



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

**EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA EN
BALNEARIOS DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO TENA**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: SKARLET EDITH YÁNEZ GARCÍA

TUTOR: PhD. RODRIGO EDUARDO ESPINOSA BARRERA

Napo - Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Skarlet Edith Yáñez García con documento de identidad 1550039562, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Ecosistemas, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 14 de septiembre de 2023



Skarlet Edith Yáñez García

CI: 1550039562

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Skarlet Edith Yáñez García, con documento de identidad N°1550039562, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “Evaluación de la integridad ecológica en balnearios de la cuenca media del río Tena”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación superior.

Tena, 14 de septiembre de 2023



Skarlet Edith Yáñez García

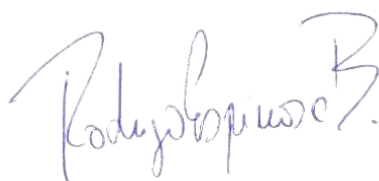
CI: 1550039562

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el trabajo de titulación: “evaluación de la integridad ecológica de la cuenca media del río Tena”, en la modalidad de: artículo, fue realizado por Skarlet Edith Yáñez García bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 14 de septiembre de 2023



.....
PhD. Rodrigo Eduardo Espinosa Barrera

C.I.: 1707458079

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud a mis queridos padres, Néstor Yáñez y Janeth García, y a mis hermanos por su amor, apoyo y confianza en mí. A Henry Ríos, mi compañero y apoyo incondicional durante este arduo proceso. A los profesores de esta universidad, a mis compañeras y compañeros de estudio, les agradezco por su inspiración y colaboración constante. Esta tesis es un tributo a todos ustedes, quienes han sido mi fuente de apoyo y motivación.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a los encargados de los balnearios, por permitirnos acceder a sus instalaciones y facilitar la toma de muestras necesarias para llevar a cabo esta investigación.

A mi tutor, Rodrigo Espinosa, quiero expresar mi gratitud por su paciencia, orientación y enseñanzas a lo largo de todo el proceso de elaboración de esta tesis. Sus valiosos consejos fueron fundamentales para dar forma a este trabajo.

A mi hermano Nestor Yáñez, y colegas Henry Ríos, Mirka Charpentier, Julie Peláez, Akira Gómez, Luis Armijos y los demás estudiantes de Ikiam que participaron activamente en cada una de las salidas de campo.

Este estudio contó con el apoyo del Laboratorio Nacional de Referencia del Agua y del proyecto Nature Based Living Laboratory (NB-LAB). Su respaldo financiero y científico fue fundamental para el desarrollo exitoso de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y

RESPONSABILIDAD ii

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL iii

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTO vi

ÍNDICE GENERAL vii

ÍNDICE DE TABLAS ix

ÍNDICE DE FIGURAS x

ÍNDICE DE ANEXOS xi

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓN 1

MATERIALES Y MÉTODOS 4

Recolecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos 5

Características fisicoquímicas 6

Medición de caudales 7

Análisis de datos 8

Pruebas estadísticas 8

ICA 8

Índice AAMBI e Índice BMWP-Col 8

Índice de calidad ambiental 9

IHF 9

QBR 9

IPA 10

Índice de integridad ecológica 10

RESULTADOS	10
Caudal de la cuenca media del río Tena.....	10
ICA.....	11
<i>Parámetros físicoquímicos</i>	<i>11</i>
Índices bióticos	13
<i>Índice AAMBI y BMWP/Col</i>	<i>14</i>
Índice de Calidad Ambiental	16
<i>IHF</i>	<i>16</i>
<i>QBR</i>	<i>16</i>
<i>IPA</i>	<i>17</i>
Índice de integridad ecológica	18
DISCUSIÓN	20
Caudal de la cuenca media del río Tena.....	20
ICA.....	20
Índices bióticos	23
<i>Índice AAMBI y BMWP/Col</i>	<i>23</i>
Índice de Calidad Ambiental	24
<i>IHF</i>	<i>24</i>
<i>QBR</i>	<i>24</i>
<i>IPA</i>	<i>25</i>
Índice de integridad ecológica	25
REFERENCIAS	28
ANEXOS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Criterios de calidad de agua.	3
Tabla 2.	Valores de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los puntos de muestreo, para temporada seca y lluviosa.	12
Tabla 3.	Valores de los ocho índices calculados para la zona de estudio.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio y la ubicación de los tres balnearios con sus puntos de control de la cuenca media del río Tena, Provincia de Napo, Ecuador.	4
Figura 2.	Comparación de los valores del caudal fluvial de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.....	11
Figura 3.	Comparación de los valores del índice ICA de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.	13
Figura 4.	Total de orden de macroinvertebrados acuáticos de la zona de estudio entre la temporada lluviosa y seca.	14
Figura 5.	Índice AAMBI y BMWP-Col de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.	15
Figura 6.	Comparación de los valores del Índice IHF de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.	16
Figura 7.	Comparación de los valores del Índice QBR de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.....	17
Figura 8.	Comparación de los valores del Índice de Calidad Ambiental de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.	18
Figura 9.	Comparación de los valores del Índice de Integridad Ecológica de los puntos de muestreo.	19

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Tabla de coordenadas de los once puntos de muestreo para la colecta de macroinvertebrados y muestras de agua.
- Anexo 2.** Valores del Caudal de los once puntos de muestreo, ambas temporadas.
- Anexo 3.** Pruebas estadísticas (método exacto) de Wilcoxon.
- Anexo 4.** Tabla de valores del Índice de Calidad de Agua.
- Anexo 5.** Calidad del índice BMWP/Col y AAMBI.
- Anexo 6.** Rangos de Calidad para el Índice IHF y QBR.
- Anexo 7.** Valores del Índice de Presión Antropogénica.
- Anexo 8.** Valores del Índice de Calidad Ambiental y de integridad ecológica.
- Anexo 9.** Tabla de las familias de macroinvertebrados presentes en los once puntos de muestreo, durante ambas temporadas.
- Anexo 10.** Puntajes asignados a las familias de macroinvertebrados acuáticos, Índices AAMBI y BMWP/Col.
- Anexo 11.** Hoja de registro Índice de Hábitat Fluvial.
- Anexo 12.** Hoja de registro del Índice de Bosque Ribera.
- Anexo 13.** Hoja de registro del Índice de Presión Antropogénica.
- Anexo 14.** Orden de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la zona de estudio.

RESUMEN

Los balnearios ubicados en la cuenca media del río Tena han sufrido alteraciones en sus cuencas y riberas, lo cual ha afectado los ecosistemas acuáticos. Este estudio se llevó a cabo para evaluar la integridad ecológica de estos balnearios mediante análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos. Se seleccionaron tres balnearios: El Chunchu, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, y se tomaron tres puntos de muestreo en cada uno. En estos puntos, se recolectaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así como de macroinvertebrados acuáticos, y se midieron parámetros de hábitat (QBR, IHF). Se calcularon índices AAMBI, BMWP/Col, ICA, IHF, QBR, IPA, de calidad ambiental y de integridad ecológica. Los resultados revelan que los balnearios presentan contaminación orgánica, superando los límites permitidos según el TULSMA. La diversidad de macroinvertebrados sigue patrones estacionales, siendo más abundante durante la temporada seca. El balneario Kukupa Rumi, mostró valores más bajos en el índice ICA, sin embargo, la calidad del agua se vio más afectada en el balneario Kawsay Yaku, según los índices AAMBI y BMWP/Col. Asimismo, el hábitat fluvial, la calidad del bosque ribereño también fueron más bajos en el balneario Kawsay Yaku. La integridad ecológica de estos balnearios es regular, siendo importante conservar y gestionar adecuadamente los balnearios para proteger el agua, la biodiversidad, los hábitats ribereños y su integridad ecológica. Se debe buscar un equilibrio entre el turismo y la sostenibilidad ambiental, fomentando el uso responsable de estos sitios turísticos.

