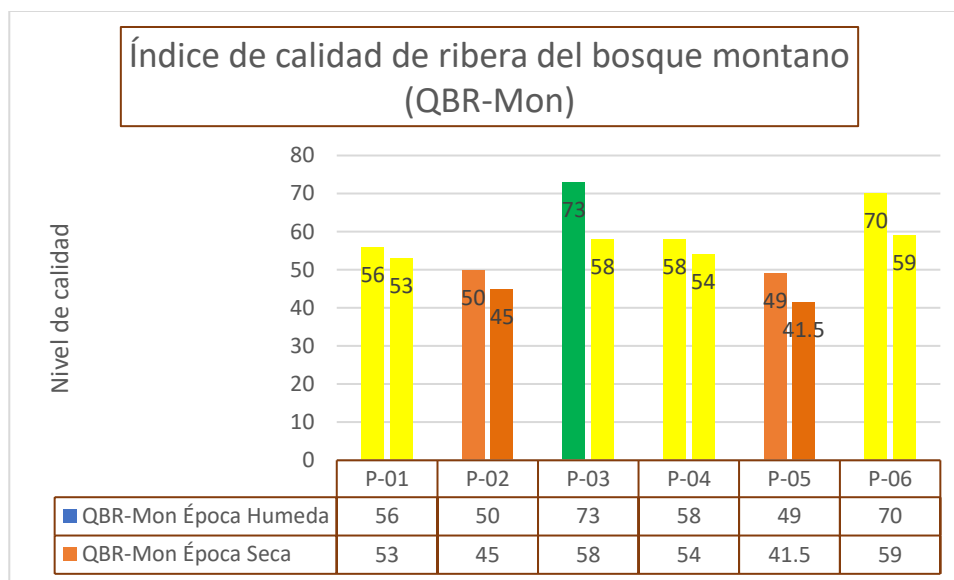
Tabla 16

Hoja de registro del mes de junio (época húmeda) del río Cachi Ayacucho - Perú

HOJA DE REGISTRO DEL MES DE JUNIO (ÉPOCA HÚMEDA)						
Hoja de Registro	QBR-Mon	Significado QBR-Mon	IHF-Cord	Significado IHF-Cord	IPA	Significado IPA
P-01	56	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	68	Diversidad de hábitats media	12	Baja
P-02	50	Alteración fuerte, mala calidad	40	Baja diversidad de hábitats	20	Media
P-03	73	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	60	Diversidad de hábitats media	8.5	Baja
P-04	58	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	60	Diversidad de hábitats media	11.5	Baja
P-05	49	Alteración fuerte, mala calidad	38.5	Baja diversidad de hábitats	38.5	Fuerte
P-06	70	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	67	Diversidad de hábitats media	12	Baja

Figura 5

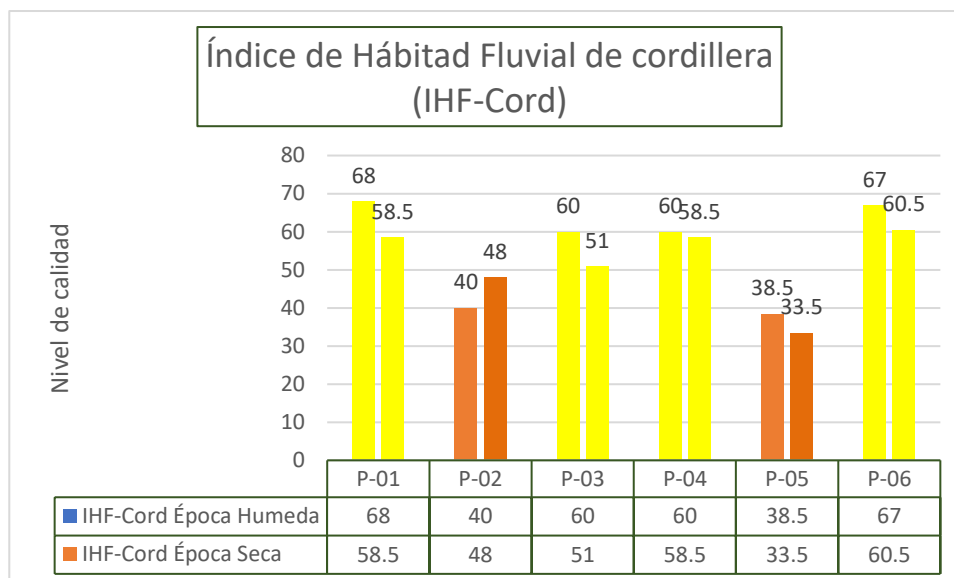
Gráfico de barra comparativo del índice de calidad de ribera del bosque montano (QBR-Mon) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho – Perú



En relación con el índice QBR-Mon, el punto P-03 en la época húmeda presenta el valor más alto, con una puntuación de 73, lo que indica que el bosque ribereño se encuentra ligeramente perturbado, pero mantiene una calidad buena. Los puntos P-01, P-04 y P-06 muestran valores intermedios de QBR-Mon, que varían entre 53 y 70, sugiriendo un inicio de alteración importante y una calidad intermedia de la ribera. Por otro lado, los puntos P-02 y P-05 presentan los valores más bajos de QBR-Mon, con un rango de 41.5 a 50, lo que indica una alteración significativa y una mala calidad de la ribera en estas estaciones. Es importante señalar que en ninguna de las estaciones se registraron valores ≤ 25 en las épocas del año analizadas, lo cual indicaría una degradación extrema y una calidad pésima del hábitat.

Figura 6

Gráfico de barra comparativo del índice de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho - Perú.

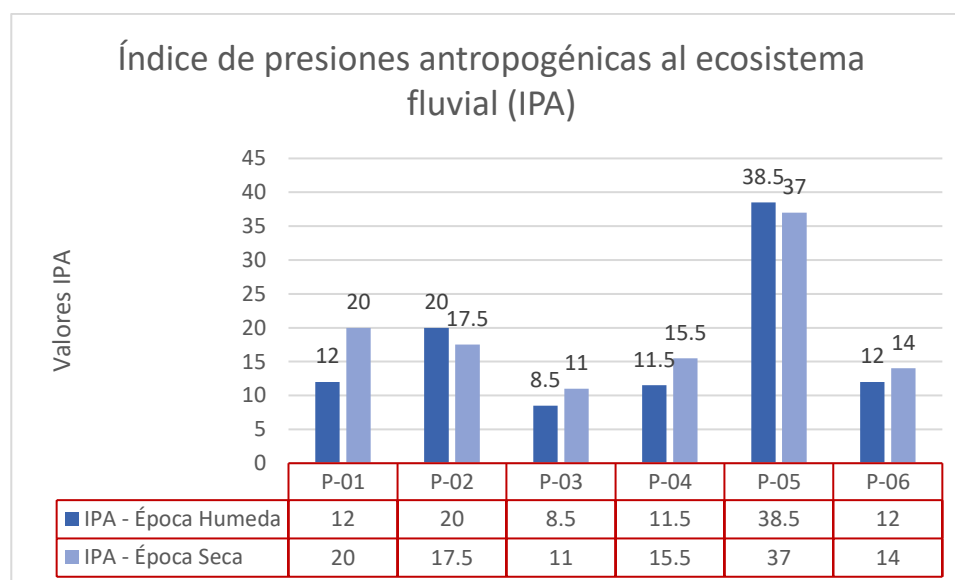


En relación con el índice IHF-Cord, se evalúan de manera visual el aspecto fluvial, siendo este sencilla y rápida, los aspectos críticos que determinan la calidad del hábitat físico del río Cachi. Se ha encontrado que los puntos P-01, P-03, P-04 y P-06 presentan una calidad de hábitat fluvial media, con valores en el rango de 58.5 a 68, representados por el color amarillo. En contraste, los puntos P-02 y P-05 muestran una baja diversidad de hábitats, con valores en el rango de 33.5 a 48, indicados con el color anaranjado. En ninguna de las estaciones se registraron valores ≤ 30 en ambas épocas del año, lo cual habría indicado una muy baja diversidad de hábitats.

4.2. Determinación del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi.

Figura 7

Gráfico de barra comparativo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) de los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho - Perú.



En relación con el Índice de Presiones Antropogénicas (IPA), que se recolectó basado en observaciones en la cuenca hidrográfica durante ambas épocas (seca y húmeda), se observó lo siguiente: En la época seca, el punto P-05 presentó un valor de presión antropogénica "fuerte" con un valor de 37, lo que indica una alta presión en el ecosistema fluvial. El punto P-01 mostró una presión "media" con un valor de 20, mientras que los puntos P-02, P-03, P-04 y P-06 tuvieron valores de presión "baja", que oscilaron entre 8.5 y 17.5.

En la época húmeda, el punto P-05 también presentó un valor "fuerte" de presión antropogénica con un valor de 38.5. El punto P-02 tuvo una presión "media" con un valor

de 20, mientras que los puntos P-01, P-03, P-04 y P-06 se situaron en la categoría de presión "baja", con valores entre 8.5 y 12. En ninguno de los puntos, durante ambas épocas, se registraron valores superiores a 54, que indicarían una presión antropogénica "muy fuerte".

4.3. Determinación del estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi utilizando indicadores biológicos (bentos, perifitón y peces).

4.3.1 Análisis de la comunidad ictiológica

La ictiofauna en la cuenca del río Cachi fue evaluada únicamente durante la época seca, debido al bajo caudal de los ríos. Los resultados revelaron la presencia de seis especies distribuidas en cuatro familias y dos géneros. El orden con mayor riqueza fue el de los **siluriformes** (peces bagre, carachamas), que incluyó cuatro especies: *astroblepus longifilis*, *rhamdia* sp. 1, *rhamdia* sp. 2 y *Ancistrus* sp. En contraste, el orden de los **Characiformes** (peces escamados sin espinas, como las mojarras) presentó solo dos especies: *knodus* sp. y *creagrutus* sp.

En términos de abundancia, los **characiformes** predominaban con un total de 377 individuos, siendo *Knodus* sp. la especie más abundante con 266 individuos. Durante el análisis de la morfología externa, no se encontraron deformaciones en los peces colectados. Para una identificación a nivel específico de estas especies, son necesarios estudios complementarios de morfología y molecular, dado que algunos géneros recolectados presentan problemas taxonómicos a nivel de género (ver Tabla 17, Figura 8). La colecta de peces en la época húmeda se vio limitada por el incremento del volumen del agua.

Tabla 17

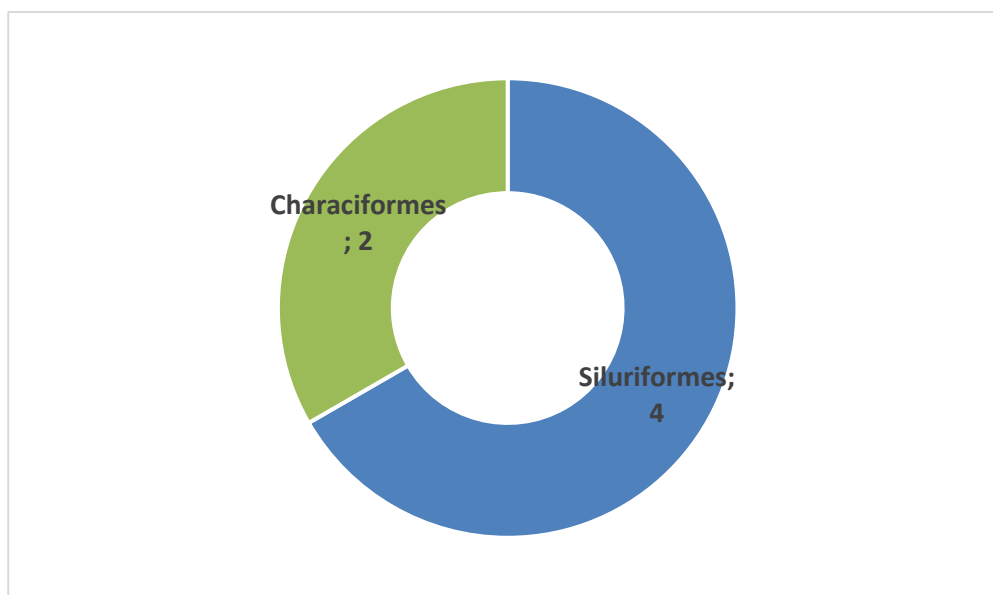
Lista de especies colectadas en la época seca en la microcuenca del río Cachi.

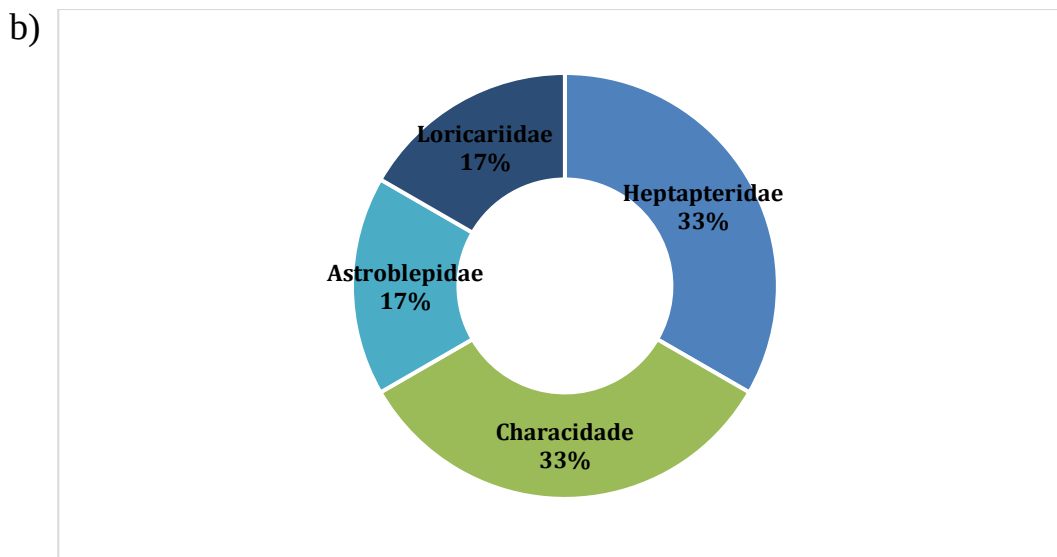
Orden	Familia	Especies	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	Total
Characiformes	Characidae	<i>Knodus</i> sp.	30	15	61	57	15	88	266
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus</i> sp.	104	7	0	0	0	0	111
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus longifilis</i>	0	0	1	0	0	8	9
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Rhamdia</i> sp 1	9	0	0	0	0	1	10
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Rhamdia</i> sp 2	1	0	0	0	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus</i> sp.	10	0	0	4	0	0	14
Abundancia			154	22	62	61	15	97	411
Riqueza			5	2	2	2	1	3	6

Figura 8

Gráfico de riqueza de especies por órdenes (a) y familias (b) en los ecosistemas acuáticos del río cachi Ayacucho – Perú.

a)





4.3.2. Análisis de la comunidad de perifiton

4.3.2.1 Riqueza y abundancia de perifiton en la época seca

El análisis de la comunidad de perifiton durante la época seca registró una riqueza de 44 especies distribuidas en 22 familias, 16 órdenes y seis clases. El punto con mayor riqueza de especies fue el **P-02**, con 20 especies, seguido por **P-04** y **P-01**, que presentaron 19 y 18 especies respectivamente. El punto con la menor riqueza de especies fue **P-06**, con solo seis especies.

En términos de abundancia, se registraron 377,100 organismos/cm² en total. Los puntos con mayor abundancia fueron **P-02** y **P-03**, con 105,000 y 103,000 organismos/cm² respectivamente. En contraste, el punto **P-06** presenta menor abundancia de 3,100 organismos/cm². Dentro del área de estudio, las especies más abundantes fueron *achnanthidium minutissimum* (achnanthidiaceae) y *navicula capitatoradiata* (naviculaceae), con 90,000 y 70,000 organismos/cm² respectivamente (ver Tabla 18).

4.3.2.2 Riqueza y abundancia de perifiton en la época húmeda

El análisis de la comunidad de perifiton durante la época húmeda registró una riqueza de 24 especies distribuidas en 14 familias, 10 órdenes y tres clases. El punto con mayor riqueza de especies fue **P-01**, con 14 especies, seguido por **P-03** con 11 especies. El punto con la menor riqueza de especies fue **P-02**, con solo seis especies.

En términos de abundancia, se registraron 188,200 organismos/cm² en total. Los puntos con mayor abundancia fueron **P-02** y **P-01**, con 84,000 y 51,000 organismos/cm² respectivamente. En contraste, el punto con la menor abundancia fue **P-06**, con 8,000 organismos/cm². Dentro del área de estudio, las especies más abundantes fueron *navicula sp4* (naviculaceae) y *nitzschia sp.* (bacillariaceae), con 90,000 y 70,000 organismos/cm² respectivamente (ver Tabla 19).

Tabla 18

Análisis cualitativo y cuantitativo de perifiton (organismos/cm²) en la época seca.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	1000	2000	90000			
			Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	2000	4000		3000	1000	2200
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia amphioxys</i>		1000			1000	
				<i>Nitzschia inconspicua</i>	2000					
				<i>Nitzschia sp.</i>	6000	32000		1000	10000	
				<i>Cymbella affinis</i>	1000		4000			
			Cymbellaceae	<i>Encyonema minutum</i>	2000	4000				
				<i>Encyonema turgidum</i>	1000	1000		1000		
				<i>Gomphonema parvulum</i>	4000	12000	1000	24000	4000	100
				<i>Gomphonema sp1.</i>		1000	2000		3000	
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp2.</i>				1000		
				<i>Gomphonema sp3.</i>					2000	
				<i>Gomphonema subclavatum</i>	1000	1000				
				<i>Reimeria sinuata</i>	1000				1000	
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	7000	4000	1000	1000		
				<i>Frustulia sp1.</i>		1000				
			Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp2.</i>		1000				
				<i>Navicula capitatoradiata</i>	46000	18000	1000	5000		200
				<i>Navicula cf viridula</i>						400
				<i>Navicula cryptocephala</i>	1000	2000				100
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula cryptotenella</i>				1000		
				<i>Navicula sp1.</i>		3000				
				<i>Navicula sp2.</i>				1000		
				<i>Navicula sp3.</i>				1000		
				<i>Navicula symmetrica</i>	1000					
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp1.</i>		1000				
			Sellaphoraceae	<i>Sellaphora pupula</i>		4000			1000	

							95				
Charophyta	Coscinodiscophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella ovalis</i>	1000	1000					
				<i>Surirella robuta</i>		1000					
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	11000	2000	2000				
		Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>		2000					
		Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Pleurosira laevis</i>	1000						
	Mediophyceae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	11000						
				<i>Cosmarium sp1.</i>		1000					
	Zygnematophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp2.</i>		1000					
				<i>Scenedesmus sp1.</i>	1000						
	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp2.</i>	1000					
					<i>Scenedesmus sp3.</i>		1000				
<i>Scenedesmus sp4.</i>						1000					
<i>Stigeoclonium sp.</i>						1000					
<i>Leptolyngbya sp.</i>							100				
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Homoeothrix sp.</i>		3000					
		Leptolyngbyales	Leptolyngbyaceae	<i>Oscillatoria tenuis</i>	1000	1000					
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Pseudanabaena sp.</i>		1000					
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae								
Perifiton					Abundancia	90000	105000	103000	50000	26000	3100
					Riqueza	18	20	8	19	10	6

Tabla 19

Análisis cualitativo y cuantitativo de perifiton (organismos/cm²) en la época húmeda.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	6000		1400		7000		
			Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	3000	3000	200	2000	500	2500	
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia amphioxys</i>					500		
				<i>Nitzschia linearis</i>	1000						
				<i>Nitzschia sigmaidea</i>					500		
				<i>Nitzschia sp.</i>	27000		500	14500	7500	2000	
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Encyonema minutum</i>	1000		600				
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema parvulum</i>	1000		100	500	500		
		Licmophorales		Ulnariaceae	<i>Reimeria sinuata</i>			400			500
			<i>Ulnaria ulna</i>		1000		100				
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Luticola goeppertiana</i>			100				
				<i>Gyrosigma acuminatum</i>	1000						
				<i>Navicula capitatoradiata</i>	3000	2000	100	2500		1000	
				<i>Navicula cryptotenella</i>						500	
		Rhabdonematales	Sellaphoraceae	<i>Navicula rostellata</i>	1000			500		500	
				<i>Navicula sp4.</i>		59000					
				<i>Eolimna minima</i>		15000					
				<i>Sellaphora pupula</i>				2500	1500		
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Diatoma vulgaris</i>		4000		500			
				<i>Surirella minuta</i>	2000		100	500		500	
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Surirella ovalis</i>	2000		100				
				<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	1000					500	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp5.</i>		1000					
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia tranquilla</i>	1000						
Perifiton					Abundancia	51000	84000	3700	23500	18000	8000
					Riqueza	14	6	11	8	7	8

4.3.3 Cálculo del índice de IDG

Época seca

El análisis del índice diatómico genérico (DGI) basado en la comunidad de perifiton para la época seca determinó que los ambientes acuáticos de la microcuenca del río Cachi presentan niveles de contaminación que varían de fuerte a moderada. Los puntos **P-03** y **P-06** se categorizaron como aguas con contaminación moderada, **P-04** como aguas con contaminación media, y **P-01**, **P-02** y **P-05** como aguas con contaminación fuerte (ver tabla 20).