Palabras clave: Balnearios, Río Tena, Macroinvertebrados, Integridad Ecológica, Turismo.

ABSTRACT

The resorts located in the middle basin of the Tena River have suffered alterations in their watersheds and banks, which have affected the aquatic ecosystems. This study was carried out to evaluate the ecological integrity of these resorts by analyzing physicochemical, microbiological, and ecological parameters. Three bathing resorts were selected: El Chuncho, Kawsay Yaku and Kukupa Rumi, and three sampling points were taken in each. At these points, water samples were collected for physicochemical and microbiological analysis, as well as aquatic macroinvertebrates, and habitat parameters (QBR, IHF) were measured. AAMBI, BMWP/Col, ICA, IHF, QBR, IPA, environmental quality and ecological integrity indices were calculated. The results reveal that the spas present organic contamination, exceeding the limits allowed according to the TULSMA. Macroinvertebrate diversity follows seasonal patterns, being more abundant during the dry season. The Kukupa Rumi spa showed lower values in the ICA index, however, water quality was more affected in the Kawsay Yaky spa, according to the AAMBI and BMWP/Col. indexes. Likewise, river habitat and riparian forest quality were also lower in the Kawsay Yaku spa. The ecological integrity of this resorts is fair, and it is important to conserve and properly manage the resorts to protect the water, biodiversity, riparian habitats, and their ecological integrity. A balance should be sought between tourism and environmental sustainability, encouraging responsible use of these tourist sites.

Keywords: Spas, Tena River, Macroinvertebrates, Ecological Integrity, Tourism.

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y la supervivencia humana, a lo largo de la historia, los seres humanos han buscado establecerse cerca de fuentes hídricas como lagos, ríos y lagunas [1,2]. Estas fuentes hídricas cumplen funciones básicas como el suministro de agua potable, la provisión de alimentos, el impulso económico y permitir actividades recreativas [3]. Sin embargo, diversas actividades humanas, como la agricultura, la minería, la extracción de petróleo, descarga de efluentes y la construcción, han provocado la contaminación de los recursos hídricos y el deterioro de los ecosistemas asociados [3,4].

Esta contaminación tiene consecuencias negativas para la salud humana y los ecosistemas acuáticos, limitando también actividades recreativas como natación, buceo y la pesca [5].

Las actividades recreativas mencionadas anteriormente, forman parte de la economía principal del cantón Tena, el cual alberga el río Tena [6]. Este río tiene un gran atractivo natural lo que ha generado que a lo largo de su cauce se construyan varios balnearios como El Chunchu, Kawsay Yaku, Kukupa Rumi, entre otros, donde se desarrollan diversas actividades turísticas [6].

La gran mayoría de estos balnearios fueron contruidos sin la planificación necesaria y sin estudios ambientales previos, lo que ha generado problemas como la deforestación, desperdicios de basura y la construcción de diques improvisados utilizando materiales como saquillos y plásticos.

Estos residuos se encuentran dispersos a lo largo del río Tena, afectando el equilibrio de los ecosistemas. Además, las comunidades locales carecen de agua potable, dependiendo directamente del río para satisfacer sus necesidades diarias, esto podría desencadenar problemas de salud humana [7]. Por lo que la creación de estos balnearios ha generado preocupación debido a su posible impacto en la integridad ecológica de los balnearios del río Tena.

Karr y Dudley (1981) definen la integridad ecológica como la capacidad de un ecosistema para mantener una comunidad de organismos que tiene una composición de especies, diversidad y organización funcional similar a la que se encuentra en hábitats naturales propios de una región determinada [8].

Además, funciona como una herramienta para informar a los tomadores de decisiones acerca el estado actual de dicho ecosistema, al mismo tiempo posibilita la evaluación de los impactos generados por perturbaciones originadas por factores naturales como por la influencia humana [9,10].

La integridad ecológica depende de la calidad ambiental y de los procesos funcionales, los cuales son: características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, estado del hábitat fluvial, vegetación de ribera y la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos [11,12].

Las características fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas, brindan información sobre posibles fuentes de contaminación en los ríos [13,14]. Los parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto, etc. permiten aplicar el Índice de Calidad de Agua (ICA) [15]. Los parámetros microbiológicos, como bacterias coliformes, indican contaminación por residuos domésticos o por una alta concentración de materia orgánica [16].

Los parámetros bióticos como los macroinvertebrados acuáticos, son invertebrados de tamaño superior a 500µm (hasta 30 cm), que incluyen moluscos, crustáceos, sanguijuelas, oligoquetos y planaria y son utilizados para evaluar ecosistemas acuáticos debido a su ciclo de vida largo y facilidad de identificación [17-20]. Estos organismos habitan en diferentes hábitats acuáticos y se alimentan de plantas acuáticas, animales en descomposición y nutrientes presentes en el agua [21,22]. Su presencia, composición y abundancia indican el grado de contaminación y las condiciones ambientales [23].

A partir de macroinvertebrados acuáticos, se puede aplicar índices bióticos como el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) del Reino unido, adaptado por Roldán Pérez para Colombia, y el índice Andean-Amazon Biotic Index (AAMBI), estos índices permiten evaluar la calidad del agua asignando puntuaciones a cada familia de macroinvertebrados [17,24].

Para evaluar la calidad ambiental de los ríos se usan los índices de Calidad de Vegetación de Ribera (QBR) y el índice de Hábitat Fluvial (IHF), considerando aspectos hidrológicos, geomorfológicos y la dinámica de las zonas ribereñas [17,25]. Además de estos índices se usará el índice de Presión Antropogénica (IPA). La combinación de estos índices (QBR, IHF, IPA y AAMBI) nos permitirá obtener el índice de integridad ecológica en un sitio específico [17].

En este estudio, se empleará el Acuerdo Ministerial 097A- Norma Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Ministerio del Ambiente, como un marco de referencia. Se enfocará específicamente en los Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y de Estuarios, así como en los Criterios de Calidad de Agua para Fines Recreativos Mediante Contacto Primario [26].

A continuación, se presenta una tabla con los criterios de calidad de agua correspondientes:

Tabla 1. Criterios de calidad de agua.

Fuente: TULSMA (2002).

PARÁMETRO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Oxígeno Disuelto	% de saturación	> 80% OD Sat.
pH		6,5 – 9
NO ₃	mg/l	13

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es evaluar la integridad ecológica de los balnearios del río Tena, a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos. Estos análisis proporcionarán resultados que servirán como precedente a los encargados de estos balnearios, las autoridades locales, municipio de Tena e instituciones ambientales, como el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Asimismo, ayudarán a desarrollar planes de manejo y conservación de los recursos hídricos en estos sitios turísticos, con el fin de brindar un mejor servicio a los turistas y moradores del lugar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó en los balnearios El Chunchu, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, los cuales se encuentran en la cuenca media del río Tena, perteneciente a la parroquia Muyuna, cantón Tena, provincia de Napo. Estos balnearios fueron seleccionados debido a la afluencia de turistas y a su corto tiempo de funcionamiento. Se establecieron nueve estaciones de muestreo (Figura 2), tres en cada balneario: río arriba, zona de influencia (balneario) y río abajo. Cada balneario se identificó con un código, El Chunchu (CH), Kawsay Yaku (KY) y Kukupa Rumi (KP), seguidos de los números 1, 2 y 3 para referirnos a sus puntos de muestreo: río arriba (1), zona de influencia (2) y río abajo (3) (Anexo 1). Además, se establecieron dos puntos de control: PC1 para los balnearios Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, situados en un afluente del río Tena (Figura 2), PC2 para el balneario El Chunchu, ubicado directamente en el río Tena. Estos puntos fueron georreferenciados (Anexo 1).