Tabla 20

Determinación del índice diatómico genérico de los ambientes acuáticos en la época seca.

Punto	IDG	Significado
P-01	2.85	Contaminación fuerte
P-02	2.59	Contaminación fuerte
P-03	3.95	Contaminación moderada
P-04	3.02	Contaminación media
P-05	2.22	Contaminación fuerte
P-06	3.71	Contaminación moderada

Época húmeda

En la época húmeda, el análisis del índice diatómico genérico (IDG) determinó que los ambientes acuáticos de la microcuenca del río Cachi presentaron niveles de contaminación que varían de media a muy fuerte. Los puntos **P-02** y **P-03** mostraron contaminación media, **P-01**, **P-05** y **P-06** presentaron contaminación fuerte, mientras que **P-04** se categorizó con contaminación muy fuerte (ver Tabla 21).

Tabla 21

Determinación del índice diatómico genérico de los ambientes acuáticos en la época húmeda

Punto	IDG	Significado
P-01	2.23	Contaminación fuerte
P-02	3.1	Contaminación media
P-03	3.39	Contaminación media
P-04	1.82	Contaminación muy fuerte
P-05	2.36	Contaminación fuerte
P-06	2.81	Contaminación fuerte

4.3.4. Evaluación de la riqueza, abundancia, integridad ecológica de AAMBI, IBF, BMWP, EPT, %CA.

Los resultados para la determinación de la integridad ecológica de los ecosistemas fueron evaluados en los seis puntos de monitoreo tanto para la época seca en octubre y época húmeda en junio.

4.3.4.1. Riqueza y abundancia de especies de macroinvertebrados acuáticos en la época seca

En la Tabla 22 se detalla la lista de especies y abundancias colectadas en cada punto de muestreo durante la época seca. El punto P-06 presentó la mayor riqueza, con 12 especies, mientras que el punto P-02 registró la menor riqueza, con solo dos especies. En términos de abundancia, destacó el punto P-05 con 770 ind/m², donde predominó una especie indeterminada de la familia *chironomidae* (indicadora de mala calidad de agua) con 692 ind/m². El segundo punto con mayor abundancia fue P-04, con 627 ind/m², siendo la especie dominante el molusco *Physa* sp., con 518 ind/m². Los puntos con menor abundancia fueron P-02 y P-03, con 60 y 83 ind/m², respectivamente, dominados por especies indeterminadas de Chironomidae y Simuliidae.

Tabla 22

Macroinvertebrados registrados en los cuerpos de agua muestreados (Ind/m2) época seca.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	Total
Annelida	Clitellata (Hiruidinea)	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada					4		4
	Clitellata (Oligochaeta)	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada					11		11
			Ceratopogonidae	Indeterminada			4				4
				Indeterminada	7	41		19	692	7	766
				<i>Chironomus sp.</i>						4	4
				<i>Cricotopus sp.</i>		4		4		7	15
			Chironomidae	<i>Polypedilum sp.</i>				4		15	19
				<i>Stenochironomus sp.</i>				4			4
				Indeterminada	15		41	15			71
			Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>						7	7
				Indeterminada			7			7	14
				<i>Americabaetis sp.</i>			4				4
				<i>Andesiops sp.</i>						7	7
			Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>			4			4	8
				<i>Camelobaetidius sp.</i>			4				4
				<i>Leptohyphes sp.</i>			4			11	15
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Leptohyphidae	<i>Macrelmis sp.</i>					4		4
			Elmidae	Indeterminada	26		4				30
				<i>Metrichia sp.</i>			11	15		4	30
				<i>Ochrotrichia sp.</i>				26	7	4	37
	Ostracoda	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	15			22			37
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>		15					15
			Physidae	<i>Physa sp.</i>	52			518	52	333	955
Número de Individuos					115	60	83	627	770	410	2065
Número de Especies					5	3	9	9	6	12	23

4.3.4.2. Índices biológicos en base a macroinvertebrados acuáticos para la época seca

En la **Tabla 23** se resume el cálculo de los índices biológicos **BMWP/col**, **IBF**, **AAMBI**, **%EPT**, **%CA**, y **EPT/CA** para los puntos evaluados durante la época seca. Se determinó que los puntos **P-03** y **P-06** presentan una mejor calidad de agua en comparación con el resto de los puntos, que muestran valores indicativos de mala calidad de agua para la mayoría de los índices. Según el índice **BMWP/col**, la calidad del agua varió entre "muy crítica" y "dudosa", siendo **P-03** y **P-06** clasificados como de calidad dudosa, mientras que **P-01**, **P-04**, y **P-05** presentaron una calidad crítica, y **P-02** mostró una calidad "muy crítica", lo que la posiciona como la estación más impactada según este índice.

El índice **IBF** arrojó valores entre "regular" y "excelente", destacando **P-01**, **P-04**, y **P-06** como de calidad excelente. Sin embargo, la limitación de este índice es que solo considera la presencia de familias y no las abundancias de las especies. El índice **AAMBI** corroboró los resultados obtenidos por **BMWP/col**, clasificando los puntos **P-03** y **P-06** como de calidad de agua regular, mientras que el resto de los puntos fue clasificado como de calidad de agua mala. En cuanto a **%EPT**, solo **P-03** fue considerado como de calidad regular, mientras que los demás puntos fueron clasificados como de mala calidad de agua (ver **Tabla 24**).

Tabla 23

Análisis de macroinvertebrados del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época seca.

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
BMWP/col	22	8	52	31	21	53
IBF	1.21	5.25	4.17	0.49	6.31	0.84
AAMBI	16	7	38	25	18	41
%EPT	22.6	0.0	45.8	6.5	0.9	9.0
%CA	6.1	75.0	0.0	4.9	91.8	8.0
EPT/CA	3.71	0.00	0.00	1.32	0.01	1.12
especies	5	3	9	9	6	12
abundancia	115	60	83	627	770	410

Tabla 24

Evaluación de la calidad del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época seca.

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
BMWP/col	Crítica	Muy critica	Dudosa	Crítica	Crítica	Dudosa
IBF	Excelente	Regular	Muy buena	Excelente	Mala	Excelente
AAMBI	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala	Regular
%EPT	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala	Mala
%CA	No contaminado	Contaminado	No contaminado	No contaminado	Contaminado	No contaminado
EPT/CA	No perturbado	perturbado	No perturbado	perturbado	perturbado	perturbado

4.3.4.3. Riqueza y abundancia de especies de macroinvertebrados acuáticos en la época húmeda

En la Tabla 25 se presenta la lista de especies y abundancias colectadas en los puntos de monitoreo durante la época húmeda. Al igual que en la época seca, el punto P-06 mostró la mayor riqueza con 12 especies, mientras que el punto P-05 registró la menor riqueza con solo tres especies. En términos de abundancia, destacaron los puntos P-06 y P-02, con 119 y 115 individuos por metro cuadrado, respectivamente. El taxón predominante en ambas estaciones fue una especie indeterminada de la familia *chironomidae* (indicador de mala calidad de agua), con 72 individuos por metro cuadrado en P-06 y 22 individuos por metro cuadrado en P-02. Los puntos con

menor abundancia fueron P-01 y P-03, con 37 y 46 individuos por metro cuadrado, respectivamente, siendo dominados por especies indeterminadas de *chironomidae* y *simuliidae*.

Tabla 25

Macroinvertebrados registrados en los cuerpos de agua muestreados (ind/m2) junio (época seca).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	Total			
Annelida	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata	Clitellata	Clitellata	0	11	0	0	0	0	11			
		Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola sp.</i>	0	0	7	0	0	0	7			
		Diptera	Chironomidae	Chironomidae	7	78	0	4	0	22	111			
		Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>	15	0	0	22	0	0	37			
		Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus sp.</i>	4	0	0	15	0	0	19			
		Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum sp.</i>	0	0	4	19	11	11	45			
		Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus sp.</i>	0	0	0	11	0	4	15			
		Diptera	Limoniidae	Limoniidae	7	0	0	0	0	4	11			
		Diptera	Muscidae	Muscidae	0	0	0	4	0	0	4			
			Simuliidae	Simuliidae	4	0	19	0	59	0	82			
			Simuliidae	<i>Gigantodax sp.</i>	0	4	0	0	0	11	15			
			Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	0	7	4	0	4	15	30			
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis sp.</i>	0	0	0	0	0	4	4		
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops sp.</i>	0	7	0	0	0	0	7		
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	0	0	0	0	0	11	11		
			Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	0	0	0	0	0	4	4		
			Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis sp.</i>	0	4	0	0	0	0	4
					Trichoptera	Glossomatidae	<i>Mortoniella sp.</i>	0	0	0	0	0	19	19
					Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia sp.</i>	0	0	4	0	0	0	4
					Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>	0	0	7	0	0	0	7
					Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	0	0	0	0	0	7	7
					Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>	0	0	0	0	0	7	7
		Número de Individuos					37	111	45	75	74	119	461	
		Número de Especies					5	6	6	6	3	12	22	

4.3.4.4. Índices biológicos en base a macroinvertebrados acuáticos para la época húmeda

En la Tabla 26 se resumen los cálculos de los índices biológicos para BMWP/col, IBF, AAMBI, %EPT, %CA, y EPT/CA en los puntos evaluados durante la época húmeda. Se determinó que solo el punto P-06 presentó una mejor calidad de agua en comparación con el resto de los puntos, los cuales mostraron valores de mala calidad de agua en la mayoría de los índices. Según el índice BMWP/col, la calidad del agua en la época húmeda varió entre muy crítica y aceptable, siendo P-01 y P-04 las estaciones con calidad muy crítica, mientras que P-06 mostró una calidad aceptable. El índice IBF registró valores que oscilaron entre nociva y excelente, con P-04 clasificada como nociva y P-03 como excelente. La limitación de este índice es que solo considera la presencia de familias y no la abundancia de las especies. Tanto AAMBI como %EPT corroboraron los resultados obtenidos por BMWP/col, clasificando el punto P-06 como de buena calidad de agua (ver Tabla 27).

Tabla 26

Análisis de macroinvertebrados del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época húmeda.

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
BMWP/col	14	32	34	12	18	66
IBF	5.57	5.91	3.69	6.63	6.15	4.46
AAMBI	15	23	28	12	12	55
%EPT	0.0	6.3	24.4	0.0	0.0	43.7
%CA	70.3	80.2	8.9	94.7	14.9	31.1
EPT/CA	0.00	0.08	2.75	0.00	0.00	1.41
especies	5	6	6	6	3	12
abundancia	37	111	45	75	74	119

Tabla 27

Evaluación de la calidad del índice BMWP, IBF, AAMBI, %EPT, %CA de la época húmeda.

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
BMWP/col	Muy crítica	Crítica	Crítica	Muy crítica	Crítica	Aceptable
IBF	Regular	Mala	Excelente	Nociva	Mala	Buena
AAMBI	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Buena
%EPT	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Buena
%CA	Contaminado	Contaminado	No contaminado	Contaminado	No contaminado	No contaminado
EPT/CA	Perturbado	Perturbado	No Perturbado	Perturbado	No Perturbado	No Perturbado

4.4. Determinación de las implicancias que se pueden inferir de los índices obtenidos, para la gestión ambiental del río Cachi.

4.4.1 Índice de integridad ecológica

Epoca seca

El estado de la integridad ecológica del río Cachi durante la época seca (ver Tabla 28 y Figura 9) muestra que los puntos P-03, ubicado en el afluente izquierdo del río Cachi, en la parte posterior del AA.HH Santa Rosa de Tinkuy, y P-06, situado en Santiago de Pischa – Huamanga, presentan una integridad ecológica "regular", en comparación con el resto de los puntos. Los puntos P-04 (ubicado en la parte baja de la comunidad de Cangari), P-01 (en el puente Alccomachay) y P-02 (en el puente peatonal Santa Rosa) presentan una integridad ecológica "mala", lo que evidencia una mala calidad del agua y la presencia de impactos negativos en los ambientes acuáticos. En tanto, el punto P-05 (ubicado en la parte baja del fundo Mauricio) muestra una integridad ecológica "pésima", indicando que estos

ambientes están actualmente sometidos a un fuerte impacto, observándose esta condición durante la toma de muestras de los diferentes indicadores biológicos y en la descripción de las hojas de registro.

Tabla 28*Cálculo del índice de calidad ambiental de la época seca.*

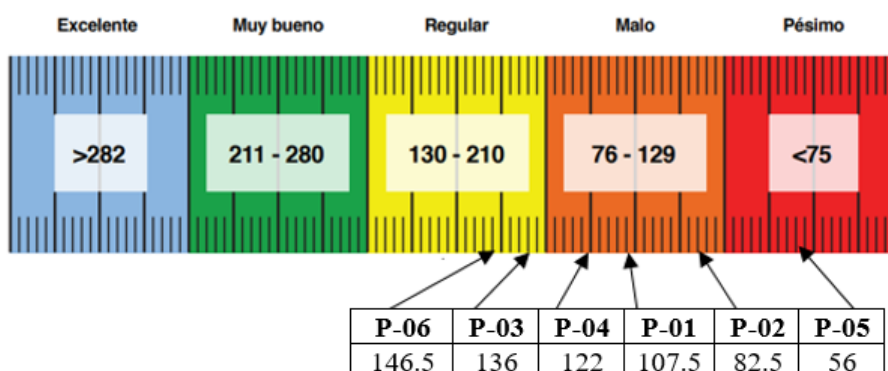
ÍNDICE	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 05	P - 06
IHF-Cord	58.5	48	51	58.5	33.5	60.5
QBR-Mon	53	45	58	54	41.5	59
IPA	20	17.5	11	15.5	37	14
IHF + QBR - IPA	58.5 + 53 - 20	48 + 45 - 17.5	51 + 58 - 11	58.5 + 54 - 15.5	33.5 + 41.5 - 37	60.5 + 59 - 14
Índice de calidad ambiental	91.5	75.5	98	97	38	105.5
Índice de AAMBI	16	7	38	25	18	41
Índice de integridad ecológica	91.5 + 16	75.5 + 7	98 + 38	97 + 25	38 + 18	105.5 + 41
Total	107.5	82.5	136	122	56	146.5

Tabla 29*Cálculo del índice de calidad ambiental de la época húmeda.*

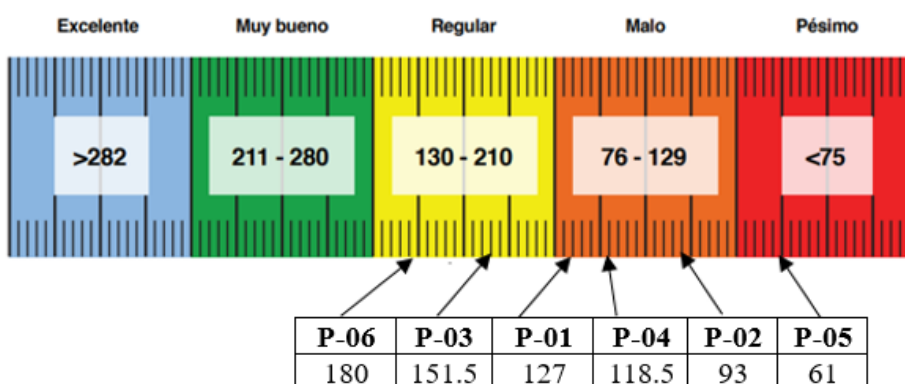
ÍNDICE	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 05	P - 06
IHF-Cord	68	40	60	60	38.5	67
QBR-Mon	56	50	73	58	49	70
IPA	12	20	9.5	11.5	38.5	12
IHF + QBR - IPA	68 + 56 - 12	40 + 50 - 20	60 + 73 - 9.5	60 + 58 - 11.5	38.5 + 49 - 38.5	67 + 70 - 12
Índice de calidad ambiental	112	70	123.5	106.5	49	125
Índice de AAMBI	15	23	28	12	12	55
Índice de integridad ecológica	112 + 15	70 + 23	123.5 + 28	106.5 + 12	49 + 12	125 + 55
Total	127	93	151.5	118.5	61	180

Figura 9

Índice de integridad ecológica de la época seca.

**Figura 10**

Índice de integridad ecológica de la época húmeda.



Epoca húmeda

Durante la época húmeda, el análisis de la integridad ecológica del río Cachi (ver **Tabla 29** y **Figura 10**) revela que los ambientes de los puntos **P-06** (ubicado en Santiago de Pischa – Huamanga) y **P-03** (situado en el afluente izquierdo, detrás del AA.HH Santa Rosa de Tinkuy) presentan una integridad ecológica "**regular**", en comparación con los demás puntos. Los puntos **P-01** (ubicado en el puente peatonal Alccomachay), **P-04** (en la parte baja de la comunidad de Cangari) y **P-02**

(en el puente peatonal Santa Rosa) muestran una clasificación de "**mala**", lo que indica una mala calidad del agua debido a los impactos observados en los ambientes acuáticos del área de estudio. Similar a los resultados obtenidos en la época seca, durante la época húmeda el punto **P-05** (ubicado en la parte baja del fundo Mauricio) sigue siendo el más contaminado, con una calidad clasificada como "**pésima**", lo que corrobora que el cambio estacional no influye en la mejora de sus condiciones ambientales en ninguna de las dos épocas.

4.4.2 Propuesta de estrategia de gestión de contaminantes para la integridad del ecosistema acuático del río Cachi, Huanta, Perú

4.4.2.1 Problemática

El río Cachi, en el tramo entre San Pedro de Cachi y la estación del puente Alcomachay, ubicado en Huanta, Perú, ha sido identificado como un ecosistema acuático afectado por diversos tipos de contaminación, incluyendo residuos sólidos (principalmente plásticos), residuos orgánicos, y el deterioro de las riberas, junto con la modificación del área fluvial. Las comunidades biológicas evaluadas, que incluyen macroinvertebrados acuáticos (bentos), perifiton y peces, han demostrado que estos ambientes están contaminados. Además, los análisis del índice de hábitat fluvial (IHF), el índice de la calidad de la vegetación de ribera (QBR) y el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) han revelado impactos negativos significativos en los ecosistemas acuáticos. Esta propuesta presenta una estrategia de gestión integral destinada a abordar los contaminantes y restaurar la salud del ecosistema del río Cachi en el tramo de estudio.

4.4.2.2 Objetivos

Reducir la carga contaminante en el tramo evaluado de la cuenca del río Cachi.

Restaurar y mantener la integridad ecológica del ecosistema acuático del río Cachi.

Promover la participación comunitaria y la educación ambiental en los pobladores de la provincia de Huanta y provincias aledañas.

Monitorear y evaluar la efectividad de las acciones implementadas.

4.4.2.3 Diagnóstico y evaluación

Monitoreo inicial:

Este estudio representa un monitoreo exhaustivo en seis puntos muestreados en la microcuenca del río Cachi, enfocado en el análisis de la comunidad biológica (composición y abundancia de bentos, perífiton y peces), es necesario complementar el análisis con la recolección de datos relacionados a los parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, nutrientes, metales pesados).

Realizar un mapeo exhaustivo en el área de estudio e identificar las principales fuentes de contaminación, diferenciando entre fuentes puntuales (descargas industriales, agrícolas) y difusas.

Análisis de ribera y ambiente fluvial:

Evaluar la integridad de las riberas y las condiciones del hábitat fluvial, para en este estudio fue analizados los índice de hábitat fluvial (IHF), el Índice de la calidad de la vegetación de ribera (QBR) y el índice de presiones antropogénicas al ecosistema

fluvial (IPA), que nos han permitido identificar la presencia de áreas de erosión, pérdida de vegetación raparúa y otras alteraciones.

4.4.2.4 Estrategias de remediación

Remoción de residuos sólidos:

Implementar campañas de limpieza periódicas en colaboración con la comunidad local y organizaciones no gubernamentales principalmente en los puntos P-05 (río Pangora, parte baja de fundo Mauricio), P-04 (parte baja de la comunidad de Cangari) y P-03 (espalda del AAHH. Santa Rosa de Tinkuy)

Tratamiento de aguas residuales:

Construir y/o mejorar plantas de tratamiento de aguas residuales en puntos críticos, principalmente sobre las aguas que drenan al río Pongora, referente al punto P-05.

Promover el uso de tecnologías de tratamiento natural, como humedales artificiales y biofiltros a lo largo de toda la cuenca.

Fitorremediación:

Plantar especies vegetales adecuadas nativas en las riberas para la absorción y degradación de contaminantes, a lo largo de toda la cuenca evaluada, principalmente P-01 (puente Alccomachay) y P-06 (Santiago de Pischa – Huamanga).

4.4.2.5 Estrategias de prevención y control

Regulación y cumplimiento:

Fortalecer las normativas ambientales locales y asegurar su cumplimiento a través de inspecciones regulares y sanciones a los infractores, que degraden las márgenes de los ríos, modifiquen el cauce fluvial, y eliminen sus residuos sólidos a los ambientes acuáticos.

Educación y concienciación:

Implementar programas educativos para la comunidad de la provincia de Huanta en colaboración con instituciones educativas y la UGEL, elaborando portafolios y material impreso sobre la biodiversidad acuática del río Cachi, implementando fichas simples de fácil monitoreo por parte de la población siguiendo la metodologías de ciencia ciudadana.

Realizar talleres y campañas informativas sobre la correcta gestión de residuos y el uso racional del agua en instituciones educativas, ferias, entre otros eventos culturales de la provincia de Huanta.

Infraestructura Verde:

Establecer zonas de amortiguamiento vegetadas a lo largo de las riberas para filtrar contaminantes y estabilizar el suelo, principalmente en el punto P-03, que está próximo al relleno sanitario de la provincia de Huanta.

4.4.2.6 Monitoreo y seguimiento

Sistema de monitoreo continuo:

Establecer estaciones de monitoreo estacional, en este caso proponemos los seis puntos evaluadas en este estudio, para realizar la medición continua de parámetros críticos.

Desarrollar una base de datos accesible y pública con los resultados de los monitoreos, que nos permitirá evaluar los cambios en la calidad del agua del río Cachi al largo de los años.

Evaluación de efectividad:

Realizar evaluaciones periódicas de la efectividad de las medidas implementadas en el área de estudio, ajustando las estrategias según sea necesario.

Continuar utilizando los indicadores biológicos (bentos, perífiton y peces) para evaluar la recuperación ecológica del río, así como el análisis de los parámetros fisicoquímicos.

4.4.2.7 Participación comunitaria y gobernanza

Involucramiento de la comunidad:

Fomentar la participación activa de la comunidad de la provincia de Huanta en todas las etapas de la gestión del río, desde la planificación hasta la ejecución de proyectos, incentivando la aplicación de metodologías de ciencia ciudadana.

Crear comités de gestión del agua con representación de todos los sectores involucrados de la región de Huanta (gobierno, comunidad, industria, ONGs).

Cooperación interinstitucional:

Establecer alianzas entre diferentes niveles de gobierno, instituciones académicas como la Universidad Autónoma de Huanta (UNAH), organizaciones no gubernamentales y el sector privado para coordinar esfuerzos y recursos, y si es posible incluir dentro de esta cooperación instituciones extranjeras interesadas en la problemática ambiental de la cuenca como investigadores de la Universidad de Cambridge.

V. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que los ecosistemas acuáticos del río Cachi, especialmente en el tramo comprendido entre San Pedro de Cachi y el puente Alcomachay, presentan signos evidentes de deterioro ambiental. Este deterioro es evidente por la presencia de diversos contaminantes, tanto sólidos como orgánicos, y por alteraciones físicas en el hábitat fluvial. Los indicadores bióticos y abióticos evaluados refuerzan esta conclusión, evidenciando una fuerte presión antropogénica en los diferentes puntos monitoreados.

Contaminación antropogénica y calidad del agua

A nivel global, los ríos enfrentan serias amenazas derivadas de la contaminación antropogénica, lo cual deteriora la calidad del agua (Dalu et al., 2017). La preocupación por entender y proteger la integridad ecológica ha impulsado el uso de indicadores biológicos para evaluar la calidad del agua, destacando su utilidad en la evaluación de ecosistemas fluviales (Rosenberg & Resh, 1993; Singh & Saxena, 2018). La caracterización de la calidad del agua mediante estos indicadores es crucial para proponer estrategias de manejo adecuado (Figuerola et al., 2007).

El río Cachi, afluente de la cuenca superior del río Mantaro, atraviesa valles áridos en el departamento de Ayacucho. En esta región, los límites ambientales al desarrollo agrícola están afectados por el uso y mal uso de recursos, incluidos pesticidas y fertilizantes, que impactan de manera variable los sistemas ambientales. Además, el cambio climático puede alterar los patrones de lluvia, exacerbando estos problemas. Este contexto ha llevado al desarrollo de un proyecto colaborativo entre la Universidad Nacional Autónoma de Huanta (UNAH) y la Universidad de Cambridge, destinado a investigar los sistemas ambientales y los servicios ecosistémicos en la región de Huanta, Perú (<https://unah.ep.phy.cam.ac.uk/>). Los puntos de estudio de esta investigación coinciden con algunas de las 14 estaciones de muestreo del proyecto Cambridge-UNAH, y los resultados obtenidos proporcionan información de referencia que complementan los hallazgos de dicha investigación ambiental a largo plazo (<https://unah.ep.phy.cam.ac.uk/>).

Intervención humana y contaminación en el río Cachi

A lo largo de su recorrido, el río Cachi muestra una alta intervención humana, especialmente en áreas cercanas a zonas urbanas, como en los puntos P-02 y P-05. En estos puntos, el agua presenta tonalidades oscuras, desde marrón hasta gris, y las riberas están saturadas de residuos sólidos y ductos que desembocan en el río. En los seis puntos analizados, se evidencian problemas de contaminación por desagües que descargan materia orgánica doméstica y residuos sólidos. Las riberas se han convertido en vertederos en zonas urbanas identificadas en los puntos P-02, P-04 y P-05, tanto en épocas húmedas como secas, lo cual se refleja en la mala calidad del agua según los indicadores biológicos. Otros autores (Naiman et al., 1993; Ríos & Bailey, 2006; Innis et al., 2000) han obtenido resultados similares, sosteniendo que la deforestación y los contaminantes de aguas residuales han provocado una fuerte degradación de estos ambientes, con un incremento en la sedimentación, formación de bancos de arena, alteración de la geomorfología,

pérdida de diversidad de especies y alteración del régimen hidrológico. Por otro lado, autores como Sorensen et al., (1998), resalta el hecho que la vegetación ribereña no solo genera beneficios ecológicos, sino que también brinda una serie de servicios a los seres humanos, ayudando a mejorar su calidad de vida. A diferencia, los resultados muestran que en el río Cachi la vegetación ribereña ha sido alterada.

Calidad del hábitat y presiones antropogénicas

El análisis de los índices de calidad de hábitat en el río Cachi (IHF-Cord, QBR-Mon, IPA) demuestra una fuerte degradación del hábitat fluvial y de ribera. Los métodos para una evaluación rápida del estado ecológico han cobrado relevancia en tiempos recientes, destacando el uso de indicadores biológicos para la gestión y restauración de ecosistemas (Palma, 2009).

El índice QBR-Mon revela que en el punto P-03 durante la época húmeda, los valores fueron superiores a 73, indicando una calidad buena pero ligeramente perturbada. Los puntos P-01, P-04 y P-06 mostraron valores entre 53 y 70, indicando una calidad intermedia con inicio de alteración. En contraste, los puntos P-02 y P-05 presentaron valores bajos, de 41.5 a 50, reflejando una fuerte alteración y mala calidad de la ribera. Estos hallazgos coinciden con Suárez et al., (2002), Schmidt et al., (2011), quienes sostienen que la calidad de la vegetación ribereña está deteriorada debido al creciente desarrollo urbano, lo cual debe considerarse en futuros estudios y monitoreos.

El índice IHF-Cord ha demostrado ser robusto a pesar de su evaluación visual, relacionándose con parámetros físicos y aspectos ecológicos del ecosistema (Pardo et al., 2002). Los puntos P-01, P-03, P-04 y P-06 mostraron una calidad de hábitats media, con valores de 58.5 a 68, indicando una fuerte degradación debido a actividades humanas y contaminantes. Los puntos

P-02 y P-05, con una calidad baja (33.5 a 48), evidencian una alta modificación del sistema ecológico fluvial, como lo afirma Barbour et al., (1999) y Bonada et al., (2002). Los valores de IHF-Cord en estos puntos son preocupantes, ya que valores menores a 30 indican una calidad de hábitats muy baja.

El índice IPA refleja el impacto de actividades antropogénicas en la calidad del agua y los ecosistemas (Perigó et al., 2002). En la cuenca del río Cachi, el IPA para el punto P-05 mostró un valor “fuerte” (37–38.5) en ambas épocas, debido a vertidos de aguas servidas y residuos sólidos. El P-01 mostró una presión “media” (20), mientras que los puntos P-02, P-03, P-04 y P-06 tuvieron una presión “baja” (8.5–17.5) en época seca, y valores similares en la época húmeda. Ninguno de los puntos registró una presión “muy fuerte” (>54), que indicaría contaminación industrial o extracción de agua para consumo humano.

Análisis biológicos: macroinvertebrados, perifiton y peces

El análisis de las comunidades biológicas en el río Cachi, que incluye macroinvertebrados acuáticos, perifiton y peces, confirma que el ecosistema se encuentra en un estado comprometido. La comunidad de macroinvertebrados, predominantemente representada por *Chironomidae* y *Simuliidae*, actúa como indicadores de mala calidad de agua, sugiriendo que el ecosistema está sometido a condiciones de estrés ambiental. Esto se respalda con los valores bajos de los índices biológicos BMWP/col y AAMBI, que reflejan una calidad de agua que varía entre "crítica" y "muy crítica" en la mayoría de los puntos de monitoreo. Esta tendencia se mantiene en ambas épocas, seca y húmeda, aunque algunos puntos como P-06 presentan mejores condiciones relativas, posiblemente debido a una menor intervención antropogénica en esas áreas específicas.

Los índices AAMBI, IBF, BMWP, EPT y %CA revelan una disminución en la presencia de taxones menos tolerantes a la contaminación, como Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera. Los valores de BMWP son ampliamente utilizados para evaluar la calidad de agua en ecosistemas acuáticos (Alba-Tercedor & Jiménez-Millán, 1987), junto con el índice AAMBI, muestran que, durante la época seca, los puntos P-01, P-02, P-04 y P-05 tuvieron una integridad ecológica "mala" debido a la ausencia de macroinvertebrados sensibles y la predominancia de especies de *chironomidae*, que indican contaminación orgánica. En contraste, los puntos P-03 y P-06 mostraron una integridad ecológica "regular", con valores que oscilan entre 36 y 49, sugiriendo una mejor calidad relativa en estos ambientes.

El análisis del índice de contaminación biótica (IBF) reveló una alta contaminación orgánica en el punto P-05, clasificado como "mala". El punto P-02 presentó una contaminación "regular", el P-03 mostró un grado leve de contaminación, y los puntos P-01, P-04 y P-06 tuvieron agua limpia con baja contaminación orgánica, siendo calificados como "excelente". Durante la época seca, el índice BMWP indicó una calidad del agua que varió de "muy crítica" a "dudosa", con el P-02 como el punto más impactado. La calificación biológica del agua determinó que el P-02 y P-05 estaban "contaminados", mientras que los puntos P-01, P-03, P-04 y P-06 fueron "no contaminados", reflejando la adecuación de la fauna de macroinvertebrados a las condiciones del ecosistema.

El perifiton, considerado un bioindicador de la calidad del agua, muestra una reducción significativa en la riqueza y abundancia de especies en puntos con altos niveles de contaminación. La presencia dominante de especies como *navicula* y *achnanthidium minutissimum*, tanto en la época seca como en la húmeda, refuerza la hipótesis de que las condiciones del agua son desfavorables para la diversidad biológica.

En cuanto a la ictiofauna, los resultados confirman la baja riqueza de especies en la cuenca, atribuida principalmente a las condiciones físicas y químicas adversas del agua, así como a la variabilidad hidrológica característica de esta región. La mayor abundancia de especies en los puntos con menor calidad de agua, donde predominan *siluriformes* y *characiformes*, indica un ecosistema alterado en el que solo unas pocas especies resilientes pueden prosperar.

Integridad ecológica y comparación estacional

Los resultados del análisis de la integridad ecológica, mediante diversos índices en ambas épocas (seca y húmeda), muestran tendencias consistentes de degradación en los puntos más cercanos a áreas urbanas o fuertemente intervenidas. La clasificación de integridad "pésima" en el punto P-05, tanto en la estación seca como en la húmeda, es especialmente preocupante, ya que indica que las intervenciones humanas son lo suficientemente severas como para impedir la regeneración natural del ecosistema, incluso en períodos de mayor caudal, cuando los sistemas fluviales suelen mostrar signos de mejora. Este hallazgo resalta que las prácticas de gestión en las cuencas adyacentes no están considerando adecuadamente la protección de los ecosistemas acuáticos.

Durante la época seca, el punto P-03 en el afluente izquierdo del río Cachi presentó una integridad "regular" en comparación con otros puntos. Los puntos P-04, P-01 y P-02 mostraron una calidad "mala", con el P-05 presentando una integridad "pésima", indicando un fuerte impacto en los ambientes acuáticos. Estos resultados sugieren la necesidad urgente de implementar medidas de gestión y restauración para recuperar el ecosistema acuático del río Cachi. Es fundamental adoptar estrategias de manejo y restauración efectivas para mejorar la salud ecológica de esta microcuenca.

Impacto de la estacionalidad

A pesar de que se esperaba que la época húmeda pudiera mejorar la calidad del agua debido al aumento en el caudal, los resultados sugieren que el impacto estacional es limitado en la mayoría de los puntos. La contaminación física, especialmente los residuos sólidos y la alteración de las riberas, sigue afectando el flujo natural y la calidad de los hábitats. Esto indica que, aunque el incremento de agua puede diluir algunos contaminantes, las fuentes persistentes de alteración no permiten una recuperación significativa de la biota ni de las funciones ecosistémicas.

Estrategias de gestión y restauración

Dado el panorama de degradación ambiental que enfrenta el río Cachi, es crucial implementar estrategias de gestión y restauración que incluyan la rehabilitación de la vegetación ribereña, el tratamiento adecuado de las aguas residuales y la regulación del vertido de insumos agrícolas. El uso de índices bióticos ha demostrado ser una herramienta útil en la evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos, pero es necesario complementar estos métodos con monitoreos más frecuentes y con la participación activa de las comunidades locales, quienes dependen directamente de estos recursos. Asimismo, Ríos & Bailey (2006) sostienen que es imprescindible establecer normativas más estrictas para el control de los desechos sólidos y líquidos vertidos en el río, promoviendo un enfoque integral que abarque tanto la conservación del ecosistema como el bienestar de las comunidades humanas.

VI. CONCLUSIONES

El río Cachi presenta una integridad ecológica que varía entre "mala" y "regular" en los puntos de monitoreo P-01, P-02, P-03, P-04 y P-06, tanto en época seca como húmeda. Esta condición se debe a la sensibilidad de los organismos biológicos a la contaminación orgánica. En

el punto P-05, la integridad ecológica es "pésima", debido a que la fauna es menos diversa y está dominada por un reducido número de especies. La pérdida de biodiversidad tiene severas implicaciones, como la reducción de la resiliencia y la integridad ecológica del ecosistema. Por ello, la presencia de especies indicadoras de buena calidad del agua, tanto de perífiton como de macroinvertebrados bentónicos, juega un papel fundamental en el funcionamiento ecológico del sistema.

El índice de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) en época seca revela que el punto P-05 presenta una "alteración fuerte" y una "mala calidad" en su vegetación de ribera, mientras que el punto P-06 muestra un "inicio de alteración importante", con una calidad de vegetación de ribera "intermedia". Durante la época húmeda, el punto P-05 no evidencia mejoría y continúa con una "alteración fuerte", indicando la falta de cambios a pesar de las lluvias. De manera similar, el punto P-06 se mantiene en un estado de "inicio de alteración".

El índice de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) indica que, tanto en la época seca como en la húmeda, el punto P-05 presenta una "baja diversidad de hábitat fluvial", lo que evidencia una fuerte alteración del hábitat en esta zona. En contraste, el punto P-06 muestra una "diversidad de hábitat fluvial media", lo cual sería adecuado para la presencia de organismos biológicos del ecosistema acuático y sugiere mejores condiciones en la calidad del hábitat fluvial en el área de estudio.

Los valores del índice de presiones antropogénicas (IPA) durante las épocas seca y húmeda muestran un IPA "bajo" en los puntos P-03, P-04 y P-06, debido a la escasa presencia de impactos antropogénicos registrados. En cambio, el punto P-02 presenta un IPA "medio", asociado con el aumento de impactos antropogénicos relacionados con la presencia de afluentes urbanos y residuos orgánicos. Por otro lado, el punto P-01 presentó un valor de IPA "medio" en la época seca, que

disminuyó a "bajo" en la época húmeda, probablemente debido al incremento del caudal y nivel del agua. De todas las estaciones evaluadas, el punto P-05 experimenta un valor de IPA "fuerte", lo que lo identifica como el punto de muestreo con mayor impacto antropogénico, afectando la composición, estructura y funcionamiento del ecosistema acuático asociado, como resultado de la perturbación y degradación del ambiente por actividades y afluentes urbanos. En ninguna de las épocas se registró un valor de IPA "muy fuerte", que indicaría un daño irreversible al ecosistema, lo que sugiere que es posible remediar estos ambientes acuáticos.

Los indicadores biológicos bentónicos biological monitoring working party score system (BMWP), índice biótico de familias (IBF), índice ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT), andean – amazon biotic index (AAMBI), perifíticos índice diatómico genérico (IDG) e ictiológicos (riqueza y abundancia), señalan que los puntos P-02 y P-05 presentan una calidad de agua que oscila entre “pésima” y “mala”. Esto se atribuye a la presencia de contaminantes orgánicos de origen antrópico, los cuales afectan negativamente la diversidad acuática. En contraste, el punto P-06, que muestra la mejor calidad de agua, evidencia una alta diversidad de especies en buenas condiciones, lo que refleja un menor impacto antrópico en el estado del ecosistema acuático del río Cachi.