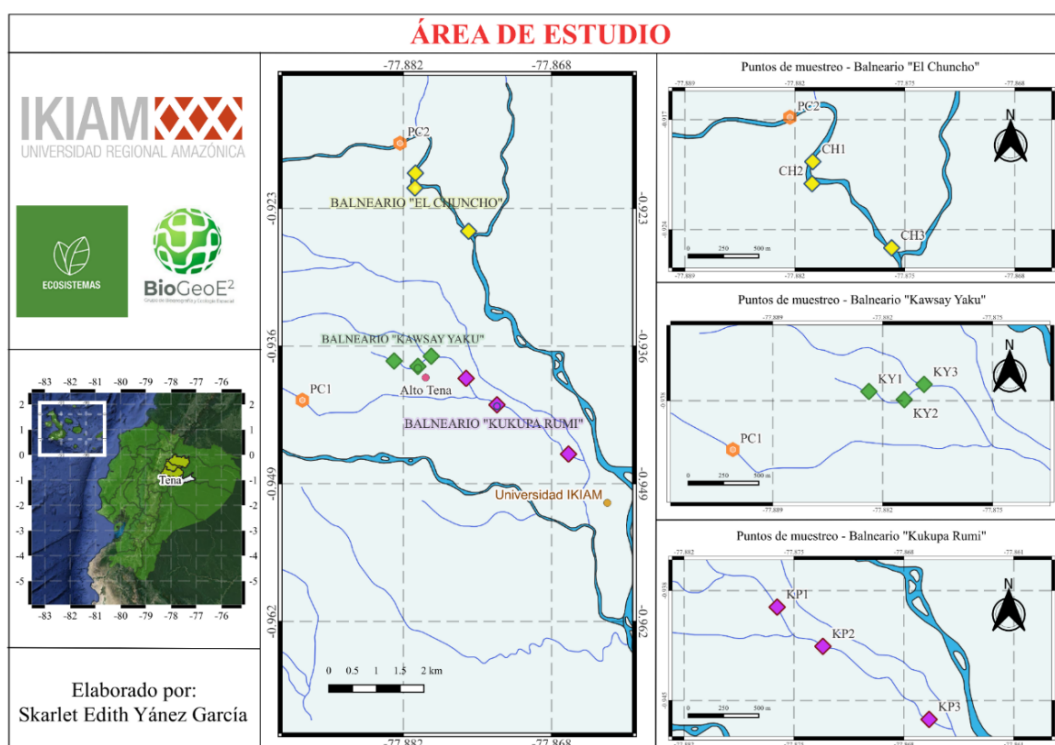


Figura 1. Área de estudio y la ubicación de los tres balnearios con sus puntos de control de la cuenca media del río Tena, Provincia de Napo, Ecuador.
Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Recolecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos

La toma de muestras se realizó en dos temporadas: la temporada seca, a finales de agosto y la temporada lluviosa a finales de noviembre de 2022 [23]. En cada balneario, se recolectaron macroinvertebrados acuáticos en tres puntos: río arriba, zona de influencia para observar el efecto de estos, y río abajo para observar la recuperación de la fauna acuática y la calidad del agua afectada por los balnearios. También se tomaron muestras de macroinvertebrados en los puntos de control. Los puntos de muestreo serán los mismos en cada temporada, para obtener representatividad de expresión ecológica en la zona [27].

Se cuenta con el permiso MAATE-DBI-CM-2021-0177 para llevar a cabo la recolección de macroinvertebrados acuáticos en aguas de poca corriente, para ello se utilizó dos tipos de redes; la red cualitativa conocida como D-net y la red cuantitativa Surber, estas redes son usadas siempre desde aguas abajo hacia aguas arriba y manteniendo el mismo esfuerzo de muestreo.

La red D-net permite realizar un muestreo multi-hábitat, ya que se obtiene familias de diferentes hábitats del río [17], en cada punto de muestreo se establecieron 9 tramos a lo largo del río, en cada tramo se realizó un muestreo de 35 segundos, obteniendo 3 minutos con 15 segundos, estas muestras fueron colocadas en una misma funda de ziploc, previamente etiquetada con el código correspondiente para cada punto y a su vez este procedimiento se aplicó para cada punto de muestreo por balneario y punto de control.

Con la red Surber cuantitativa, se establecieron 3 tramos de aproximadamente 10 metros a lo largo del río. Esta red fue colocada en el fondo del arroyo con sustratos (grava, pebble y cobble), profundidades (< 50 cm) y velocidad de corriente estándar donde, en forma de barrido, se remueve por un tiempo estandarizado de 2 minutos. El material colectado (sustrato, detritos y macroinvertebrados), permite obtener muestras de densidad relativa (Ind/m^2) de macroinvertebrados acuáticos por área de muestreo; cada muestra de surber va en una funda ziploc debidamente etiquetada teniendo así, 3 muestras de surber por estación de muestreo. Este método será utilizado en todos los puntos de muestreo. Obteniendo 4 muestras por punto (3 Surber y 1 D-net), 12 por balneario, 4 por punto de control, siendo un total de 44 muestras por temporada.

Todas las muestras colectadas fueron transportadas al laboratorio de biología II de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, donde se identificaron a nivel de familia (Anexo 25) mediante el uso de claves taxonómicas específicas para macroinvertebrados acuáticos de Sudamérica y el neotrópico; de los autores Domínguez & Fernández, (2009); Ramírez, Altamiranda-Saavedra, Gutiérrez-Fonseca, & Springer, (2011); Hamerlik, Da Silva, & Jacobsen, (2018); González, Crespo, Acosta, & Hampel, (2018); Encalada, et al (2019); Posada-García & Roldán-Pérez, (2003); Manzo, (2005), entre otros.

Características fisicoquímicas

En cada sitio de muestreo, se tomaron medidas puntuales de la calidad fisicoquímica del agua, mediante el uso de la sonda multiparamétrica (ProfessionalPlus-YSI) que dispone el Laboratorio Nacional de Referencia del Agua (LNRA) de Ikiam donde se midieron parámetros como el pH, temperatura (°C), oxígeno disuelto (% y mg/l) y sólidos totales disueltos (mg/L). Además, se tomaron muestras de agua en frascos estériles que dispone el LNRA para analizar los demás parámetros fisicoquímicos como la turbidez (NTU) en el turbidímetro, Nitrato NO_3^- , fosfato PO_4^{2-} y sulfato SO_4^{2-} mediante cromatografía iónica. Todos estos parámetros más los coliformes fecales permitirán determinar el índice de calidad de agua (ICA) [28].

Para el análisis microbiológico, se tomó una muestra de agua en frascos estériles (100 mL) previamente etiquetados, de los sitios seleccionados, se colocó estas muestras en el cooler con hielo para ser transportados al LNRA, donde fueron analizadas mediante filtración por membrana. Este método consiste en colocar una placa 3M™ Petrifilm™ con la ayuda de una pinza estéril en el equipo de filtración, ajustar el embudo, se añade el líquido de la muestra (100 mL), y con una bomba de vacío pasa el líquido a través del filtro, este filtro se retira con una pinza para colocarlo sobre la superficie de una caja Petri que contiene el medio de cultivo, finalmente se incuba por 48 horas [29].

Sin embargo, debido a la alta carga microbiana que se observó en las cajas Petri en la temporada seca, en la temporada lluviosa para el balneario Kawsay Yaku se usó 50 mL de la muestra de agua y 50 mL de agua tipo I, en los balnearios El Chuncho y Kukupa Rumi se usó 5 mL de la muestra y 95 mL de agua tipo I.