La combinación de los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon), índices de calidad del hábitat fluvial (IHF-Cord), índices de presiones antropogénicas (IPA) y los índices de calidad del agua utilizando perifitón, macroinvertebrados bentónicos y peces, proporciona una visión integral de la integridad ecológica de los ambientes evaluados. Estos indicadores demuestran la presencia de actividades antropogénicas inadecuadas en la cuenca del río Cachi, que resultan en la degradación ecológica progresiva debido a las malas prácticas en la disposición final de residuos y aguas residuales. Asimismo, estos datos ofrecen las herramientas necesarias para

implementar una estrategia de gestión integral que no solo permita la recuperación del ecosistema acuático del río Cachi en el tramo estudiado, sino que también contribuya al bienestar de las comunidades locales en la región de Huanta, por los servicios que le proporcionan. La participación activa de todos los actores involucrados, junto con un monitoreo participativo, será crucial para el éxito de la propuesta de gestión ambiental.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la población inmersa adquiera estrategias para mejorar la calidad de las riberas en los puntos críticos P-02 y P-05.

Se recomienda que el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego promueva el cultivo de vegetación nativa estableciendo un manejo adecuado de los residuos sólidos. Estas acciones contribuirán a la restauración y protección de los hábitats ribereños.

Se recomienda a la Autoridad Local del Agua implemente monitoreos periódicos a lo largo de los años para evaluar las mejoras en la calidad del agua en la microcuenca del río Cachi. Esto permitirá una evaluación continua de la eficacia de las medidas de gestión y restauración.

Se recomienda que los futuros tesis de las universidades de la zona de influencia de estudio realicen monitoreos periódicos utilizando indicadores biológicos y fisicoquímicos, para evaluar la eficacia de las medidas de restauración y adaptación implementadas. La aplicación de análisis moleculares para la identificación de especies, como se sugiere en el análisis ictiológico, sería valiosa para futuras evaluaciones de la biodiversidad y el seguimiento a largo plazo de la salud del ecosistema.

Se recomienda que la Autoridad Nacional del Agua amplie las evaluaciones a otros afluentes dentro de la microcuenca del río Cachi. Esta extensión ayudará a identificar posibles

puntos adicionales de origen de contaminación y a comprender mejor la dinámica de la microcuenca.

Se recomienda que el Gobierno Local a través del Área Técnica Municipal de la provincia de Huanta realice el control de los contaminantes sobre todo de descarga de agua residual. En particular atención debe prestarse a los puntos críticos identificados, como P-02 y P-05, para mitigar el impacto sobre los ambientes acuáticos.

VIII. REFERENCIAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- Aguiar, F. C., Segurado, P., Urbanič, G., Cambra, J., Chauvin, C., Ciadamidaro, S., ... & Ferreira, M. T. (2014). Comparability of river quality assessment using macrophytes: A multi-step procedure to overcome biogeographical differences. *Science of the Total Environment*, 476, 757-767.
- Alomía, J., Iannacone, J. A., Alvarino, L., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist* (Lima), 15(1).
- Alonso Eguía-Lis, P. E., Mora Tavaréz, M., Campbell, B., & Springer, M. (2014). Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- ANA (2009). Estándares Nacionales de la Calidad del Agua. Recuperado de: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf
- ANA (2012). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú: Memoria descriptiva
- ANA (2018). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Autoridad Nacional del Agua (Ed), Lima. 59 pp.
- Arana, J. M., & Carranza, C. C. (2018). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los

- departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 20(40), 86-93.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J. B. Stribling. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, 2nd ed. EPA 841-B-99-002. US EPA, Office of Water, Washington D.C., USA.
- Balmaceda-Lozada, J. (2019). Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba en el tramo presa El Limón, Lambayeque–Perú: Water quality and diversity of aquatic macroinvertebrates of the Huancabamba river in the “El Limón” dam, Lambayeque–Perú. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 2(1), 14-27.
- Barrios, M., Rodríguez-Olarte, D., & García, E. (2015). Índice de integridad de los ecosistemas fluviales con base a las comunidades de insectos acuáticos en el río Misoa de la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Entomotropica*, 30(8), 69-83.
- Bay, E. C.(1974). Predator-prey relationships among aquatic insects. *Ann. Rev. Entom.* 19: 441-453.
- Baylón, C. M., Roa, C. K., Libio, S. T., Tapia U. L., Jara P. E., Macedo, P. D. & Dextre R.A. (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecología aplicada*, 17(1), 119-132.
- Bennett, C., Owen, R., Birk, S., Buffagni, A., Erba, S., Mengin, N., ... & Wasson, J. G. (2011). Bringing European River quality into line: an exercise to intercalibrate macro-invertebrate classification methods. *Hydrobiologia*, 667, 31-48.

- Bentaibi, S., Chillasse, L., Abba, H., & Hamada, S. (2014). Contribution to the biological assessment of quality surface waters through the macrophyte biological index for rivers (IBMR) in Boufekrane river. *International Journal of Advanced Life Sciences (IJALS)*, 7(4), 580-586.
- Bienenfeld, L. A., Golden, A. L., & Garland, E. J. (2003). Consumption of fish from polluted waters by WIC participants in East Harlem. *Journal of Urban Health*, 80(2), 349-358.
- Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S., ... & Hering, D. (2012). Three hundred ways to assess Europe's surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological indicators*, 18, 31-41.
- Blakely, T. J., Eikaas, H. S., & Harding, J. S. (2014). The Singscore: a macroinvertebrate biotic index for assessing the health of Singapore's streams and canals. *Raffles Bulletin of Zoology*, 62.
- BMWP (Biological Monitoring Working Party). Final Report: Assessment and Presentation of Biological Quality of Rivers in Great Britain; Department of the Environment, Water Data Unit: London, UK, 1978
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 495-523.
- Boyd, C. E. (2020). *Water quality: an introduction*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>

- Brown SC, Smith K, Batzer D. 1997. Macroinvertebrate response to wetland restoration in northern New York. *Environm. Entom.* 26: 1016-1024.
- Bullón, V. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo (Doctoral dissertation, Tesis de título profesional).
- Bunn, S. E., Abal, E. G., Greenfield, P. F., & Tarte, D. M. (2007). Making the connection between healthy waterways and healthy catchments: South East Queensland, Australia. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(2), 93-100.
- Calderon, M. R., Gonzalez, S. P., Perez-Iglesias, J. M., & Jofre, M. B. (2023). Anthropogenic impacts on rivers: use of multiple indicators to assess environmental quality status. *Hydrobiologia*, 850(2), 469-487.
- Callisto, M., Macedo, D. R., Linares, M. S., & Hughes, R. M. (2019). Multi-status and multi-spatial scale assessment of landscape effects on benthic macroinvertebrates in the Neotropical Savanna. *Advances in Understanding Landscape Influences on Freshwater Habitats and Biological Assemblages*; Hughes, RM, Infante, DM, Wang, L., Chen, K., Terra, BF, Eds, 275-302.
- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Fundación EcoCiencia. Quito. Ecuador.
- Carr, G. M., & Neary, J. P. (2008). Water quality for ecosystem and human health. UNEP/Earthprint.
- Carrasco Badajos, C. (2005). Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho 2003–2004. Tesis para optar

- el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho Perú).
- CARTER, J.L.; RESH, V.H.; HANNAFORD, M.J.; MYERS, M.J. 2017. Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality. Chapter 38. In: Lamberti, G.A.; Hauer, F.R. (eds). *Methods in Stream Ecology* (Third Edition). Academic Press, Elsevier. p.293-318.
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R. D. P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131.
- Carrasco-Badajoz, C., Rayme-Chalco, C., Arana-Maestre, J., Álvarez-Tolentino, D., Ayala-Sulca, Y., & Sanchez-Peña, M. (2022). Aquatic macroinvertebrate trophic guilds, functional feeding groups, and water quality of an andean urban river. *Frontiers in Environmental Science*, 1676.
- Chagua, J. L. G., Linares, A. R. C., & Gaspar, A. Z. Ñ. (2013). Evaluación de la calidad de agua de los ríos del ámbito de influencia del proyecto de Camisea en la provincia de Huaytará, Huancavelica. *Infinitum...*, 3(2).
- Chen, K., Sun, D., Rajper, A. R., Mulatibieke, M., Hughes, R. M., Pan, Y., ... & Wang, B. (2019). Concordance in biological condition and biodiversity between diatom and macroinvertebrate assemblages in Chinese arid-zone streams. *Hydrobiologia*, 829, 245-263.
- Clapcott, J. E., Goodwin, E. O., Snelder, T. H., Collier, K. J., Neale, M. W., & Greenfield, S. (2017). Finding reference: a comparison of modelling approaches for predicting

- macroinvertebrate community index benchmarks. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 51(1), 44-59.
- Clews, E.; Lin, Y.; Eikaas, H. (2012). *Biomonitoring of Singapore's Freshwater Ecosystems; CITYGREEN #5 A Centre for Urban Greenery and Ecology Publication*; p. 29
- Colé, G.A. (1998). *Manual de Limnología*. Buenos Aires, Editorial hemisferio sur.
- CONAMA (2005). Resolução 357. Dispõe Sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais Para o Seu Enquadramento, Bem Como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, e da Outras Providências; Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, Brazil,
- Coste, M. & Ayphassorho, H. (1991). *Etude de la qualité des eaux du bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques: application des indices diatomiques* (Doctoral dissertation, irstea).
- Custodio, V. M., & Chanamé, Z. F. C. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44.
- Dala-Corte, R. B., Melo, A. S., Siqueira, T., Bini, L. M., Martins, R. T., Cunico, A. M., ... & Roque, F. D. O. (2020). Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1391-1402.
- Dallas, H.; Kennedy, M.; Taylor, J.; Lowe, S. (2010) SAFRASS: Southern African River Assessment Scheme. WP4: Review of Existing Biomonitoring Methodologies and Appropriateness for Adaptation to River Quality Assessment Protocols for use in Southern

- Tropical Africa; AFS/2009/219013; ACP Science and Technology Programme: Cape Town, South Africa
- Dallas, H.F (2009). Wetland Monitoring Using Aquatic Macroinvertebrates; Technical Report, Report 5/2009, Prepared for the Biokavango Project, Harry Oppenheimer Okavango Research Centre, University of Botswana; The Freshwater Consulting Group, University of Cape Town: Cape Town, South Africa
- Davies, P.E. (2000). Development of a national river bioassessment system (AUSRIVAS) in Australia. In *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters: RIVPACS and Other Techniques*; Wright, J.F., Sutcliffe, D.W., Furse, M.T., Eds.; Freshwater Biological Association: Ambleside, UK, 2000; pp. 113–124.
- De la Lanza G.S., H. Pulido y J.L.P. Carvajal. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdez / Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP/Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 633 pp.
- Dedieu, N., Clavier, S., Vigouroux, R., Cerdan, P., & Céréghino, R. (2016). A multimetric macroinvertebrate index for the implementation of the European Water Framework Directive in French Guiana, East Amazonia. *River research and applications*, 32(3), 501-515.
- Descy, J. P. (1979). A new approach to water quality estimation using diatoms.
- Dickens, C., Pringle, C., & Macfarlane, D. (2011). Procedures to develop and implement resource quality objectives. Department of Water Affairs: Pretoria, South Africa, 130.

- Dolédec, S., & Statzner, B. (2010). Responses of freshwater biota to human disturbances: contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 286-311.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., ... & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182.
- EBRO (2005). Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos (microalgas bentónicas). Zaragoza, 1-33.
- EC (European Commission) (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council—Establishing a framework for Community action in the field of water policy. Off. J. 327, 1–73
- Encalada, A. C., Guayasamín, J. M., Suárez, E., Mena, C. F., Lessmann, J., Sampedro, C., & Troya, M. J. (2018). Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo. Trama Diseño: Quito, Ecuador.
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., & Niell, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista chilena de historia natural*, 80(2), 225-242.
<http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v80n2/art08.pdf>

- Fawzi, B., Chlaida, M., Oubraim, S., Loudiki, M., Sabour, B., & Bouzidi, A. (2001). Application de certains indices diatomiques à un cours d'eau marocain: Oued Hassar. *Revue des sciences de l'eau*, 14(1), 73-89.
- Fierro, P., Arismendi, I., Hughes, R. M., Valdovinos, C., & Jara-Flores, A. (2018). A benthic macroinvertebrate multimetric index for Chilean Mediterranean streams. *Ecological Indicators*, 91, 13-23.
- García-Huamán, F. T., Torres Delgado, J., & Vergara Medrano, S. E. (2011). Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. Amazonas, Perú. *Revista de investigación científica Sciendo*, 14(2), 7-19.
- Gargano, J. W., Adam, E. A., Collier, S. A., Fullerton, K. E., Feinman, S. J., & Beach, M. J. (2017). Mortality from selected diseases that can be transmitted by water—United States, 2003–2009. *Journal of water and health*, 15(3), 438-450.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., ... & Zarfl, C. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569(7755), 215-221.
- Guellaf, A., & Kettani, K. (2021). Assessing the ecological status using physico-chemical, bacteriological parameters and biotic indices of the Oued Martil River basin in northwestern Morocco. *Biologia*, 76, 585-598.
- Hilsenhoff, W. L. (1977). Use of arthropods to evaluate water quality of streams [Wisconsin]. Technical Bulletin-Wisconsin Dept. of Natural Resources, Division of Conservation (USA).

- Hilsenhoff, W. L. (1987). An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20(1), 7.
- Helmer, R., & Hespanhol, I. (1997). *Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles*. CRC Press.
- Hughes, R. M., & Peck, D. V. (2008). Acquiring data for large aquatic resource surveys: the art of compromise among science, logistics, and reality. *Journal of the North American Benthological Society*, 27(4), 837-859.
- Hunt, L., Marrochi, N., Bonetto, C., Liess, M., Buss, D. F., Vieira da Silva, C., ... & Resh, V. H. (2017). Do riparian buffers protect stream invertebrate communities in South American Atlantic forest agricultural areas?. *Environmental management*, 60, 1155-1170.
- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2006). Diversidad del zooplancton en la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 175-181.
- Iannacone, J., Alvarino, L., Jiménez-Reyes, R., & Argota, G. (2013). Diversidad del plancton y macrozoobentos como indicador alternativo de calidad de agua del río Lurín en el distrito de Cieneguilla, Lima-Perú. *The Biologist (Lima)*, 11(1).
- Iannacone, J., Alvarino, L., Reyes, M. Chauca. J. (2000). Culicids (Dipslera) of the Chillon River and adjacent areas from Constitutional Province of Callao. Peru, during "El Nino" event 1997-1998. *Acta Entomologica Chilena* 24: 51-60.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882005000200019
- Jaico H. M (2010) Composición y estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica en los ríos Cachi, Pongora, Cachimayo en la Provincia de Huamanga Ayacucho 2010. (tesis pre-

- grado). Perú: Publicaciones, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho Perú; 2011.
- Karr, J. R. (1991). Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological applications*, 1(1), 66-84.
- Lee, S. S., Bishop, I. W., Spaulding, S. A., Mitchell, R. M., & Yuan, L. L. (2019). Taxonomic harmonization may reveal a stronger association between diatom assemblages and total phosphorus in large datasets. *Ecological indicators*, 102, 166-174.
- Leiva-Tafur, D., Coronel, E., & Corroto, F. (2017). Uso de diatomeas para medir el impacto de la extracción de agregados en ríos altoandinos, Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 3(1), 33-42.
- Liu, J., H. Yang, S.N. Gosling, M. Kummu, M. Flörke, S. Pfister, N. Hanasaki, Y. Wada, X. Zhang, Ch. Zheng, J. Alcamo, & T. Oki. (2017). Water scarcity assessments in the past, present and future. *Earth's Future*, 5. Doi: 10.1002/201EF000518.
- Lobo, E. A., Bes, D., Tudesque, L., & Ector, L. (2004). Water quality assessment of the Pardinho River, RS, Brazil, using epilithic diatom assemblages and faecal coliforms as biological indicators. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 115-125.
- Loras, A. F. (2019). La protección del agua y de sus ecosistemas en la Directiva Marco del Agua: Una valoración crítica desde España. *La Gestión de la Calidad del Agua en el Perú*, 23.
- Lowe, S., Dallas, H., Kennedy, M., Taylor, J. C., Gibbins, C., Lang, P., ... & Murphy, K. (2013). The SAFRASS biomonitoring scheme: general aspects, macrophytes (ZMTR) and benthic

- macroinvertebrates (ZISS) protocols. Produced for the ACP Science and Technology Programme.
- Lu, S., Bai, X., Li, W., & Wang, N. (2019). Impacts of climate change on water resources and grain production. *Technological Forecasting and Social Change*, 143, 76-84.
- Licencias de caza y pesca. (enero 2023). Pesca y ríos en Extremadura. Recuperado de: <http://pescayrios.juntaextremadura.es/pescayrios/web/guest/seguimiento-de-los-rios-extremenos>.
- Malmqvist, B., & Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental conservation*, 29(2), 134-153.
- Mathuriau, C., Silva, N. M., Lyons, J., & Rivera, L. M. M. (2011). Fish and macroinvertebrates as freshwater ecosystem bioindicators in Mexico: current state and perspectives. *Water Resources in Mexico: Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*, 251-261.
- Mena-Mejía, I., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Olvera-Hernández, J. I., & Méndez-Espinoza, J. A. (2017). Evaluación de la condición ecológica del Río Zahuapan. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 7-19.
- MINAM (2022). Guía para la Elaboración de la Línea Base en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). 1ra Edición. Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima. 258 pp.

- Ministerio de Salud (MINSA) (2011). Dirección General de Salud Ambiental. “DIGESA”.
Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales.
Lima –Perú.
- Morse, J. C., Bae, Y. J., Munkhjargal, G., Sangpradub, N., Tanida, K., Vshivkova, T. S., ... & Yule, C. M. (2007). Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(1), 33-42.
- Moya, N., Hughes, R. M., Domínguez, E., Gibon, F. M., Goitia, E., & Oberdorff, T. (2011). Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human impact on biotic condition of Bolivian streams. *Ecological indicators*, 11(3), 840-847.
- Muniz, P., Hutton, M., Kandratavicius, N., Lanfranconi, A., Brugnoli, E., Venturini, N., & Giménez, L. (2012). Performance of biotic indices in naturally stressed estuarine environments on the Southwestern Atlantic coast (Uruguay): a multiple scale approach. *Ecological Indicators*, 19, 89-97.
- Munné, A.; Solà, C. & Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
https://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR%20cast.pdf
- Naiman, R.J., H. Decamps & M. Pollock.1993. The role of riparian corridors in maintaining biodiversity. *Ecological Applications* 2: 209-212.
- Nichols, S. J., Barmuta, L. A., Chessman, B. C., Davies, P. E., Dyer, F. J., Harrison, E. T., ... & Thompson, R. M. (2016). The imperative need for nationally coordinated bioassessment of rivers and streams. *Marine and Freshwater Research*, 68(4), 599-613.

- Norris, R. H., Linke, S., Prosser, I. A. N., Young, W. J., Liston, P., Bauer, N., ... & Thoms, M. (2007). Very-broad-scale assessment of human impacts on river condition. *Freshwater Biology*, 52(5), 959-976.
- Novoslavskij, A., Terentjeva, M., Eizenberga, I., Valciņa, O., Bartkevičs, V., & Bērziņš, A. (2016). Major foodborne pathogens in fish and fish products: a review. *Annals of microbiology*, 66(1), 1-15.
- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C., & Samanez, I. (2010). Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco-Ucayali). *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 29-36.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., ... y Robles, S. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4), 115-133.
- Palmer, R. W., & Taylor, E. D. (2004). The Namibian Scoring System (NASS) version 2 rapid bio-assessment method for rivers. *African Journal of Aquatic Science*, 29(2), 229-234.
- Palomino R. L. D. (2015). Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio-Noviembre 2013.
- Paredes, C., Iannacone, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 44(1), 107-118.
- Patrón, L. E. R. (2019) El Rol Fiscalizador del Estado en Materia de Recursos Hídricos. La Gestión de la Calidad del Agua en el Perú, 255.

- Perigó, E., J.F. Montalvo, M Martínez et. al. Evaluación de la calidad ambiental del Golfo de Batabanó. Informe final, 56 pp, 34 tablas y 33 figuras (Archivo del Instituto de Oceanología), 2000.
- Pérez-Munguía, R. M., Madrigal-Pedraza, M., Ortiz-Muñoz, R. M., Ramírez-Melchor, V. M., Torres-García, U., & Piñón-Flores, M. A. (2006). Análisis comparativo del índice de integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA) con el índice biológico global normalizado (IBGN) en arroyos y ríos del estado de Michoacán. *Entomología Mexicana*, 5(1), 375-380.
- Perry, J., & Vanderklein, E. L. (2009). *Water quality: management of a natural resource*. John Wiley & Sons.
- Pringle, C. M., F. N. Scatena, P. Paabyhansen & M. Nuñez Ferrera. 2000. River conservation in Latin America and the Caribbean. In: *Global Perspectives on River Conservation*. Science, Policy and Practice. P. J. Boon, B. R Davies & G. E. Petts (eds.): 41-77 John Wiley and Sons Ltd.
- Pinilla, G. A. P. A. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica*. U. Jorge Tadeo Lozano.
- Poikane, S., Zampoukas, N., Borja, A., Davies, S. P., van de Bund, W., & Birk, S. (2014). Intercalibration of aquatic ecological assessment methods in the European Union: Lessons learned and way forward. *Environmental Science & Policy*, 44, 237-246.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: E. Domínguez y H.R. Fernández. *Macroinvertebrados*

- bentónicos sudamericanos. *Sistemática y Biología*. Pp. 631-654. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- Quispe M. M., Villasante Benavides, J., García, D. F., R. Luque-Fernández, C., Pauca Tanco, A., & Villegas Paredes, L. N. (2021). Diversity of aquatic macroinvertebrates and water quality of the High Andean wetlands of Chalhuanca, Arequipa-Peru. *Biodiversity Journal*, 12(2), 517-528.
- Reynoldson, T. B., Norris, R. H., Resh, V. H., Day, K. E., & Rosenberg, D. M. (1997). The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(4), 833-852.
- Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F. C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M. D., ... & Dufour, S. (2020). Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*, 70(6), 501-514.
- Ríos-Touma, B., & Ramírez, A. (2019). Multiple stressors in the Neotropical region: Environmental impacts in biodiversity hotspots. In *Multiple stressors in river ecosystems* (pp. 205-220). Elsevier.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & 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, 249-273.
- Roldán Pérez, G.: Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia: Colciencias, Medellín, 1988.

Roldán Pérez, G.: Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua.

Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 375-387. 1999. ISSN 0370-3908.

Roldán Pérez, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método

BMWP/Col (No. 333.91 R744b). Medellín, CO: Edit. Universidad de Antioquia.

Roux, D. J., Kleynhans, C. J., Thirion, C., Hill, L., Engelbrecht, J. S., Deacon, A. R., & Kemper,

N. P. (1999). Adaptive assessment and management of riverine ecosystems: The Crocodile/Elands River case study.

Rumeau, A & Coste, M. (1988). Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour

l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture, (309), 1-69.

SEMANHI, 2022-2023 [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/export?daterange=2023-](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/export?daterange=2023-01-01%20-%202024-01-23&locations%5B%5D=basilea_suiza_2661604&domain=ERA5T&min=2023-01-01&max=2024-01-23¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=temp2m¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=precip¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=&utc_offset=%2B00%3A00&timeResolution=hourly&temperatureunit=CELSIUS&velocityunit=KILOMETER_PER_HOUR&energyunit=watts&lengthunit=metric°ree_day_type=10%3B30&gddBase=10&gddLimit=30)

01-01%20-%202024-01-

23&locations%5B%5D=basilea_suiza_2661604&domain=ERA5T&min=2023-01-

01&max=2024-01-

23¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=temp2m¶ms%5B%5D=¶ms%5B%

5D=precip¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%

5D=¶ms%5B%5D=¶ms%5B%5D=&utc_offset=%2B00%3A00&timeResoluti

on=hourly&temperatureunit=CELSIUS&velocityunit=KILOMETER_PER_HOUR&ener

gyunit=watts&lengthunit=metric°ree_day_type=10%3B30&gddBase=10&gddLimit

=30

- Salomoni, S. E., Rocha, O., Callegaro, V. L., & Lobo, E. A. (2006). Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559, 233-246.
- Salvato, J. (2006) Environmental Health In: Pfafflin, J. R., & Ziegler, E. N. (Eds.). *Encyclopedia of environmental science and engineering* (Vol. 1). Taylor & Francis. 334-360 pp
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, H. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú, 39 pp. Ministerio del Ambiente, Lima
- Schmidt, G., Arribas, T., Cavallé, A., López, A., Molina, JR, Palacios, E., Morillo, R., DelVtodos, M. y A.Ballester. (2011). prprocesos de participación ppública en la reestauraciónn de ríos. manuael desarrollosustentable 10. Rrecuperación de Riberas . España: Fundación Banco Santander.
- Simpson, J.C.; Norris, R.H. (2000). Biological assessment of river quality: Development of AUSRIVAS models and outputs. In *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters: RIVPACS and Other Techniques*; Wright, J.F., Sutcliffe, D.W., Furse, M.T., Eds.; Freshwater Biological Association: Ambleside, UK, 2000; pp. 125–142
- Stark, J. D. (1998). SQMCI: A biotic index for freshwater macroinvertebrate coded-abundance data. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 32(1), 55-66.
- Stark, J. R. (2000). *Water Quality in the Upper Mississippi River Basin, Minnesota, Wisconsin, South Dakota, Iowa, and North Dakota, 1995-98* (No. 1211). US Geological Survey, Water Resources Division.

- Streit, B. (1998). Bioaccumulation of contaminants in fish. *Fish ecotoxicology*, 353-387.
- Stribling, J. B., Pavlik, K. L., Holdsworth, S. M., & Leppo, E. W. (2008). Data quality, performance, and uncertainty in taxonomic identification for biological assessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 27(4), 906-919.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K y J.. Williams. (1998). manejo de las áreas verdes urbanas. W.ashton, Estados Unidos.
- Sueyoshi, M., Akasaka, T., Mori, T., Ishiyama, N., Kawamoto, T., Takegawa, Y., ... & Nakamura, F. (2016). Towards the use of National Census on River Environments data for conservation: Issues and a case study. *Japanese Journal of Conservation Ecology*, 21(2), 167-180.
- Suárez, M., Gutiérrez, V. A., Rosario, M., Sánchez-Montoya, M. D. M., Alba Tercedor, J., Álvarez, M., ... y Munné i Torras, T. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(3-4), p. 135-148.
- Tafur, C. M., Revilla, M. H., Ruiz, W. P., Aguilar, R. G., & Guzmán, I. A. (2013). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. *La Libertad. Perú*. 2008. *Sciendo*, 13(2).
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2), 149-163.

- Tisnado, G. M., Tafur, C. M., Polo-Corro, J. L., & Revilla, M. H. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamaranga (La Libertad, Perú). *REBIOL*, 40(1), 85-98.
- Todo, K., and K. Sato. "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy." *Environmental Research Quarterly* (2002): 66-106.
- Torres, O. G., Torres, O. A. G., Meza, J. R. Y., López, R. S., Chuquizuta, L. A., & Cruz, S. M. O. (2018). 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
- Trama, F. A., Salcedo, G.S. A., Demarcy, L., Erbure C. L., Jara P. B. A., Muñoz C. F. E., & Rizo, F. L. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista peruana de biología*, 27(2), 149-168.
- USEPA (2016). (US Environmental Protection Agency). A Practitioner's Guide to the Biological Condition Gradient: A Framework to Describe Incremental Change in Aquatic Ecosystems. EPA 842-R-16-001; Office of Water: Washington, DC, USA,
- Ustaoğlu, F., Tepe, Y., & Taş, B. (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological indicators*, 113, 105815.

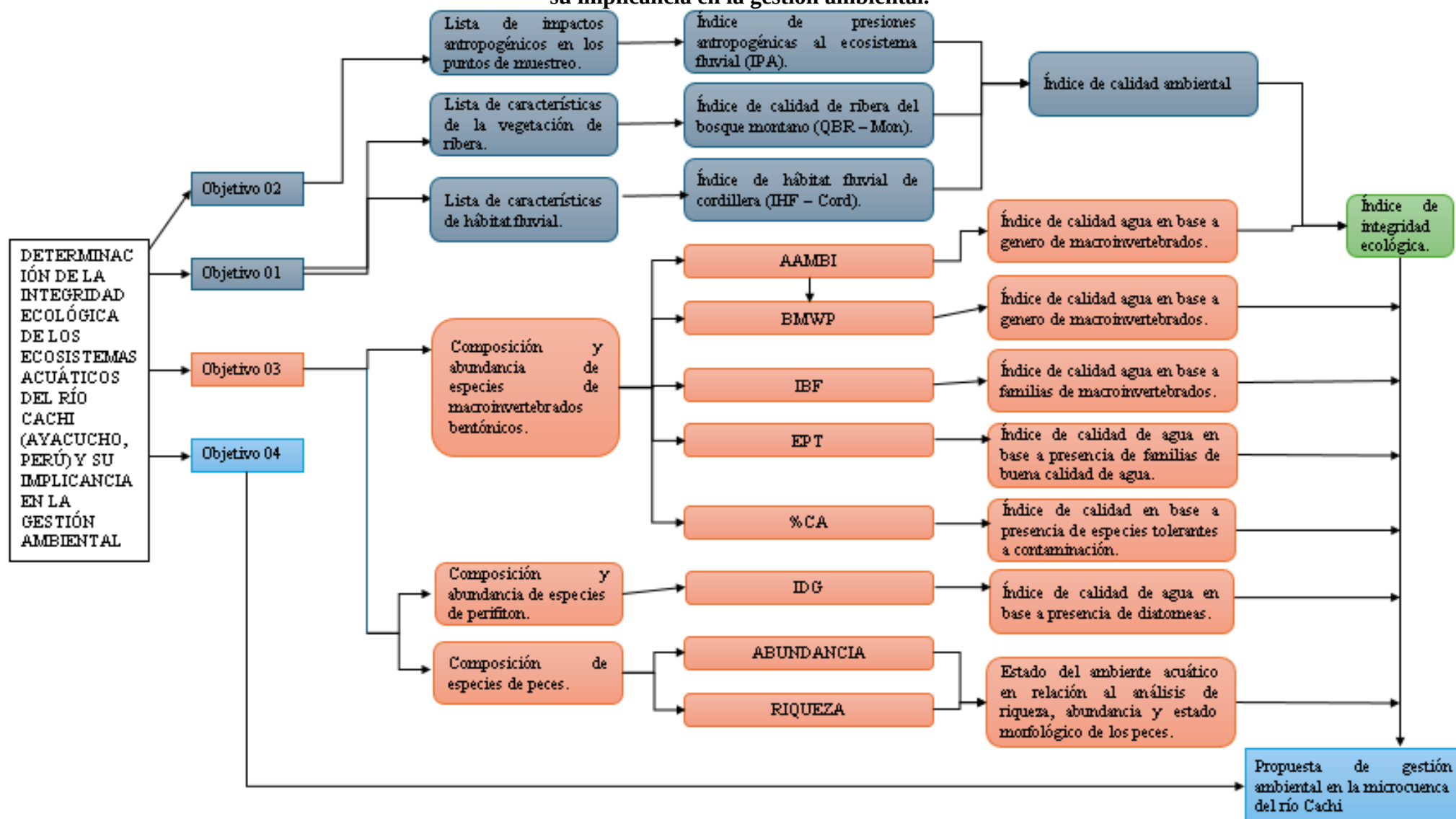
- Valerio, M. V., & Tafur, C. A. M. (2015). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014. *Rebiol*, 35(2), 75-89.
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S., & Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología aplicada*, 15(2), 69-79.
- Watanabe, T. (1985). Etude de la relation entre le periphyton et la qualité chimique de l'eau des rivières: Utilization de bioessais "in situ " (substrates artificiels) pour caracteriser l'état de pollution des eaux. Toulouse-Franca, L'Universite Paul Sabatier de Toulouse, 127 p. (Tese).
- Wen, X., Chen, F., Lin, Y., Zhu, H., Yuan, F., Kuang, D., ... & Yuan, Z. (2020). Microbial indicators and their use for monitoring drinking water quality—A review. *Sustainability*, 12(6), 2249.
- Wetzel, R.G & Likens, G.E. (2000). *Limnological analyses*. New York, Springer-Verlag. (Ed. 3). 429 pp.
- Xing, Y., Zhang, C., Fan, E., & Zhao, Y. (2016). Freshwater fishes of China: species richness, endemism, threatened species and conservation. *Diversity and Distributions*, 22(3), 358-370.
- Zárate, C. G. (2015). Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

Zelinka & Marvan, P. (1966). Bemerkungen zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, 16(2), 817-822.

IX. ANEXOS

Anexo A:

Flujograma de la tesis: Determinación de la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) y su implicancia en la gestión ambiental.



Anexo B:

Matriz de consistencia

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DEL RÍO CACHI (AYACUCHO, PERÚ) Y SU IMPLICANCIA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL”

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
INTERROGANTE GENERAL ¿Cuál es el estado de la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en el tramo comprendido San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta?	OBJETIVO GENERAL Determinar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos del río Cachi (Ayacucho, Perú) en el tramo San Pedro de Cachi, Pongora y Huanta.	HIPÓTESIS GENERAL Los ecosistemas acuáticos del río Cachi en Ayacucho, Perú, presentan una disminución en su integridad ecológica debido a factores antropogénicos, lo cual tiene implicancias significativas en la gestión ambiental.	VARIABLE 1 Caracterización física, biológica e impactos antropogénicos de un ecosistema acuático DIMENSIONES a) Hábitat fluvial b) Vegetación de riberas	- Inclusión de rápidos-sedimentación pozas - Frecuencia de rápidos - Composición de sustrato - Regímenes de velocidad-profundidad - Porcentaje de sombra en el cauce - Elementos de Heterogeneidad - Cobertura de vegetación acuática - Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m) - Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m) - Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION (tipo aplicada – nivel descriptivo)

					- Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m) - Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga - Grado de naturalidad del canal fluvial - Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)
				c) Presiones antropogénicas en el ecosistema fluvial	- Presiones puntuales (vertidos, extracción, minería, basura) - Presiones difusas (agricultura, ganadería, carretera, plantas exóticas) - Otro tipo de presiones (Especies introducidas, infraestructuras en el canal de río)
				d) Organismos biológicos (bentos, perifiton y peces).	- Bentos: composición de especies, riqueza, abundancia. - Perifiton: composición de especies, riqueza, abundancia. - Peces: composición de especies, riqueza, abundancia.
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
INTERROGANTES ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE 2		DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
➤ ¿Qué nos indican los índices de la calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)? ➤ ¿Qué nos indica el índice de presiones antropogénicas al	• Determinar los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR-Mon) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) de los	• Determinar los índices de calidad de la vegetación de ribera (QBR) y de hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord) de los ecosistemas acuáticos del río Cachi.	Índices para determinar la integridad ecológica de un ecosistema acuático. DIMENSIONES		El diseño del proyecto es de tipo investigación aplicada de nivel descriptivo

ecosistema fluvial (IPA) sobre la integridad de los ambientes acuáticos del río Cachi? ➤ ¿Qué nos indican los indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces) sobre el estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi? ➤ ¿Qué implicancias se puede inferir de los índices obtenidos para la gestión ambiental del río Cachi?	ecosistemas acuáticos del río Cachi. • Determinar el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi. • Determinar el estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi utilizando indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces). • Determinar las implicancias que se pueden inferir de los índices obtenidos, para la gestión ambiental del río Cachi.	• Determinar el índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA) en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se observará un nivel significativo de presiones antropogénicas. • Utilizar indicadores biológicos (bentos, perifiton y peces) para determinar el estado de conservación de los ambientes acuáticos del río Cachi. • Determinar los índices de integridad ecológica en los ecosistemas acuáticos del río Cachi, se identificarán implicancias significativas para la gestión ambiental de la zona, como la necesidad de implementar medidas de conservación, restauración y manejo sostenible de los recursos hídricos.	a) Índice de hábitat fluvial de cordillera. b) Índice de calidad de hábitat ribereña. c) Índice de presión antropogénica. d) Organismos biológicos	Valor de IHF cercanos a 0: pésima calidad del hábitat fluvial Valor de IHF cercanos a 50: media calidad del hábitat fluvial Valor de IHF cercanos a 100: excelente calidad del hábitat fluvial Valor de QBR cercanos a 0: pésima calidad de ribera Valor de QBR cercanos a 50: media calidad de ribera Valor de QBR cercanos a 100: excelente calidad de ribera Valor IPA entre 0 y 17: baja presión antropogénica Valor IPA entre 18 y 35: media presión antropogénica Valor IPA entre 36 y 53: fuerte presión antropogénica Valor IPA superior a 54: muy fuerte presión antropogénica Macroinvertebrados bentónicos: BMWP, IBF, EPT, %CA. Perifitón: IDG Peces: análisis de la composición, riqueza y abundancia, así como el estado morfológico de los peces.	POBLACIÓN La población está conformada por todo el tramo del río Cachi, de la microcuenca de Huanta, Pongora y San Pedro de Cachi. MUESTRA Está constituida por seis puntos de monitoreo (P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06) en dos épocas (seca y húmeda) INSTRUMENTOS En la presente investigación se emplearon 3 instrumentos: 1) Hoja de registro de QBR-Mon 2) Hoja de registro IHF-Cord 3) Hoja de registro IPA
--	--	--	--	--	---

Anexo C:

Documentos utilizados

Anexo C1: Hoja de registro del índice de calidad de ribera (QBR-Mon); índice de habital fluvial de cordillera (IHF-Cord) e índice de presión antropogénica al ecosistema fluvial (IPA) en la época seca.

Hoja de registro utilizados en campo

HOJA DE REGISTRO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA DEL BOSQUE MONTANO (QBR-Mon*) (500 – 3200 m)

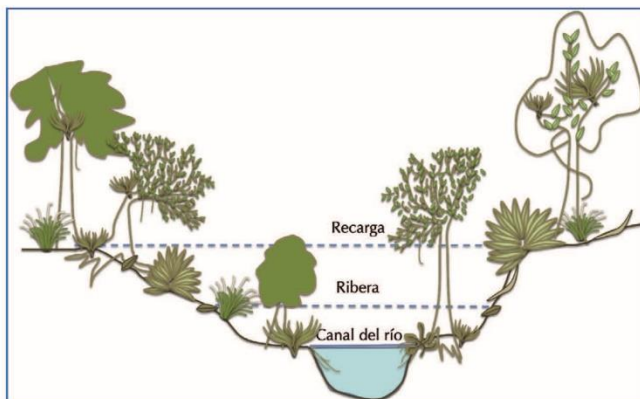
1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: _____ Código del Sitio: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Investigadores: _____

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30% , con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30% , con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas (y orillas) adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	
	Represa, dique de construcción o bocatoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro utilizados en campo

HOJA DE REGISTRO ÍNDICE DE HABITAT FLUVIAL DE CORDILLERA (IHF-Cord) (riachuelos 500 - 3200 m)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: _____ Código del Sitio: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Investigadores: _____

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2,5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2,5	
		Sedimentación > 60%	0	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
	Total máximo por apartado			10
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	
		Mayor al 10%	5	
Total máximo por apartado			20	
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad (superficial menor a 0,5m y lento menor a 0,5m/s)			
	4 categorías de habitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	
	3 de 4 categorías de habitat		8	
	2 de 4 categorías de habitat		6	
	1 de 4 categorías de habitat		4	
	Total máximo por apartado			10
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	
	Total máximo por apartado			10
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	
	Total máximo por apartado			10
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	
		Mayor que 50%	2	
Total máximo por apartado			30	
	Suma total		100	

Hoja de registro utilizados en campo

Explicación para calcular el Índice IPA: Anote bajo la columna de “Valor asignado” el valor de magnitud que corresponda a cada presión antropogénica. El evaluador debe escoger la magnitud de la misma de acuerdo a su conocimiento o a lo que observe en la cuenca hidrográfica. Ponga los valores escogidos en la última columna y calcule en índice haciendo la sumatoria final. Interprete los resultados viendo la tabla IPA (Protocolo B).