Posteriormente se realizó el conteo de la colonia de bacterias, donde se divide a la muestra en cuatro cuadrantes, se escoge uno, se contabiliza las bacterias de color azul (*Escherichia Coli*) y las de color rojo (coliforme), luego a ese valor se multiplica por 4, y la suma de estas son los coliformes totales y así determinar la contaminación microbiología de la zona. Sin embargo, ese procedimiento se aplicó para la temporada seca, en la temporada lluviosa se debió calcular el factor de dilución, debido a que no se usó los 100 mL total de la muestra, siendo $FD = \frac{V_d}{V_c}$; donde V_d = volumen de la solución diluida y V_c = volumen de la solución concentrada [30].

En estos casos, se contabilizó las bacterias de color azul y color rojo, sin tener que dividir en 4 cuadrantes, por lo tanto, se multiplica el valor resultante del conteo (bacterias color rojo y azul) por el FD, y la suma de estas dos bacterias son los coliformes totales.

Medición de caudales

Para la medición del caudal de los balnearios se establecieron dos transectos, un transecto más ancho y un transecto más angosto. En cada transecto se dividió el ancho (w) para 5; entonces en cada división se tomó la velocidad (v) y profundidad del río (d). Para la temporada seca en Kawsay Yaku se usó el caudalímetro que dispone el LNRA, el cual nos arroja datos de profundidad y velocidad; en los balnearios El Chunchu y Kukupa Rumi, se usó el método del flotador por la falta de equipos, el cual consiste en usar un material flotante (frasco de plástico pequeño) midiendo así la velocidad del agua de la superficie del río [31]. Para la temporada lluviosa se usó el caudalímetro en todos los puntos de muestreo. También se consideró el tipo de sustrato presente en el río, clasificados en limo (<0.059 mm de diámetro), arena (0.06-1 mm de diámetro), grava (2–15 mm de diámetro), pebble (16–63 mm de diámetro), cobble (64-255 mm de diámetro) y boulder (>256 mm de diámetro) [32].

La ecuación para determinar el caudal de un flujo de agua es la siguiente: $Q = A * v$, donde Q representa el caudal, medido en $(\frac{m^3}{s})$, A es el área del segmento transversal expresada en (m^2) , y v es la velocidad media del flujo de agua, medida en $(\frac{m}{s})$. En este contexto, la fórmula del área A se obtiene multiplicando el ancho del flujo por su profundidad media, expresado como: $A = w * d$, donde w es el ancho del flujo y d es la profundidad media, ambos expresados en metros.

Adicionalmente, si deseamos determinar el caudal utilizando el método del flotador, la fórmula sigue siendo $Q = A * v$ expresado en $(\frac{m^3}{s})$, donde A es el área del segmento transversal expresada en (m^2) . En este contexto, la velocidad (v) se define como el espacio recorrido por un flotador (e) dividido por el tiempo (t) que lleva recorrerlo, su fórmula es: $v = e/t$, expresada en (m^3/s) [31].

Análisis de datos

Pruebas estadísticas

La prueba estadística aplicada en este estudio es la prueba no paramétrica W de Wilcoxon, también conocida como T de Wilcoxon para muestras relacionadas o apareadas. Se eligió esta prueba debido a que permite determinar si hay una diferencia significativa entre puntajes de una muestra pequeña (empleando el método exacto para tamaños >29) que han sido medidos en dos momentos diferentes, específicamente durante temporada seca y lluviosa [33,34]. Se usó el programa Rstudio para el análisis de la prueba de Wilcoxon.

ICA

El índice de calidad de agua (ICA) expresa un valor numérico que indica el estado ecológico del agua. Para el cálculo de este índice se considera parámetros físicos, químicos y biológicos (mencionadas anteriormente) y se calcula con la siguiente fórmula: $ICA = \sum_{i=1}^n Wi * Qi$, donde $Wi = peso$ y $Qi = Q - valor$. El valor obtenido mediante esta fórmula se clasifica según las categorías de calidad de agua: “Excelente”, “Buena”, “Regular”, “Mala” y “Pésima” [28] (Anexo 4). Este índice se aplicó en las temporadas: seca y lluviosa.

Índice AAMBI e Índice BMWP-Col

Además de determinar la calidad del agua con el ICA, también se aplicará los índices bióticos AAMBI y BMWP/Col. Estos índices se los construye a partir de la obtención de los macroinvertebrados posteriormente separados por grupos taxonómicos a nivel de familia y así conocer su nivel de tolerancia [24]. A cada familia de macroinvertebrados acuáticos se le asignará valores entre 1 y 10, las familias más tolerantes tendrán un

valor de 1 y las familias más sensibles un valor de 10 (Anexo 13), la suma de estos valores nos dará los puntajes de los índices AAMBI y BMWP/Col (Anexo 5) [17,35].

Entonces, una vez obtenido estos valores se evaluará la calidad del agua, en temporada lluviosa y seca, teniendo como referencia las siguientes categorías: AAMBI: “Excelente”, “Muy buena”, “Buena”, “Regular” y “Mala”; BMWP/Col: I (Buena), II (Aceptable), III (Dudosa), IV (Crítica) y V (Muy crítica) (Anexo 9) [17,35,36].

Índice de calidad ambiental

IHF

El índice de hábitat fluvial de cordillera (IHF) está constituido por 7 apartados (Anexo 11) donde se evalúa los aspectos físicos del río como la inclusión de rápidos-sedimentación de pozas, frecuencia de rápidos, composición de rápidos, velocidad-profundidad, sombra en el cauce, heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática de ríos y riachuelos entre los 500 y 3200 msnm [17].

A cada apartado se le asigna valores y la suma de estos debe dar un valor de 100 [17]. El valor de 100 indica excelente hábitat fluvial y el valor de 1 significa pésima calidad de hábitat fluvial [17]. Los rangos del nivel de calidad de este índice están basados según el criterio de Acosta et al, 2009 (Anexo 6) [11].

QBR

El índice de calidad de ribera QBR-mon, es para zonas de elevación entre 500 y 3200 msnm. Tiene 7 apartados (Anexo 12), los cuales son nivel de cubierta en la zona de ribera, nivel de cubierta en la zona de recarga, estructura de la cubierta de la zona de ribera, estructura de la cubierta de la zona de recarga, presencia de especies de árboles exóticos, grado de naturalidad del canal fluvial y modificación del canal río arriba [17].

A cada apartado se le asigna valores y la suma de estos debe dar un valor de 100 [17]. El valor de 100 indica excelente calidad de la ribera y 0 pésima calidad de la ribera [17]. Los rangos del nivel de calidad de este índice están basados según el criterio de Munné et al, 2003 (Anexo 6) [37].

IPA

El Índice de presiones antropogénicas (IPA) se utiliza para evaluar las actividades humanas que pueden alterar la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial, ya sea de manera puntual o difusa (Anexo 13). Se asignan valores del 0 al 5 según el tipo de presión, y luego se suman estos valores para obtener el IPA (Anexo 7) [17].

Para evaluar el Índice de Calidad Ambiental, se toman en cuenta los puntajes de tres índices: IHF, QBR e IPA. Se suman los valores del IHF y QBR, luego, se resta este resultado con el valor del índice IPA (Anexo 8) [17]. Estos índices se aplicarán en temporada seca y lluviosa.

Índice de integridad ecológica

Para evaluar el índice de integridad ecológica de un río, sumamos el índice de Calidad Ambiental (IHF+QBR-IPA) con el índice AAMBI, este índice tiene como referencia las siguientes categorías: “Excelente”, “Muy Bueno”, “Regular”, “Malo” y “Pésimo”. Se aplicará en temporada seca y lluviosa (Anexo 8) [17].

RESULTADOS

Caudal de la cuenca media del río Tena

En esta zona de estudio, los ríos son pequeños, con cauces que varían de 1 a 25 m de ancho y caudales que oscilan entre 1 y 7 m³/seg. El balneario El Chuncho, registró mayor caudal en el punto CH1, con un valor de 6.26 m³/seg durante la temporada lluviosa y 6.05 m³/seg durante la temporada seca (Anexo 2).