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales		1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	
2.	Vertidos de aguas servidas		Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	
3.	Extracción de agua, bocatomas		Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	
4.	Vertidos de piscícolas		Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	
5.	Minería puntual en el lecho del río		Pequeña escala	Media escala	Gran escala	
6.	Basura en el lecho del río		Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	
Presiones Difusas						
7.	Agricultura		Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	
8.	Ganadería		Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	
9.	Minería en la cuenca hidrográfica		Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	
10.	Caminos vecinales		Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	
11.	Carreteras grandes		Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica		1 especie	2 especies	>3 especies	
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial		Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	
14.	Infraestructura, canales de riego		Pequeñas	Intermedias	Grandes	
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)		14	35	70	$\Sigma =$

Hoja de registro del (QBR-Mon) P-01

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

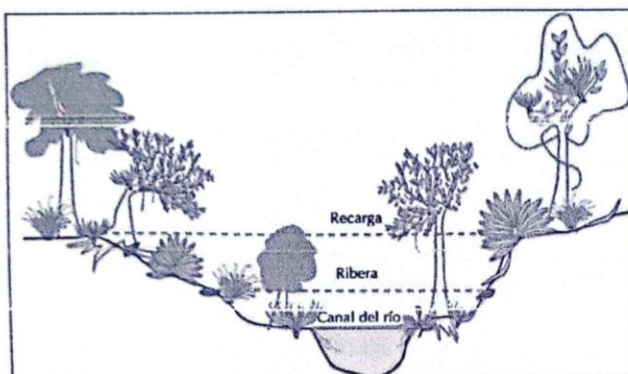
1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Alecomachay Código del Sitio: E-01

Fecha: 23-10-2022 Hora: 10:03 am

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	X
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrojera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	X
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrojera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
Total máximo por apartado		100	53

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-01

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Alcomachay Código del Sitio: E-01

Fecha: 23-10-2022 Hora: _____

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO		PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas			Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5		
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	X	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0		
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5		
		Sedimentación 30 a 60%	2.5		
		Sedimentación > 60%	0		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos				
		Alta frecuencia de rápidos	10		
		Mediana frecuencia de rápidos	8		
		Baja frecuencia rápidos	6	X	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4		
		Solo pozas	2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato				
	% Bloques y piedras	1-20%	2		
		Mayor al 20%	5	X	
	% Canto y grava	1-30%	2		
		Mayor al 30%	5	X	
	% Arena	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
Total máximo por apartado			20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad (sustrato lento entre 0.5m y 1.0m y rápido entre 0.5m y 1.0m)				
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10		
	3 de 4 categorías de hábitat		8		
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X	
	1 de 4 categorías de hábitat		4		
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce				
	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente en sombra		7		
	Grandes claros		5		
	Expuesto		2	X	
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad				
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4		
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2		
	Presencia de troncos y ramas		2	X	
	Raíces expuestas		2		
	Diques naturales		2	X	
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática				
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5		
		Entre 20 y 40%	2	X	
		Mayor que 40%	0		
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X	
		Mayor que 20%	5		
		Entre 0 a 20%	10	X	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 20 a 50%	5		
		Mayor 50%	0		
		Entre 0 y 50%	5		
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Mayor que 50%	2	X	
		Total máximo por apartado		30	
Suma total			100	58.5	

E-01

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	2.5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	2.5
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	2.5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	2.5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	2.5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	2.5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	2.5	1 especie	2 especies	>3 especies	2.5
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (suma-toria total de cada apartado)	20	14	35	70	$\Sigma = 20$

E-01

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica es baja.

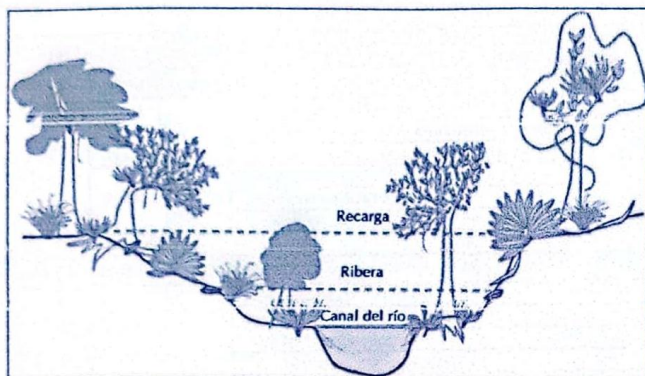
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-02

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente peatonal Santa Rosa Código del Sitio: E-02
 Fecha: 23-10-2022 Hora: 1:23 pm
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura de árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrojera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura de árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	X
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrojera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga.		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 30-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	X
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	45

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-02

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Peatonal Santa Rosa Código del Sitio: E-02

Fecha: 23-10-2022 Hora: 1:30pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	X
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	X
		Sedimentación > 60%	0	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	X
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	
		Mayor al 20%	5	X
	% Canto y grava	1-30%	2	X
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
Total máximo por apartado		20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad			
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	X
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	X
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	X
	Total máximo por apartado		10	
	Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática		
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	
		Entre 20 y 40%	2	X
		Mayor que 40%	0	
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X
		Mayor que 20%	5	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	
		Mayor que 50%	2	X
	Total máximo por apartado		30	
Suma total		100	48	

E-02

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	5
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	0	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	0
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	2.5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	2.5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	0	1 especie	2 especies	>3 especies	0
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (suma-toria total de cada apartado)	17.5	14	35	70	$\Sigma = 17.5$

E-02

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica es media.

Hoja de registro del (QBR-Mon) P-03

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

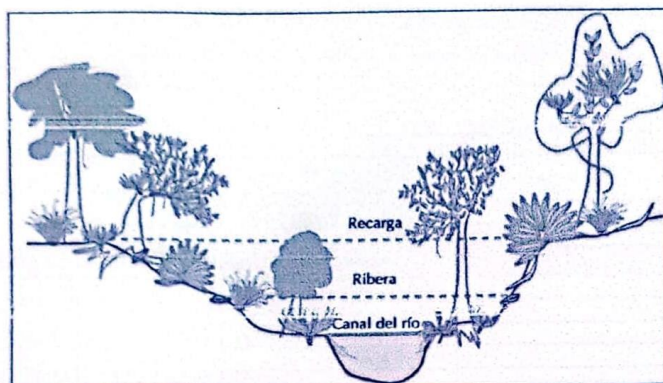
1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Espalda de AA. HH. Santa Rosa Código del Sitio: E-03

Fecha: 23-10-2022 Hora: 11:32 am

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	X
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	X
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga.		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	X
	Puente de camino vecinal o carretera	5	
	Represa, dique de construcción o bocatomía del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	58

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-03

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Espalda del AA. HH Santa Rosa Código del Sitio: E-03

Fecha: 23-10-2022 Hora: 11:40 am

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO		PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río	
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	X	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5		
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0		
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5		
		Sedimentación 30 a 60%	2.5		
		Sedimentación > 60%	0		
Total máximo por apartado			10		
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos				
		Alta frecuencia de rápidos	10		
		Mediana frecuencia de rápidos	8	X	
		Baja frecuencia rápidos	6		
		Muy baja frecuencia de rápidos	4		
		Solo pozas	2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato				
	% Bloques y piedras	1-20%	2		
		Mayor al 20%	5	X	
	% Canto y grava	1-30%	2		
		Mayor al 30%	5	X	
	% Arena	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
Total máximo por apartado			20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad				
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10		
	3 de 4 categorías de hábitat		8		
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X	
	1 de 4 categorías de hábitat		4		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce				
	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente en sombra		7		
	Grandes claros		5		
	Expuesto		2	X	
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad				
	Hojasasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4		
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2		
	Presencia de troncos y ramas		2	X	
	Raíces expuestas		2		
	Diques naturales		2	X	
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática				
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5		
		Entre 20 y 40%	2	X	
		Mayor que 40%	0		
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X	
		Mayor que 20%	5		
		Entre 0 a 20%	10		
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 20 a 50%	5		
		Mayor 50%	0		
		Entre 0 y 50%	5		
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5		
		Mayor que 50%	2		
	Total máximo por apartado			30	
Suma total			100	51	

E-03

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	0	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	0
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	2.5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	2.5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	1	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	1
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	2.5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	2.5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	1	1 especie	2 especies	>3 especies	1
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)	11	14	35	70	$\Sigma = 11$

E-03

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica es baja

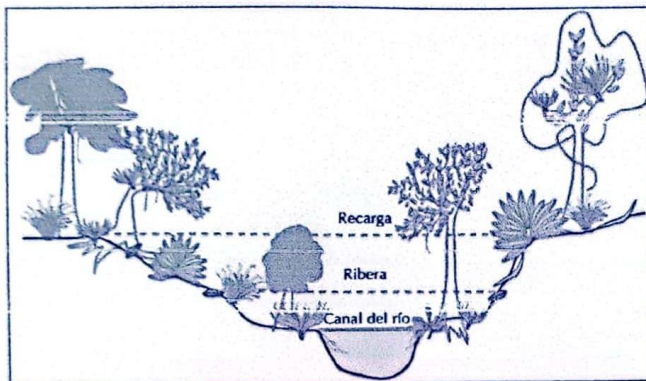
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-04

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de la Comunidad de Cangari Código del Sitio: E-04
 Fecha: 23-10-2022 Hora: 3:01pm
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	X
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	X
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	X
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	X
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	X
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas (y orillas) adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	X
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	X
	SUMA TOTAL	100	54

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-04

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de la Comunidad de Cangari Código del Sitio: E-04

Fecha: 23-10-2022 Hora: 3:06 pm

Investigadores: Yasca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	X
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	X
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	
		Sedimentación > 60%	0	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	X
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	X
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	Total máximo por apartado		20	
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad seleccionar el menor a 0.5m y luego el mayor a 0.5m			
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	X
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	X
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	X
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	
		Mayor que 50%	2	
	Total máximo por apartado		30	
Suma total		100	58.5	

E-04

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	2.5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	2.5
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	2.5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	2.5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	1	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	1
11.	Carreteras grandes	1	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	1
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	0	1 especie	2 especies	>3 especies	0
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	1	Pequeñas	Intermedias	Grandes	1
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)	15.5	14	35	70	$\Sigma = 15.5$

E-04

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica es baja.

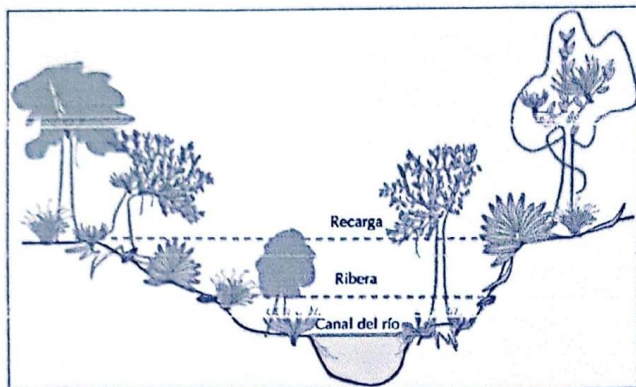
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-05

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de fundo Mauricio Código del Sitio: E-05
 Fecha: 22-10-2022 Hora: 4:42pm
 Investigadores: Xacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	X
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	X
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidos en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	X
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	X
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
SUMA TOTAL		100	41.5

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-05

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de fundo Mauricio Código del Sitio: E-05

Fecha: 22-10-2022 Hora: 4:48pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO		PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas			Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5		
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5		
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	X	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5		
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	X	
		Sedimentación > 60%	0		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos				
		Alta frecuencia de rápidos	10		
		Mediana frecuencia de rápidos	8		
		Baja frecuencia rápidos	6	X	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4		
		Solo pozas	2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato				
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X	
		Mayor al 20%	5		
	% Canto y grava	1-30%	2	X	
		Mayor al 30%	5		
	% Arena	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
Total máximo por apartado			20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad				
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10		
	3 de 4 categorías de hábitat		8		
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X	
	1 de 4 categorías de hábitat		4		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce				
	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente en sombra		7		
	Grandes claros		5		
	Expuesto		2	X	
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad				
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4		
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2		
	Presencia de troncos y ramas		2		
	Raíces expuestas		2	X	
	Diques naturales		2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática				
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5		
		Entre 20 y 40%	2		
		Mayor que 40%	0	X	
	Perídon (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10		
		Mayor que 20%	5	X	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10		
		Entre 20 a 50%	5		
		Mayor 50%	0		
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5		
		Mayor que 50%	2	X	
	Total máximo por apartado			30	
Suma total			100	33.5	

Hoja de registro del (IPA) P-05

E-05

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industri-ales	2.5	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	2.5
2.	Vertidos de aguas servidas	5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	5
3.	Extracción de agua, bocatomas	1	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	1
4.	Vertidos de pis-cícolas	0	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	5
8.	Ganadería	5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	5
11.	Carreteras grandes	5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	1	1 especie	2 especies	>3 especies	1
Otro tipo de presiones						
13.	Especies intro-ducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades inter-medias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	2.5	Pequeñas	Intermedias	Grandes	2.5
	Índice IPA (suma-toría total de cada apartado)	37	14	35	70	$\Sigma = 37$

Hoja de registro del (IPA) P-05

E-05

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

- La presión antropogénica es fuerte.

Hoja de registro del (QBR-Mon) P-06

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

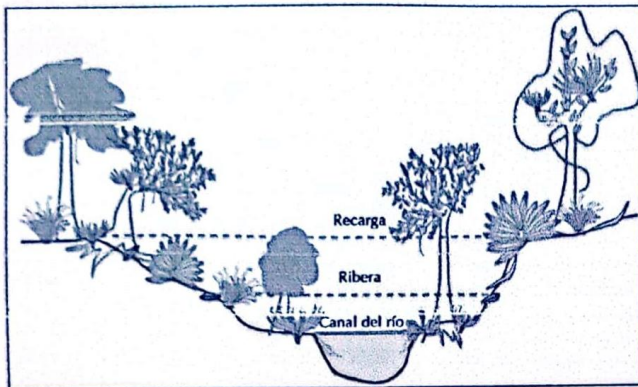
1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Santiago de Pischa Código del Sitio: E-06

Fecha: 22-10-2022 Hora: _____

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	X
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	X
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidos en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas (y orillas) adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	X
	Signos de alteración y estructuras rígidas ininterrumpidas que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	X
	Puente de camino vecinal o carretera	5	
	Represa, dique de construcción o bocaneta del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
SUMA TOTAL		100	59

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-06

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Santiago de Pischa Código del Sitio: E-06Fecha: 22-10-2022 Hora: 4:30 pmInvestigadores: Yacra Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO		PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río	
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijados por sedimentos finos	5	X	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5		
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0		
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5		
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	X	
		Sedimentación > 60%	0		
Total máximo por apartado			10		
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos				
		Alta frecuencia de rápidos	10		
		Mediana frecuencia de rápidos	8	X	
		Baja frecuencia rápidos	6		
		Muy baja frecuencia de rápidos	4		
		Solo pozas	2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato				
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X	
		Mayor al 20%	5		
	% Canto y grava	1-30%	2	X	
		Mayor al 30%	5		
	% Arena	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
Total máximo por apartado			20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad				
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10		
	3 de 4 categorías de hábitat		8		
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X	
	1 de 4 categorías de hábitat		4		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce				
	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente en sombra		7		
	Grandes claros		5		
	Expuesto		2	X	
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad				
	Hojasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4		
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2		
	Presencia de troncos y ramas		2	X	
	Raíces expuestas		2		
	Diques naturales		2	X	
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática				
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X	
		Entre 20 y 40%	2		
		Mayor que 40%	0		
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X	
		Mayor que 20%	5		
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10		
		Entre 20 a 50%	5	X	
		Mayor 50%	0		
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	X	
		Mayor que 50%	2		
Total máximo por apartado			30		
Suma total			100	60.5	

E-06

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	1	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	1
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	1	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	1
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	2.5
8.	Canadería	1	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	1
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	1	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	1
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	2.5	1 especie	2 especies	>3 especies	2.5
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	2.5	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	2.5
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)	14	14	35	70	$\Sigma = 14$

E - 06

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica es baja.

Anexo B2: Hoja de registro del índice de calidad de ribera (QBR-Mon); índice de habital fluvial de cordillera (IHF-Cord) e índice de presión antropogénica al ecosistema fluvial (IPA) en la época húmeda.

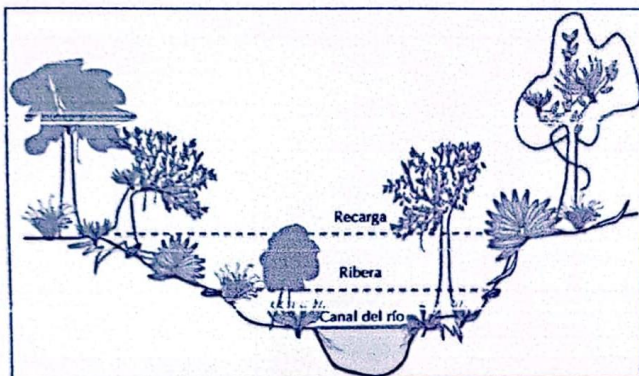
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-01

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Alcomachay Código del Sitio: E-01
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 10:43 am
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	X
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	X
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	X
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	X
	Signos de alteración y estructuras rígidas inamovibles que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
SUMA TOTAL		100	56

* Modificado de Suarez et al., 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-01

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Alcomachay Código del Sitio: E-01

Fecha: 10-06-2023 Hora: 10:36 am

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijados por sedimentos finos	5	X
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	X
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	
		Sedimentación > 60%	0	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	X
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
	Total máximo por apartado			10
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	X
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
Total máximo por apartado			20	
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad			
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	X
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado			
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	X
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	
	Total máximo por apartado			
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojasrasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	X
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	
	Total máximo por apartado			
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	
		Entre 0 a 20%	10	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
		Entre 0 y 50%	5	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	2	
		Mayor que 50%	2	
Total máximo por apartado			30	
Suma total			100	68

Hoja de registro del (IPA) P-01

E-01

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	1	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	1
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	1	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	1
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	2.5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	2.5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	2.5	1 especie	2 especies	>3 especies	2.5
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)	12	14	35	70	$\Sigma = 12$

E-01

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

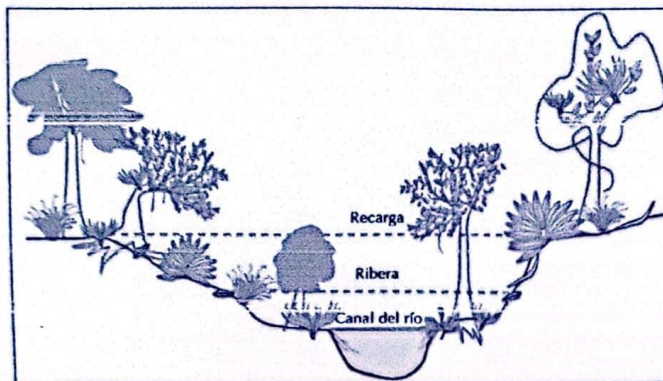
• La presión antropogénica es baja.