Por otro lado, el balneario Kawsay Yaku, registró un menor caudal en el punto KY2, mientras que en el punto KY3 (Figura 3) se observó un incremento en el caudal (Figura 3). Por último, en el balneario Kukupa Rumi, se constató un mayor caudal en el punto KP3 y menor caudal en el punto KP1.

Aunque los caudales de los balnearios El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi presentaran valores diferentes en ambas temporadas, no se encontraron diferencias significativas entre ellas al aplicar la prueba de Wilcoxon ($p\text{-valor} < 0.05$). Los $p\text{-valor}$ de la prueba W obtenidos fueron de 0.25, 0.25 y 0.25 respectivamente (Anexo 3).

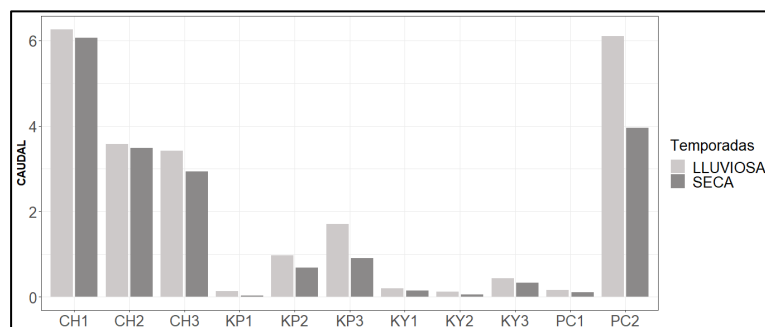


Figura 2. Comparación de los valores del caudal fluvial de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

ICA

Parámetros físicoquímicos

Durante la temporada seca, la mayoría de los puntos presentaron valores de OD entre 80 y 100 % (Tabla 2). Los valores de nitratos, fosfatos y sulfatos se mantuvieron en concentraciones bajas de 0.75 mg/L a 1 mg/L, 0.7 mg/L a 0.8 mg/L y 0.7 mg/L a 2 mg/L (Tabla 2), respectivamente. La temperatura registro valores entre 19°C a 21°C (Tabla 2). Durante la temporada lluviosa, se observó una baja saturación de OD en los puntos CH3, KP1, KP2, KP3 con valores que oscilaron entre el 60 y 70 % OD (Tabla 2).

Los valores de nitratos, fosfatos y sulfatos se mantuvieron en concentraciones de 0.4 mg/L a 0.7 mg/L, 0.3 mg/L a 0.5 mg/L y 0.5 mg/L a 9 mg/L (Tabla 2). La temperatura registro valores entre 21 °C a 24 °C (Tabla 2). Los valores de pH se mantuvieron entre 6.6 y 7.5 para todos los puntos de muestreo, en ambas temporadas (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los puntos de muestreo, para temporada seca y lluviosa. Tomado y modificado de TULSMA, 2002.

2002.											
Parámetros Fisicoquímicos										Parámetros Microbiológicos	
	PUN TO	Tur. (NTU)	TDS (mg/L)	T (°C)	pH (Units)	OD (% sat)	NO3 (mg/ L)	PO4 2- (mg/ L)	SO4 2- (mg/ L)	CF (UFC/1 00mL)	CT (UFC/10 0 mL)
TEMPORADA SECA	CH1	0.5	20.2	20.6	7.4	84.5	0.79	0.79	0.79	48	1592
	CH2	0.5	19.5	20.4	7.4	86.8	0.81	0.79	0.83	56	1816
	CH3	0.8	27.0	19.9	7.5	85.8	0.81	0.81	0.9	48	1680
	KY1	1.6	17.5	21.2	7.1	80.5	1	0.78	0.77	236	1412
	KY2	2.0	15.5	21.8	7.3	87.1	1	0.77	0.75	908	1728
	KY3	2.9	16.0	21.1	7.6	117.0	0.99	0.77	0.79	876	1948
	KP1	0.7	21.5	22.3	7.0	80	0.75	0.78	2.04	1180	1888
	KP2	1.1	22.1	21.8	7.2	80	0.88	0.77	0.91	640	1532
	KP3	0.7	21.5	20.7	7.3	83	0.88	0.77	0.86	536	1376
	PC1	0.4	23.4	20.8	7.05	71.5	0.82	0.16	2.77	120	1380
TEMPORADA LLUVIOSA	PC2	0.5	17.6	19.2	6.9	77.6	0.66	0.27	0.75	108	476
	CH1	1.0	20.2	21.4	7.0	86.6	0.43	0.59	1.06	240	2580
	CH2	1.0	20.2	21.4	6.9	80	0.47	0.34	0.61	100	2020
	CH3	0.3	20.8	21.5	6.9	63.6	0.49	0.34	0.61	100	2420
	KY1	0.6	20.8	21.6	7.0	80.6	0.71	0.36	0.61	110	280
	KY2	0.7	19.5	22.9	6.9	81.3	0.69	0.32	0.52	1272	2008
	KY3	0.7	20.2	22.8	6.9	81	0.68	0.31	0.54	864	1088
	KP1	0.4	15.0	24.1	7.0	66.7	0.44	0.59	1.32	2780	8120
	KP2	0.7	16.9	24.1	6.6	64.4	0.59	0.32	9.38	1580	8160
	KP3	0.5	16.9	24.8	6.7	67.0	0.52	0.31	0.63	2120	9440
TULSMA	PC1	0.99	22.8	20.0	6.85	71.3	0.22	0.04	8.9	10000	24960
	PC2	0.42	18.9	18.9	7.05	78.3	ND	ND	3.26	3440	17040
TULSMA	Criterios de calidad para aguas con fines recreativos					6.5 - 9	>80% OD saturación				
	Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios					Condiciones naturales +5	6.5 - 9	>80% OD saturación			
							13				

*Los valores resaltados en negrita superan el límite máximo permisible según los criterios de calidad de agua *

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Una vez obtenidos los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se determina la calidad del agua de los balnearios mediante el índice ICA, los puntos CH1, CH2 y CH3, se encuentra en la categoría “Buena” en la temporada lluviosa (Figura 4A). El punto KY1 y KY2 están en la categoría “Buena”, en ambas temporadas, el punto KY3 está en la categoría “Excelente” (Figura 4B) en la temporada seca.

En los puntos KP1, KP2 y KP3, el valor del índice ICA es más bajo en la temporada lluviosa en comparación a la temporada seca, sin embargo, esta en la categoría “Buena” (Figura 4C). Los puntos de control se encuentran en la categoría “Buena”, a excepción del punto PC1 que está en la categoría “Regular”.

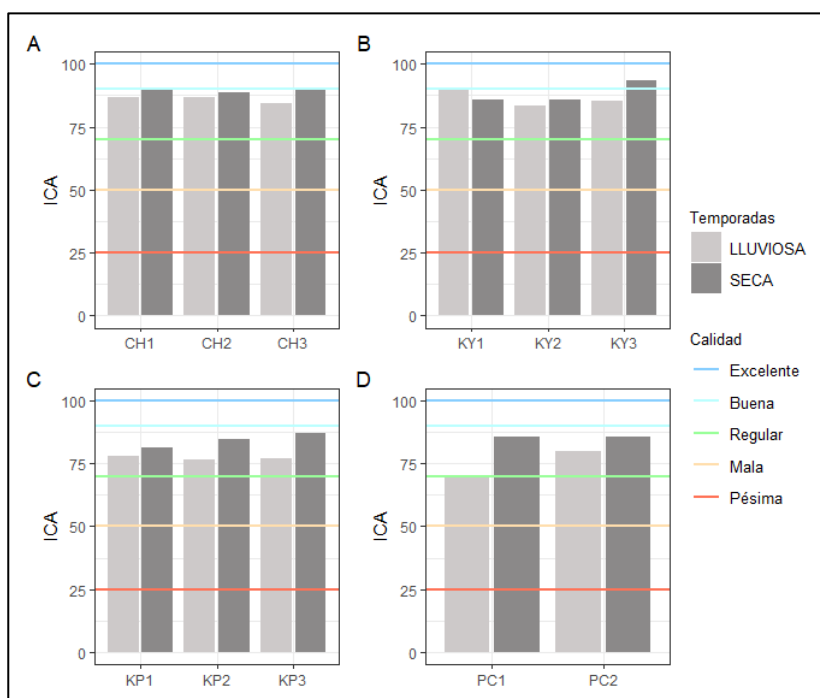


Figura 3. Comparación de los valores del índice ICA de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.
Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Índices bióticos

La comunidad de macroinvertebrados fue muy diversa en ambas temporadas distribuida en 5 clases, 13 órdenes (Anexo 12) y 40 familias, con un total de 4044 individuos (Anexo 8). En la temporada seca se encontraron 2350 individuos, distribuidos en 37 familias, donde las más representativas fueron Chironomidae (Díptera) (48.72 %), Elmidae (Coleóptera) (16.77 %), Veliidae (Hemíptera) (10.04 %) e Hydropsychidae (Tricóptera) (4.43 %). En la temporada lluviosa se encontraron 1694 individuos, distribuidos en 31 familias, predominando Chironomidae (Díptera) (50.06 %), Elmidae (Coleóptera) (18.89 %), Leptoceridae (Tricóptera) (7.02 %) e Hydropsychidae (Tricóptera) (5.02 %).

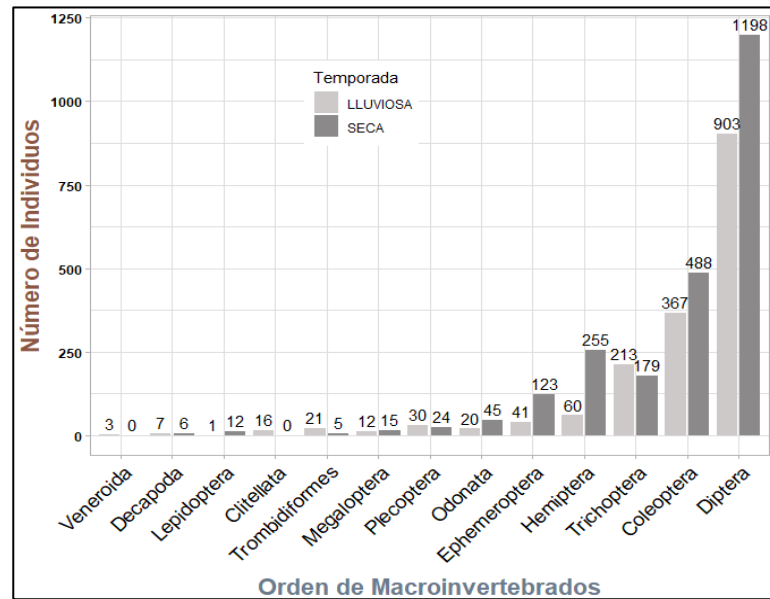


Figura 4. Total de orden de macroinvertebrados acuáticos de la zona de estudio entre la temporada lluviosa y seca.
Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

A pesar de tener mayor número de individuos de macroinvertebrados acuáticos en la temporada seca, la densidad relativa de estos organismos fue mayor en la temporada lluviosa, teniendo 3019 Ind/m² y para la temporada seca 1889 Ind/m², es importante mencionar que únicamente se usó la abundancia de macroinvertebrados colectados con la red surber. La diferencia entre la densidad relativa y la abundancia de estos organismos, puede estar relacionado con el tipo de sedimento, la profundidad y velocidad de la corriente del río, los cuales afectan el hábitat y la disponibilidad de alimento, generando variaciones en la estructura de la comunidad bentónica [38,39].

Índice AAMBI y BMWP/Col

En el Chunchu, durante la temporada seca los puntos CH1, CH2 y CH3 registraron una integridad ecológica “Muy Buena” en el índice AAMBI, sin embargo, en la temporada lluviosa la integridad ecológica cambio a “Buena” (Figura 6A). Por otro lado, el índice BMWP/Col, durante la temporada seca, registró una calidad “Buena” en los puntos CH1 y CH2; y “Aceptable” en el punto CH3. Mientras que en la temporada lluviosa los tres puntos (CH1, CH2 y CH3) registraron una calidad “Aceptable”.

En Kawsay Yaku, el punto KY1 tiene una integridad ecológica “Excelente” durante la temporada seca y “Muy Buena” durante la temporada lluviosa. Por otra parte, los puntos KY2 y KY3 registran una integridad ecológica “Buena”, en ambas temporadas, según el

índice AAMBI (Figura 6B). El índice BMWP/col, registro una calidad “Buena” con un valor de 136 (Tabla 3) para el punto KY1, es decir, aguas muy limpias, durante la temporada seca, sin embargo, su índice disminuyó a 115 para la temporada lluviosa, teniendo una calidad “Buena”, aguas no contaminadas (Tabla 3) (Figura 6F). Para el punto KY2, su calidad fue “Aceptable” en ambas temporadas, evidenciando efectos de contaminación por el balneario. Para el punto KY3 registro una calidad “Aceptable” en la temporada seca y para la temporada lluviosa registro una calidad “Dudosa”, siendo estas aguas moderadamente contaminadas (Figura 6F).

Kukupa Rumi, durante la temporada seca los puntos KP1, KP2 y KP3 tienen una integridad ecológica “Excelente”, “Buena” y “Muy Buena” respectivamente. Durante la temporada lluviosa los puntos KP1, KP2 y KP3, tienen una integridad ecológica “Muy Buena”, “Regular” y “Buena”, respectivamente (Figura 6C), mostrando una recuperación ecológica de la zona después del balneario en ambas temporadas. Por otro lado, el índice BMWP/Col, en la temporada seca, los puntos KP1 y KP3 tuvieron una calidad “Buena” y el punto KP2 “Aceptable” (Figura 6G), y en la temporada lluviosa el punto KP1 tuvo una calidad “Buena”, KP2 “Dudosa” que son aguas moderadamente contaminadas y KP3 “Aceptable”, asimismo se observa que la calidad del agua mejora después del balneario.

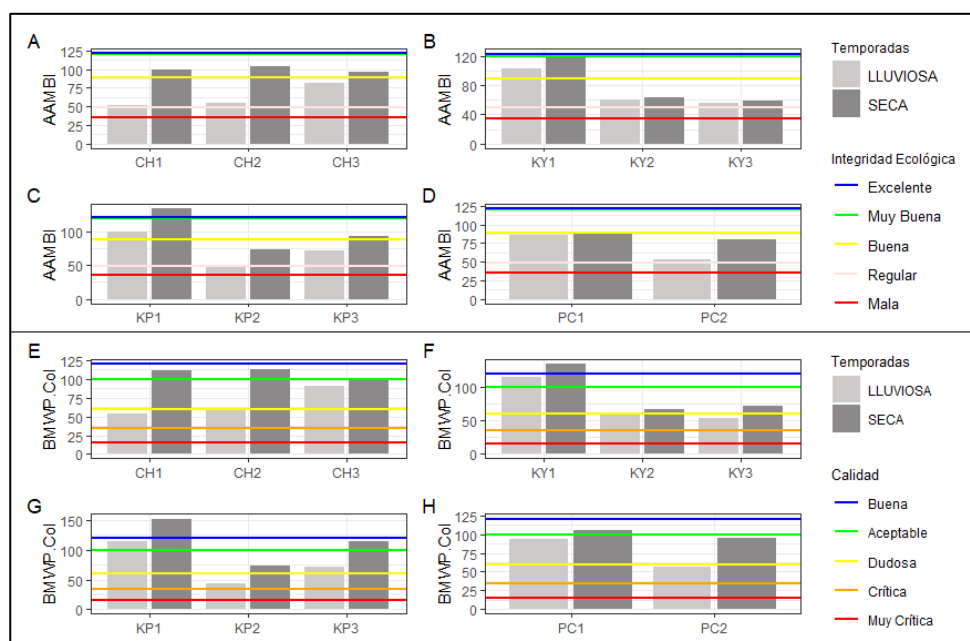


Figura 5. Índice AAMBI y BMWP-Col de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Índice de Calidad Ambiental