Hoja de registro del (QBR-Mon) P-02

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Peatonal Santa Rosa Código del Sitio: E-02
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 12:55 pm
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:


Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastroja	2	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	X
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastroja	1	
	Solo suelo descubierto	0	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
SUMA TOTAL		100	50

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-02

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Puente Peatonal Santa Rosa Código del Sitio: E-02

Fecha: 10-06-2023 Hora: 1:02 pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	X
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	X
		Sedimentación > 60%	0	
		Total máximo por apartado		10
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	
		Mediana frecuencia de rápidos	8	X
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
		Total máximo por apartado		10
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	X
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
		Total máximo por apartado		20
	Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad (solo en ríos con caudal > 0.5 m³/s y fondo irregular > 0.5 m²/m²)		
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	
	3 de 4 categorías de hábitat		8	X
	2 de 4 categorías de hábitat		6	
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	X
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	X
	Total máximo por apartado		10	
	Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática		
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	X
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	X
		Mayor que 50%	10	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	5	
		Entre 20 a 50%	0	
		Mayor 50%	5	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	2	X
		Mayor que 50%	2	
Total máximo por apartado		30		
Suma total		100	40	

E-02

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industri-ales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	5
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de pis-cícolas	0	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala.	Media escala.	Gran escala.	0
6.	Basura en el lecho del río	0	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	0
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	5
8.	Ganadería	5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	2.5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	2.5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	0	1 especie	2 especies	>3 especies	0
Otro tipo de presiones						
13.	Especies intro-ducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades inter-medias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (suma-toria total de cada apartado)	20	14	35	70	$\Sigma = 20$

E-02

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica esta en el valor media.

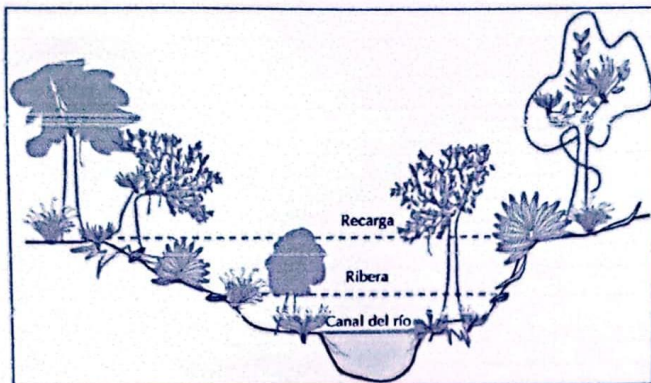
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-03

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Espalda de AA-HH Santa Rosa Código del Sitio: E-03
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 12:18 pm
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	X
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	X
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura de árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	X
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura de árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	X
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidos en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	X
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	
	Represa, dique de construcción o bocaneta del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
SUMA TOTAL		100	73

* Modificado de Suárez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-03

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Espalda del AA.HH Santa Rosa Código del Sitio: E-03

Fecha: 10-06-2023 Hora: 12:25 pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	X
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	
		Sedimentación > 60%	0	
		Total máximo por apartado		
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	X
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
		Total máximo por apartado		
	Apartado 3.	Composición de sustrato		
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	
		Mayor al 10%	5	
	Total máximo por apartado		20	
	Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad		
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	X
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	X
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	X
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	
		Mayor que 50%	2	
	Total máximo por apartado		30	
Suma total		100	60	

Hoja de registro del (IPA) P-03

E - 03

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	0	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	0
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	0	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	0
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	1	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	1
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	2.5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	2.5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	1	1 especie	2 especies	>3 especies	1
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
	Índice IPA (suma-toria total de cada apartado)	9.5	14	35	70	$\Sigma = 9.5$

E-03

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica está en el valor baja.

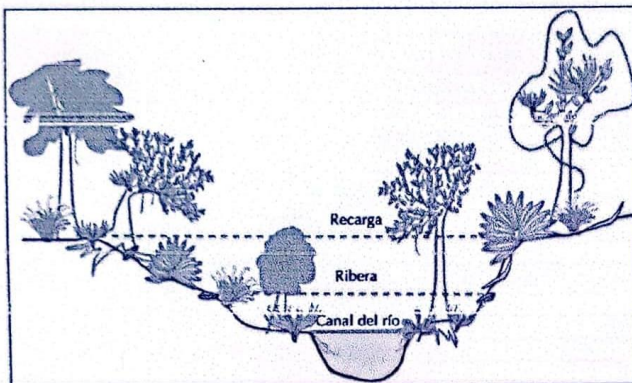
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-04

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de la Comunidad de Cargari Código del Sitio: E-04
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 2:20 pm
 Investigadores: Xacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Máxima	Río
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	X
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	X
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	X
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas (y orillas) adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	X
	Signos de alteración y estructuras rígidas ininterrumpidas que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	58

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-04

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de la Comunidad de Cangari Código del Sitio: E-04

Fecha: 10-06-2023 Hora: 2:28 pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO		PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas			Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijados por sedimentos finos	5	X	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5		
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0		
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	X	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5		
		Sedimentación > 60%	0		
Total máximo por apartado			10		
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos				
		Alta frecuencia de rápidos	10		
		Mediana frecuencia de rápidos	8	X	
		Baja frecuencia rápidos	6		
		Muy baja frecuencia de rápidos	4		
		Solo pozas	2		
	Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato				
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X	
		Mayor al 20%	5		
	% Canto y grava	1-30%	2	X	
		Mayor al 30%	5		
	% Arena	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X	
		Mayor al 10%	5		
Total máximo por apartado			20		
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad según el número de 4, 3, 2 o 1 categorías de hábitat				
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10		
	3 de 4 categorías de hábitat		8	X	
	2 de 4 categorías de hábitat		6		
	1 de 4 categorías de hábitat		4		
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce				
	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente en sombra		7		
	Grandes claros		5		
	Expuesto		2	X	
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad				
	Hojasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4		
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2		
	Presencia de troncos y ramas		2	X	
	Raíces expuestas		2		
	Diques naturales		2	X	
	Total máximo por apartado		10		
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática				
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X	
		Entre 20 y 40%	2		
		Mayor que 40%	0		
	Peritón (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X	
		Mayor que 20%	5		
			10		
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	5		
		Entre 20 a 50%	5		
		Mayor 50%	0		
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	X	
			2		
		Mayor que 50%	2		
Total máximo por apartado			30		
Suma total			100	60	

E-04

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	1	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	1
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	2.5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	2.5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	2.5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	2.5
8.	Ganadería	2.5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	2.5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	1	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	1
11.	Carreteras grandes	1	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	1
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	0	1 especie	2 especies	>3 especies	0
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	1	Pequeñas	Intermedias	Grandes	1
	Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)	11.5	14	35	70	$\Sigma = 11.5$

E - 04

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

• La presión antropogénica está en el valor baja.

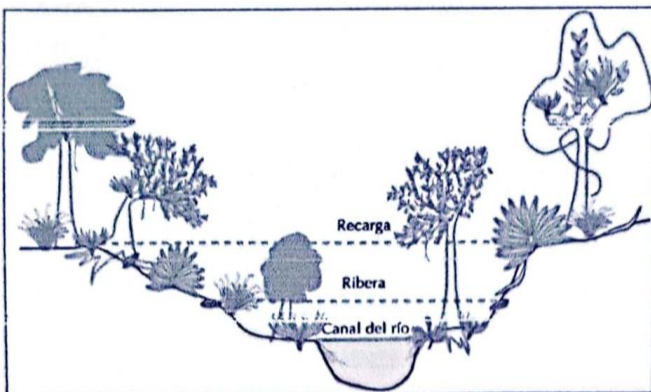
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-05

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de fundo Huanico Código del Sitio: E-05
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 5:06 pm
 Investigadores: Yacsa Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	X
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10% con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	8	X
	Cobertura de árboles menor al 10% con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	X
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	
	Modificaciones de las terrazas y orillas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	X
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocanoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	49

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-05

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Parte baja de fundo Maunío Código del Sitio: E-05

Fecha: 10-06-2023 Hora: 5:12 pm

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	X
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	X
		Sedimentación > 60%	0	
		Total máximo por apartado		10
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	X
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
		Total máximo por apartado		10
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	
		Mayor al 30%	5	X
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
		Total máximo por apartado		20
	Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad		
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	X
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	X
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojasasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	X
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	X
	Total máximo por apartado		10	
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	X
	Perifiton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	
		Mayor que 20%	5	X
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	
		Mayor que 50%	2	X
	Total máximo por apartado		30	
Suma total		100	38.5	

E-05

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industri-ales	2.5	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	2.5
2.	Vertidos de aguas servidas	5	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (>50.000)	Población grande (>50.000)	5
3.	Extracción de agua, bocatomas	2.5	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	2.5
4.	Vertidos de pis-cícolas	0	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	5	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicioes	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	5
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	5	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	5
8.	Ganadería	5	Poco ganado	Modera cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	5
11.	Carreteras grandes	5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	1	1 especie	2 espeesies	>3 especies	1
Otro tipo de presiones						
13.	Especies intro-ducidas exóticas en el ecosistema fluvial	1	Densidades bajas	Densidades inter-medias	Densidades altas	1
14.	Infraestructura, canales de riego	2.5	Pequeñas	Intermedias	Grandes	2.5
	Índice IPA (suma-toria total de cada apartado)	38.5	14	35	70	$\Sigma = 38.5$

E-05

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

La presión antropogénica está en el valor fuerte

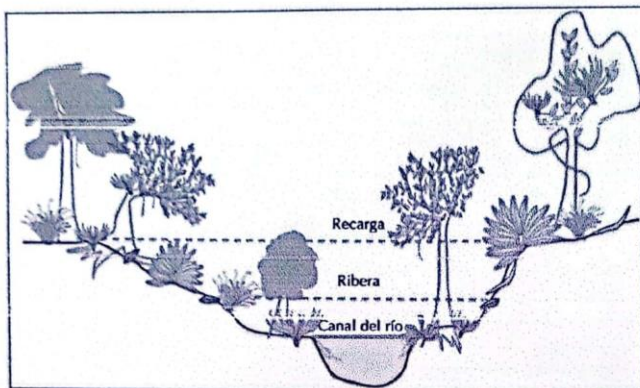
Hoja de registro del (QBR-Mon) P-06

Hoja de registro Índice de calidad de Ribera del Bosque montano (QBR-Mon)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Santiago de Pischa Código del Sitio: E-06
 Fecha: 10-06-2023 Hora: 4:22 pm
 Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. QBR-Bosque Montano:



Para evaluar índice QBR-Bosque Montano Alto tomamos los primeros 10 metros al lado derecho y lado izquierdo para evaluación de la ribera, y luego 50 metros más a cada lado de la zona de recarga.

APARTADOS	CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1	Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	20	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera	15	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera	10	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de ribera	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 2	Nivel de cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Más de 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	10	
	De 50 al 80% de cubierta vegetal en la zona de recarga	5	X
	De 10 al 50% de cubierta vegetal en la zona de recarga	2.5	
	Menos de 10% de cubierta vegetal en la zona de recarga	1	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 3	Estructura de la cubierta de la zona de ribera (0-10m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	20	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	18	
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	15	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	10	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	5	X
	Solo hierbas y vegetación rastrera	2	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 4	Estructura de la cubierta de la zona de recarga (10-50m)		
	Cobertura de árboles superior al 60%, arbustos 30% y otra vegetación 10%	10	
	Cobertura de árboles entre el 30-60%, con otra vegetación de bosque secundario	7.5	X
	Cobertura árboles entre 10-30%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Cobertura de árboles menor al 10%, con otra vegetación de bosque secundario	5	
	Solo arbustos y vegetación secundaria	2	
	Solo hierbas y vegetación rastrera	1	
	Solo suelo descubierto	0	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 5	Presencia de especies de árboles exóticos introducidas en zona de ribera y de recarga		
	Ausencia de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	20	X
	Mayor al 10% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	15	
	Mayor al 10-50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	10	
	Más del 50% de especies exóticas (Eucaliptos, pinos, bambú asiático y otra vegetación)	5	
	Total máximo por apartado	20	
Apartado 6	Grado de naturalidad del canal fluvial		
	El canal del río no ha sido modificado	10	X
	Modificaciones de las terrazas (y orillas) adyacentes al lecho del río con reducción del canal	8	
	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
	Río canalizado en la totalidad del tramo	1	
	Total máximo por apartado	10	
Apartado 7	Modificaciones del canal río arriba (hasta 1 km río arriba)		
	No existen modificaciones o construcción del canal del río o en la zona de la orilla	10	
	Modificaciones de terrazas por construcción en las orillas	8	
	Puente de camino vecinal o carretera	5	X
	Represa, dique de construcción o bocatoma del río	1	
	Total máximo por apartado	10	
	SUMA TOTAL	100	70

* Modificado de Suarez et al. 2002.

Hoja de registro del (IHF-Cord) P-06

Hoja de registro Índice de Hábitat fluvial de cordillera (IHF-Cord)

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL RÍO:

Nombre del Sitio: Santiago de Pischa Código del Sitio: E-06

Fecha: 10-06-2023 Hora: _____

Investigadores: Yacca Ruiz Judith Talia

2. IHF-Cord:

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
Apartado 1.	Inclusión de rápidos-sedimentación pozas		Máxima	Río
	Rápidos	Inclusión 0 a 30%: Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos	5	X
		Inclusión 30 a 60%: Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos	2.5	
		Inclusión >60%: Piedras, cantos y gravas muy fijadas por sedimentos finos	0	
	Pozas	Sedimentación 0 a 30%	5	
		Sedimentación 30 a 60%	2.5	
		Sedimentación > 60%	0	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 2.	Frecuencia de rápidos			
		Alta frecuencia de rápidos	10	X
		Mediana frecuencia de rápidos	8	
		Baja frecuencia rápidos	6	
		Muy baja frecuencia de rápidos	4	
		Solo pozas	2	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 3.	Composición de sustrato			
	% Bloques y piedras	1-20%	2	X
		Mayor al 20%	5	
	% Canto y grava	1-30%	2	X
		Mayor al 30%	5	
	% Arena	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
	% Limo y arcilla	1-10%	2	X
		Mayor al 10%	5	
Total máximo por apartado			20	
Apartado 4.	Regímenes de velocidad-profundidad			
	4 categorías de hábitat: lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo, rápido-superficial		10	X
	3 de 4 categorías de hábitat		8	
	2 de 4 categorías de hábitat		6	
	1 de 4 categorías de hábitat		4	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 5.	Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10	X
	Totalmente en sombra		7	
	Grandes claros		5	
	Expuesto		2	
Total máximo por apartado			10	
Apartado 6.	Elementos de Heterogeneidad			
	Hojarasca	Mayor a 10% ó Menor a 75%	4	X
		Menor a 10% ó Mayor a 75%	2	
	Presencia de troncos y ramas		2	
	Raíces expuestas		2	
	Diques naturales		2	
	Total máximo por apartado			
Apartado 7.	Cobertura de vegetación acuática			
	Algas filamentosas flotantes	Entre 0 y 20%	5	X
		Entre 20 y 40%	2	
		Mayor que 40%	0	
	Períton (algas y otros microorganismos adheridos a la roca)	Entre 0 y 20%	10	X
		Mayor que 20%	5	
		Mayor 50%	0	
	Musgos y líquenes en las rocas	Entre 0 a 20%	10	X
		Entre 20 a 50%	5	
		Mayor 50%	0	
	Helechos y otras plantas acuáticas en el borde del río	Entre 0 y 50%	5	X
		Mayor que 50%	2	
Total máximo por apartado			30	
Suma total			100	67

Hoja de registro del (IPA) P-06

E-06

Valor de magnitud para cada presión antropogénica, para el cálculo del índice de presiones antropogénicas al ecosistema fluvial (IPA)

Presión antropogénica		Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor asignado
		Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales						
1.	Vertidos industriales	0	1 industria río arriba	>3 <5 industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	0
2.	Vertidos de aguas servidas	0	Población pequeña ($\geq 1.000 \leq 10.000$)	Población mediana Población grande (> 50.000)	Población grande (> 50.000)	0
3.	Extracción de agua, bocatomas	0	Se extrae entre el 1 al 25% del agua del río	Se extrae entre el 26 al 75% del agua del río	Se extrae más del 75% del agua del río	0
4.	Vertidos de piscícolas	0	Piscícola pequeña	Piscícola mediana	Piscícola grande	0
5.	Minería puntual en el lecho del río	0	Pequeña escala	Media escala	Gran escala	0
6.	Basura en el lecho del río	1	Poco desperdicios	Moderada cantidad de desperdicios	Muchos desperdicios en el río o en las orillas	1
Presiones Difusas						
7.	Agricultura	1	Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extensiones de terreno de tamaño moderado	Extensiones de terreno grandes	1
8.	Ganadería	2.5	Poco ganado	Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	2.5
9.	Minería en la cuenca hidrográfica	0	Pocos proyectos y/o baja escala	Media escala (y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	0
10.	Caminos vecinales	2.5	Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	2.5
11.	Carreteras grandes	2.5	Escasa	Intermedios	Común a lo largo del río	2.5
12.	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica	2.5	1 especie	2 especies	>3 especies	2.5
Otro tipo de presiones						
13.	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	0	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	0
14.	Infraestructura, canales de riego	0	Pequeñas	Intermedias	Grandes	0
Índice IPA (sumatoria total de cada apartado)		12	14	35	70	$\Sigma = 12$

E-06

Criterio de evaluación del índice IPA de las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas fluviales.

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

La presión antropogénica es baja.

Anexo D:
Informe del laboratorio
Anexo D1: Informe del laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



Quien suscribe, MSc. Jerry Omar Arana Mestre, de profesión Biólogo, con CBP 7585, Investigador Permanente del Departamento de Limnología del Museo de Historia Natural de la UNMSM, certifico que la identificación taxonómica de las comunidades hidrobiológicas pertenecientes al proyecto **“DETERMINACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DEL RÍO CACHI (AYACUCHO, PERÚ) Y SU IMPLICANCIA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL”** fueron realizadas en el departamento de Limnología de nuestra institución, siguiendo los procedimientos descritos en el manual de **“Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”**, del cual soy autor.

Quedo a disposición de responder cualquier duda referente a las identificaciones taxonómicas.

Atte.