IHF

El hábitat fluvial de los puntos estudiados se encuentra en la categoría “Alta diversidad de hábitats”, en ambas temporadas (Figura 7). Se puede observar que los puntos río arriba y río abajo de los balnearios tienen una mejor puntuación (Tabla 3), esto es debido a que presentaron mayor concentración de hojarasca, troncos y ramas y la sombra del cauce era totalmente en sombra o sombreada con ventanas.

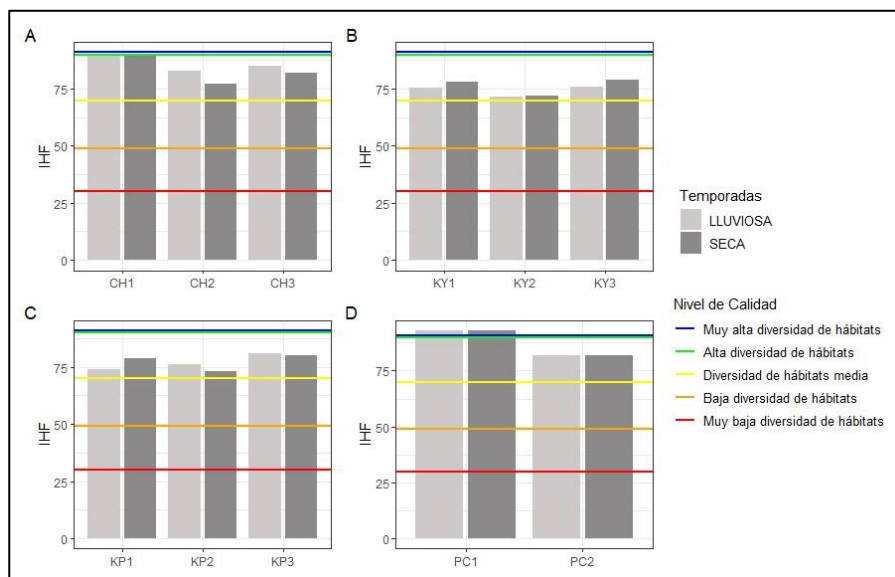


Figura 6. Comparación de los valores del Índice IHF de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.
Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

QBR

Los puntos de control mostraron una calidad muy buena del bosque ribereño, es decir vegetación sin alteraciones (Figura 8D). En el balneario El Chunchu, la calidad de bosque ribereño río arriba (CH1) fue categorizada como “Vegetación de ribera sin alteración, calidad muy buena”, con puntuaciones de 100 durante la temporada seca y 98 durante la temporada lluviosa (Tabla 3). Sin embargo, en el punto de influencia (CH2), la calidad fue intermedia en ambas temporadas y mostró signos de alteración. Por otro lado, río abajo del balneario (CH3) (Figura 8A), se observó buena calidad en ambas temporadas.

En el balneario Kawsay Yaku, se observaron diferentes niveles de calidad del bosque ribereño en sus tres puntos (Tabla 3). En el punto KY1, la calidad fue buena, con una ligera perturbación en su vegetación durante la temporada lluviosa, mientras que en la temporada seca la calidad fue muy buena, sin presentar alteraciones (Figura 8B). Sin embargo, en la zona de influencia (KY2), se identificó una mala calidad del bosque en ambas temporadas (Tabla 3). En el punto KY3, se registró una buena calidad en ambas temporadas (Figura 8B).

Finalmente, en el balneario Kukupa Rumi, se observó una calidad buena del bosque ribereño en los puntos KP1 y KP3 (Figura 8C), en ambas temporadas. Sin embargo, en la zona de influencia (KP2) se evidenció una calidad intermedia, evidenciando un inicio de alteración importante en el bosque ribereño (Figura 8C).

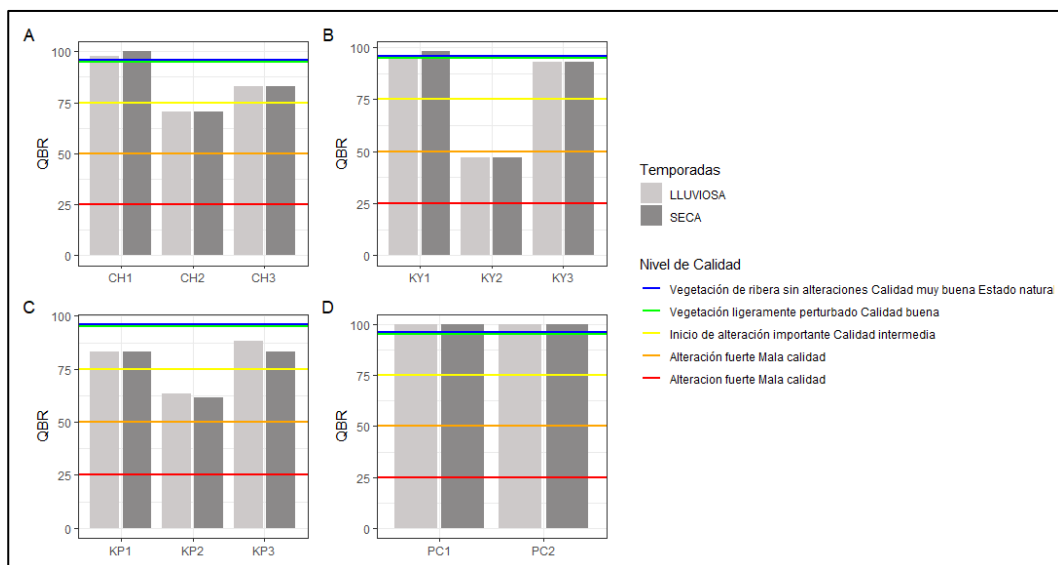


Figura 7. Comparación de los valores del Índice QBR de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

IPA

Los puntos de muestreo presentaron una puntuación baja en un rango de 1 a 12, como se muestra en la Tabla 3. A diferencia de los otros índices, los valores cercanos a cero indican la baja presencia de presiones antropogénicas, mientras que los valores superiores a 54 indican una mayor presión antropogénica (Anexo 7).

Una vez obtenidos los valores de los tres índices: IHF, QBR e IPA, se calculó el Índice de Calidad Ambiental. Durante la temporada seca, se observó una calidad ambiental Excelente y Muy Buena en la mayoría de sus puntos, excepto el punto KY2 (Figura 9B) donde la calidad ambiental fue regular. En la temporada lluviosa, el punto KY2 también mostró una calidad ambiental regular, mientras que los demás puntos se mantuvieron en las categorías de Excelente y Muy Buena (Figura 9).