 Jerry Omar Arana Mestre
 BIÓLOGO
 C.B.P 7585

Jerry Omar Arana Mestre

Investigador Permanente del Departamento de Limnología del MHN-UNMSM

Docente Auxiliar de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM

CBP 7585

Anexo E:

Datos registrados de ambas épocas

Anexo E1: Datos informativos del laboratorio del departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (época seca)

Tabla 1. Macroinvertebrados registrados en los Cuerpos de Agua muestreados (Ind/m2)epoca seca.												
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	Total	Abundancia Relativa (%)
Annelida	Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	0	0	0	0	4	0	4	0.19
	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	0	0	0	11	0	11	0.53
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Indeterminada	0	0	4	0	0	0	4	0.19
		Diptera	Chironomidae	Indeterminada	7	41	0	19	692	7	766	37.09
		Diptera	Chironomidae	Chironomus sp.	0	0	0	0	0	4	4	0.19
		Diptera	Chironomidae	Cricotopus sp.	0	4	0	4	0	7	15	0.73
		Diptera	Chironomidae	Polypedilum sp.	0	0	0	4	0	15	19	0.92
		Diptera	Chironomidae	Stenochironomus sp.	0	0	0	4	0	0	4	0.19
		Diptera	Simuliidae	Indeterminada	15	0	41	15	0	0	71	3.44
		Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	0	0	0	0	0	7	7	0.34
		Ephemeroptera	Baetidae	Indeterminada	0	0	7	0	0	7	14	0.68
		Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis sp.	0	0	4	0	0	0	4	0.19
		Ephemeroptera	Baetidae	Andesiops sp.	0	0	0	0	0	7	7	0.34
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.	0	0	4	0	0	4	8	0.39
		Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	0	0	4	0	0	0	4	0.19
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes sp.	0	0	4	0	0	11	15	0.73
		Coleoptera	Elmidae	Macrelmis sp.	0	0	0	0	4	0	4	0.19
		Trichoptera	Hydroptilidae	Indeterminada	26	0	4	0	0	0	30	1.45
		Trichoptera	Hydroptilidae	Metrichia sp.	0	0	11	15	0	4	30	1.45
		Trichoptera	Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.	0	0	0	26	7	4	37	1.79
		Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda	15	0	0	22	0	0	37	1.79
	Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea sp.	0	15	0	0	0	0	15
Basommatophora			Physidae	Physa sp.	52	0	0	518	52	333	955	46.25
				115	60	83	627	770	410	2065	100.00	
Número de Individuos				115	60	83	627	770	410	2065	100.00	
Número de Especies				23	23	23	23	23	23	23	-	
Índice de Shannon - Wiener (log 2)				2.02	1.12	2.42	1.12	0.63	1.33	-	-	
Índice de Margalef				0.84	0.49	1.82	1.24	0.75	1.83	-	-	
Equidad (J)				0.87	0.71	0.76	0.35	0.24	0.37	-	-	
Índice de Simpson (1-D)				0.71	0.46	0.71	0.31	0.19	0.34	-	-	

Anexo E1.1: Procedimiento de datos registrados en el programa Excel (época seca).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	0	0	0	0	4	0
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	0	0	0	11	0
Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	0	0	4	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Chironomidae	7	41	0	19	692	7
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	0	0	0	0	0	4
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	0	4	0	4	0	7
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	0	0	0	4	0	15
Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	4	0	0
Diptera	Simuliidae	Simuliidae	15	0	41	15	0	0
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	0	0	0	7
Ephemeroptera	Baetidae	Indeterminada	0	0	7	0	0	7
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	4	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	0	0	0	0	7
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	4	0	0	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> sp.	0	0	4	0	0	0
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	4	0	0	11
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	0	0	0	4	0
Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	26	0	4	0	0	0
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	11	15	0	4
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	0	26	7	4
Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda	15	0	0	22	0	0
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	0	15	0	0	0	0
Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp.	52	0	0	518	52	333
TOTAL			115	60	83	627	770	410

Anexo E1.2: Determinación de bentos IBF por puntos de estudio (época seca).

Bentos IBF						
Familia	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Hirudinea)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Clitellata (Oligochaeta)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ceratopogonidae	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Chironomidae	0.4	4.8	0.0	0.2	6.3	0.1
Chironomidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Chironomidae	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1
Chironomidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Chironomidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Simuliidae	0.8	0.0	3.0	0.1	0.0	0.0
Simuliidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Baetidae	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1
Baetidae	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Baetidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Baetidae	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Baetidae	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Leptohyphidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elmidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ostracoda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lymnaeidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Physidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	1.2	5.3	4.2	0.5	6.3	0.8

Anexo E1.3: Determinación de especie en los 6 puntos de estudio

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	0	0	0	0	1	0
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	0	0	0	1	0
Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	0	0	1	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Chironomidae	1	1	0	1	1	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	0	1	0	1	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedium</i> sp.	0	0	0	1	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	1	0	0
Diptera	Simuliidae	Indeterminada	1	0	1	1	0	0
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	0	0	1	0	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	1	0	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	1	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	0	0	0	1	0
Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	1	0	1	0	0	0
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	1	1	0	1
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	0	1	1	1
Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda	1	0	0	1	0	0
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	0	1	0	0	0	0
Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp.	1	0	0	1	1	1
TOTAL			5	3	9	9	6	12

Anexo E1.4: Registro de datos por familia BMWP, IBF, ABI, AAMBI (época seca).

BMWP/col	IBF	ABI	AAMBI	FAMILIA
6	0		3	Clitellata (Hiruidinea)
1	0		2	Clitellata (Oligochaeta)
3	6	4	4	Ceratopogonidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
8	6	5	5	Simuliidae
8	6	5	5	Simuliidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	0		7	Leptohyphidae
6	4	5	5	Elmidae
3	0	3	3	Hydroptilidae
3	0	3	3	Hydroptilidae
3	0	3	3	Hydroptilidae
6	0		3	Ostracoda
4	0		3	Lymnaeidae
3	0		3	Physidae

Anexo E1.5: Total del registro de datos de BMWP y AAMBI (época seca).

		P-01		P-02		P-03		P-04		P-05		P-06	
FAMILIA	Especies	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI
Clitellata (Hiruidinea)	Clitellata (Hiruidinea)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	Chironomidae	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2
Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2
Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Simuliidae	Simuliidae	8	5	0	0	8	5	8	5	0	0	0	0
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5
Baetidae	Baetidae	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	7	4
Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0
Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	7	4
Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> sp.	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	7	7
Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0
Hydroptilidae	Hydroptilidae	3	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	3	3
Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
Ostracoda	Ostracoda	6	3	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0
Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	<i>Physa</i> sp.	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
TOTAL		22	16	8	7	52	38	31	25	21	18	53	41

Anexo E1.6: Registro de datos obtenidos (época seca).

	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
BMWP/col	22	8	52	31	21	53
IBF	1.21	5.25	4.17	0.49	6.31	0.84
ABI	0	0	0	0	0	0
AAMBI	16	7	38	25	18	41
%EPT	22.6	0.0	45.8	6.5	0.9	9.0
%CA	6.1	75.0	0.0	4.9	91.8	8.0
EPT/CA	3.71	0.00	0.00	1.32	0.01	1.12
especies	5	3	9	9	6	12
abundancia	115	60	83	627	770	410

Anexo D1.7: Determinación del estado de calidad de los seis puntos de estudio (época seca).

BMWP/col	Crítica	Muy critica	Dudosa	Crítica	Crítica	Dudosa
IBF	Excelente	Regular	Muy buena	Excelente	Mala	Excelente
AAMBI	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala	Regular
%EPT	Mala	Mala	Regular	Mala	Mala	Mala
%CA	No contaminado	Contaminado	No contaminado	No contaminado	Contaminado	No contaminado

Anexo E2: Datos informativos del laboratorio del departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San

Marcos (época húmeda)

Tabla 1. Macroinvertebrados registrados en los Cuerpos de Agua muestreados (Ind/m2) época húmeda.

Tabla 1. Macroinvertebrados registrados en los Cuerpos de Agua muestreados (Ind/m2)epoca humeda.												
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	Total	Abundancia Relativa (%)
Annelida	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	11	0	0	0	0	11	2.39
Arthropoda	Insecta	Diptera	Blephariceridae	Limonicola sp.	0	0	7	0	0	0	7	1.52
		Diptera	Chironomidae	Chironomidae	7	78	0	4	0	22	111	24.08
		Diptera	Chironomidae	Chironomus sp.	15	0	0	22	0	0	37	8.03
		Diptera	Chironomidae	Cricotopus sp.	4	0	0	15	0	0	19	4.12
		Diptera	Chironomidae	Polypedilum sp.	0	0	4	19	11	11	45	9.76
		Diptera	Chironomidae	Stenochironomus sp.	0	0	0	11	0	4	15	3.25
		Diptera	Limoniidae	Limoniidae	7	0	0	0	0	4	11	2.39
		Diptera	Muscidae	Muscidae	0	0	0	4	0	0	4	0.87
		Diptera	Simuliidae	Simuliidae	4	0	19	0	59	0	82	17.79
		Diptera	Simuliidae	Gigantodax sp.	0	4	0	0	0	11	15	3.25
		Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	0	7	4	0	4	15	30	6.51
		Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis sp.	0	0	0	0	0	4	4	0.87
		Ephemeroptera	Baetidae	Andesiops sp.	0	7	0	0	0	0	7	1.52
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.	0	0	0	0	0	11	11	2.39
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes sp.	0	0	0	0	0	4	4	0.87
		Coleoptera	Elmidae	Macrelmis sp.	0	4	0	0	0	0	4	0.87
		Trichoptera	Glossomatidae	Mortoniella sp.	0	0	0	0	0	19	19	4.12
		Trichoptera	Hydroptilidae	Metrichia sp.	0	0	4	0	0	0	4	0.87
		Trichoptera	Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.	0	0	7	0	0	0	7	1.52
		Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridea sp.	0	0	0	0	0	7	7	1.52
		Trichoptera	Leptoceridae	Nectopsyche sp.	0	0	0	0	0	7	7	1.52
Número de Individuos					37	111	45	75	74	119	461	100.00
Número de Especies					22	22	22	22	22	22	22	-
Índice de Shannon - Wiener (log 2)					2.12	1.54	2.28	2.33	0.88	3.33	-	-
Índice de Margalef					1.11	1.06	1.32	1.16	0.46	2.30	-	-
Equidad (J)					0.91	0.60	0.88	0.90	0.56	0.93	-	-
Índice de Simpson (1-D)					0.74	0.49	0.75	0.78	0.34	0.89	-	-

Anexo E2.1: Procedimiento de datos registrados en el programa Excel (época húmeda).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	11	0	0	0	0
Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp.	0	0	7	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Chironomidae	7	78	0	4	0	22
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	15	0	0	22	0	0
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	4	0	0	15	0	0
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	0	0	4	19	11	11
Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	11	0	4
Diptera	Limoniidae	Limoniidae	7	0	0	0	0	4
Diptera	Muscidae	Muscidae	0	0	0	4	0	0
Diptera	Simuliidae	Simuliidae	4	0	19	0	59	0
Diptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i> sp.	0	4	0	0	0	11
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	7	4	0	4	15
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	0	0	0	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	7	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	0	0	0	11
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	4
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	4	0	0	0	0
Trichoptera	Glossomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	0	0	0	0	0	19
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	4	0	0	0
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	7	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	7
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	0	0	0	0	0	7
TOTAL			37	111	45	75	74	119

Anexo E2.2: Determinación de bentos IBF por puntos de estudio (época húmeda).

Bentos IBF						
Familia	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Oligochaeta)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Blephariceridae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chironomidae	1.3	4.9	0.0	0.4	0.0	1.3
Chironomidae	2.8	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0
Chironomidae	0.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
Chironomidae	0.0	0.0	0.6	1.8	1.0	0.6
Chironomidae	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.2
Limoniidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Muscidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Simuliidae	0.6	0.0	2.5	0.0	4.8	0.0
Simuliidae	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6
Simuliidae	0.0	0.4	0.5	0.0	0.3	0.8
Baetidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Baetidae	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Baetidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Leptohyphidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elmidae	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Glossomatidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydropsychidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Leptoceridae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
TOTAL	5.6	5.9	3.7	6.6	6.1	4.5

Anexo E2.3: Determinación de especie en los 6 puntos de estudio (época húmeda).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	1	0	0	0	0
Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Chironomidae	1	1	0	1	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	1	0	0	1	0	0
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	1	0	0	1	0	0
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	0	0	1	1	1	1
Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	1	0	1
Diptera	Limoniidae	Limoniidae	1	0	0	0	0	1
Diptera	Muscidae	Muscidae	0	0	0	1	0	0
Diptera	Simuliidae	Simuliidae	1	0	1	0	1	0
Diptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i> sp.	0	1	0	0	0	1
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	1	1	0	1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	1	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	1	0	0	0	0
Trichoptera	Glossomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	0	0	0	0	0	1
TOTAL			5	6	6	6	3	12

Anexo E2.4: Registro de datos por familia BMWP, IBF, ABI, AAMBI (época húmeda).

BMWP/col	IBF	ABI	AAMBI	FAMILIA
1	0		2	Clitellata (Oligochaeta)
10	0		10	Blephariceridae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
2	7	2	2	Chironomidae
0	0	2	4	Limoniidae
2	0	2	2	Muscidae
8	6	5	5	Simuliidae
8	6	5	5	Simuliidae
8	6	5	5	Simuliidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	4	4	4	Baetidae
7	0		7	Leptohyphidae
6	4	5	5	Elmidae
7	0	3	7	Glossomatidae
3	0	3	3	Hydroptilidae
3	0	3	3	Hydroptilidae
8	4		5	Hydropsychidae
8	4		8	Leptoceridae

Anexo E2.5: Total del registro de datos de BMWP y AAMBI (época húmeda).

		P-01		P-02		P-03		P-04		P-05		P-06	
FAMILIA	Especies	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI	BMWP	AAMBI
Clitellata (Oligochaeta)	Clitellata (Oligochaeta)	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp.	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	Chironomidae	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Chironomidae	<i>Stenochironomus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2
Limoniidae	Limoniidae	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Muscidae	Muscidae	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Simuliidae	Simuliidae	8	5	0	0	8	5	0	0	8	5	0	0
Simuliidae	<i>Gigantodax</i> sp.	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	8	5
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	0	0	8	5	8	5	0	0	8	5	8	5
Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4
Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
Hydroptilidae	<i>Metrichia</i> sp.	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
TOTAL		14	15	32	23	34	28	12	12	18	12	66	55

Anexo E2.6: Registro de datos obtenidos (época húmeda).

BMWP/col	14	32	34	12	18	66
IBF	5.57	5.91	3.69	6.63	6.15	4.46
ABI	0	0	0	0	0	0
AAMBI	15	23	28	12	12	55
%EPT	0.0	6.3	24.4	0.0	0.0	43.7
%CA	70.3	80.2	8.9	94.7	14.9	31.1
EPT/CA	0.00	0.08	2.75	0.00	0.00	1.41
especies	5	6	6	6	3	12
abundancia	37	111	45	75	74	119

Anexo E2.7: Determinación del estado de calidad de los seis puntos de estudio (época húmeda)

BMWP/col	Muy crítica	Crítica	Crítica	Muy crítica	Crítica	Aceptable
IBF	Regular	Mala	Excelente	Nociva	Mala	Buena
AAMBI	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Buena
%EPT	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Regular
%CA	Contaminado	Contaminado	No contaminado	Contaminado	No contaminado	No contaminado

Anexo F:

Anexo F1: Datos informativos del laboratorio del departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (época seca)

TEMPORADA 1-ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE PERIFITON (ORGANISMOS/CM ²)										
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthesiaceae	Achnanthes minutissimum	1000	2000	90000			
			Cocconeidae	Cocconeis placentula	2000	4000		3000	1000	2200
		Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia amphioxys		1000			1000	
				Nitzschia inconspicua	2000					
				Nitzschia sp.	6000	32000		1000	10000	
		Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella affinis	1000		4000			
				Encyonema minutum	2000	4000				
				Encyonema turgidum	1000	1000		1000		
			Gomphonemataceae	Gomphonema parvulum	4000	12000	1000	24000	4000	100
				Gomphonema sp1.		1000	2000		3000	
				Gomphonema sp2.				1000		
				Gomphonema sp3.					2000	
				Gomphonema subclavatum	1000	1000				
				Reimeria sinuata	1000				1000	
		Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	7000	4000	1000	1000		
		Naviculales	Amphipleuraceae	Frustulia sp1.		1000				
				Frustulia sp2.		1000				
			Naviculaceae	Navicula capitatoradiata	46000	18000	1000	5000		200
				Navicula cf viridula						400
				Navicula cryptocephala	1000	2000				100
				Navicula cryptotenella				1000		
				Navicula sp1.		3000				
				Navicula sp2.				1000		
				Navicula sp3.				1000		
				Navicula symmetrica	1000					
			Pinnulariaceae	Pinnularia sp1.		1000				
			Sellaphoraceae	Sellaphora pupula		4000			1000	
		Surirellales	Surirellaceae	Surirella ovalis		1000		1000		
				Surirella robuta				1000		
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	Stephanocyclus meneghinianus		11000		2000	2000	
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	Melosira varians				2000		
	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	Pleurosira laevis		1000				
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	Stephanocyclus meneghinianus	11000					
Charophyta	Zygnematomyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Cosmarium sp1.				1000		
				Cosmarium sp2.					1000	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus sp1.	1000					
				Scenedesmus sp2.	1000					
				Scenedesmus sp3.				1000		
				Scenedesmus sp4.				1000		
		Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeoclonium sp.				1000		
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Leptolyngbyales	Leptolyngbyaceae	Leptolyngbya sp.						100
		Oscillatoriales	Microcoleaceae	Homoeothrix sp.			3000			
			Oscillatoriaceae	Oscillatoria tenuis	1000			1000		
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	Pseudanabaena sp.			1000			
Perifiton				44	90000	105000	103000	50000	26000	3100

Anexo F2: Datos informativos del laboratorio del departamento de Limnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (época húmeda)

TEMPORADA 2-ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE PERIFITON (ORGANISMOS/CM ²)										
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthesiaceae	<i>Achnanthes minutissimum</i>	6000		1400		7000	
			Cocconeidae	<i>Cocconeis placentula</i>	3000	3000	200	2000	500	2500
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia amphioxys</i>					500	
				<i>Nitzschia linearis</i>	1000					
				<i>Nitzschia sigmaidea</i>					500	
				<i>Nitzschia sp.</i>	27000		500	14500	7500	2000
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Encyonema minutum</i>	1000		600			
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema parvulum</i>	1000		100	500	500	
				<i>Reimeria sinuata</i>			400			500
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	1000		100			
		Naviculales	Diadesmidaceae	<i>Luticola goeppertiana</i>			100			
			Naviculaceae	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	1000					
				<i>Navicula capitatoradiata</i>	3000	2000	100	2500		1000
				<i>Navicula cryptotenella</i>						500
				<i>Navicula rostellata</i>	1000			500		500
				<i>Navicula sp4.</i>		59000				
			Sellaphoraceae	<i>Eolimna minima</i>		15000				
				<i>Sellaphora pupula</i>				2500	1500	
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	<i>Diatoma vulgaris</i>		4000		500		
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella minuta</i>	2000		100	500		500
				<i>Surirella ovalis</i>	2000		100			
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	1000					500
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp5.</i>		1000				
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia tranquilla</i>	1000					
Perifiton				24	51000	84000	3700	23500	18000	8000

Anexo G:
Panel fotográfico

Imagen 1: Materiales utilizados para el análisis calidad de agua en bentos, perifiton



Imagen 2: Materiales utilizados para el análisis calidad de agua en presencia de peces

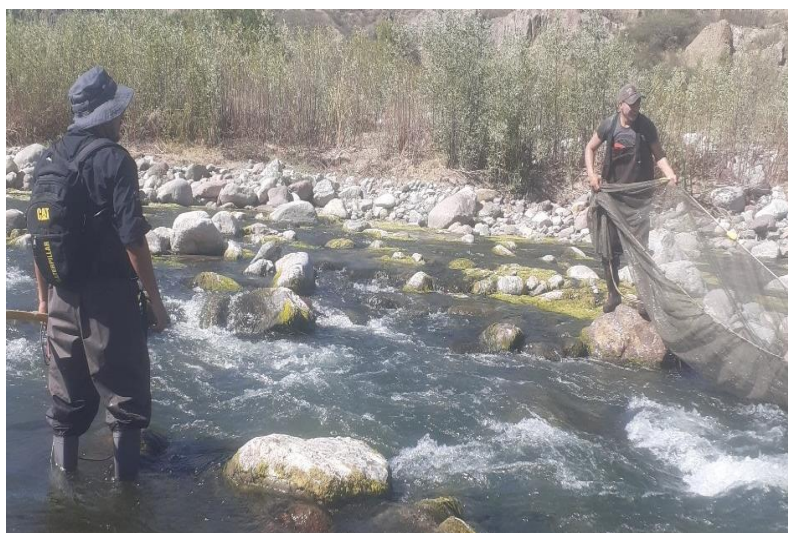


Imagen 3: Recolección de muestras en los frascos de plástico para el análisis de bentos



Imagen 4: Recolección de muestras en los frascos de plástico para el análisis de perifitón



Imagen 5: Recolección de muestras de peces en los frascos de plástico.



Imagen 6: Almacenamiento de las muestras en cada frasco.