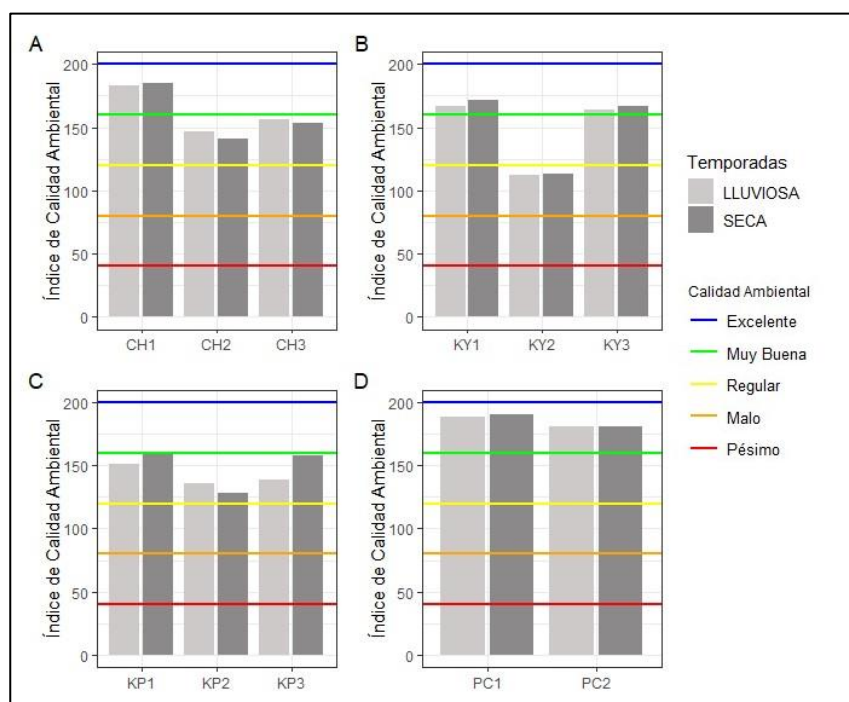


Figura 8. Comparación de los valores del Índice de Calidad Ambiental de los puntos de muestreo entre la temporada lluviosa y seca.
Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Índice de integridad ecológica

Durante la temporada seca, solo los puntos CH1, KY1 y KP1 tuvieron una integridad ecológica “Excelente”, mientras que los demás puntos mostraron una calidad “Muy Buena”. Sin embargo, los puntos de la zona de influencia KY2 y KP2 presentaron una integridad ecológica “Regular” (Tabla 3) (Figura 10). Durante la temporada lluviosa, la mayoría de los puntos mantuvieron una integridad ecológica “Muy Buena”, excepto los puntos de influencia CH2, KY2 y KP2, los cuales tuvieron una integridad ecológica “Regular” (Tabla 3) (Figura 10).

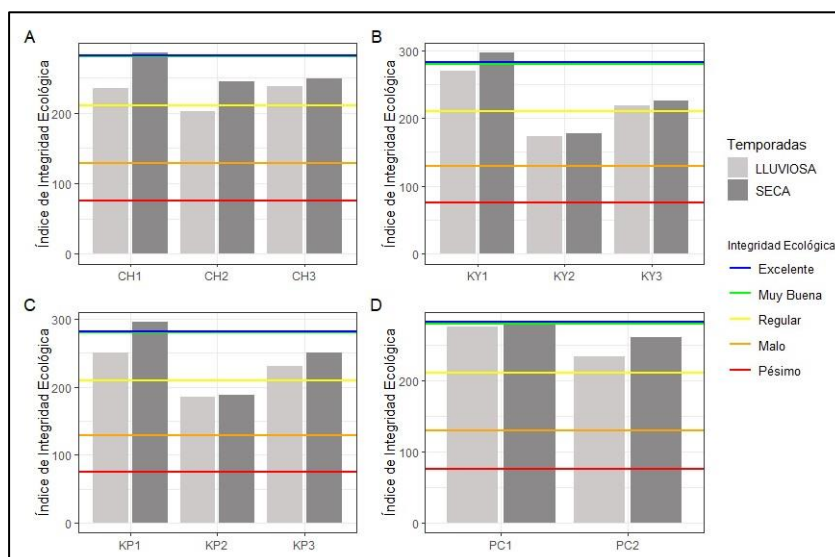


Figura 9. Comparación de los valores del Índice de Integridad Ecológica de los puntos de muestreo.

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Tabla 3. Valores de los ocho índices calculados para la zona de estudio.

	PUNTO	Índice ICA	Índice AAMBI	Índice BMWP/Col	Índice IHF	Índice QBR	Índice IPA	Índice Calidad Ambiental	Índice de Integridad Ecológica
TEMPORADA SECA	CH1	91	100	112	90	100	6	185	285
	CH2	89	104	113	77	70.5	6.5	141	245
	CH3	91	96	100	82	83	12	153	249
	KY1	86	124	136	78	98	4	172	296
	KY2	86	64	68	72	47	6.5	113	177
	KY3	94	59	73	79	93	5	167	226
	KP1	81	135	153	79	88	6.5	161	296
	KP2	85	60	67	73	61.5	6.5	128	188
	KP3	87	93	115	80	83	5	158	251
	PC1	86	91	106	91	100	1	190	281
TEMPORADA LLUVIOSA	PC2	86	80	95	82	100	1	181	261
	CH1	87	52	54	90	98	6	183	235
	CH2	87	55	61	83	70.5	6.5	147	202
	CH3	85	82	91	85	83	12	156	238
	KY1	89	102	115	75.5	98	4	170	272
	KY2	84	61	63	71.5	47	6.5	112	173
	KY3	85	55	54	76	93	5	164	219
	KP1	78	100	114	74	83	6.5	151	251
	KP2	76	49	43	81	61.5	6.5	136	185
	KP3	77	72	72	81	83	5	159	231
	PC1	70	86	94	93	100	1	192	278
	PC2	80	53	56	82	100	1	181	234

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

DISCUSIÓN

Caudal de la cuenca media del río Tena

A pesar de los caudales bajos, se evidenció refugios para la biota acuática, como pozas y materia orgánica (troncos y hojas) que sirve de hábitats para los macroinvertebrados acuáticos [40,41]. Es importante mencionar que los ríos de estos balnearios son perennes, lo que significa que nunca dejan de tener agua y presentan escasas fluctuaciones [42]. Por lo tanto, no se observaron cambios notorios entre las temporadas. Eventos intensos de precipitación y lluvias en esta zona generarían una escorrentía fuerte y, como resultado, un aumento notable en el caudal del río [43].

ICA

Es importante señalar que valores entre el 70-100 % de OD se consideran adecuados para mantener la vida en los ecosistemas acuáticos, asimismo valores superiores al 100 % ocasionan una sobresaturación siendo perjudicial para el ecosistema, ocasionando cambios en la composición y distribución de especies, así como cambios en la descomposición de materia orgánica [44,45].

En el punto KY3 se puede observar una sobresaturación en la temporada seca (Tabla 2). Algunos puntos mostraron valores inferiores al límite permisible establecido por el TULSMA para los criterios de calidad de agua con fines recreativos y para la preservación de la vida acuática y silvestre (Tabla 2). Ambos criterios señalan que el OD no será menor al 80 % OD sat. (Tabla 2) [26].

Es posible que el cambio en el porcentaje de OD esté relacionado con el cambio de temperatura, ya que se observan valores altos de temperatura en los puntos KP1, KP2, KP3 (Tabla 2), durante la temporada lluviosa. Cabe destacar que el incremento de temperatura en los ecosistemas acuáticos disminuye los niveles de OD, y viceversa [44,46].

No se encontró diferencias significativas en la temperatura de los balnearios El Chunchu y Kawsay Yaku y Kukupa Rumi a nivel de temporada, teniendo un p-valor de 1, 0.2 y 0.25, respectivamente en la prueba de Wilcoxon (en adelante W) (Anexo 3).

La baja saturación de OD hace que los organismos anaeróbicos proliferen, lo que puede conducir a la degradación de la materia por proceso anaeróbico y a la generación de sustancias perjudiciales para el ecosistema acuático, además de generar olores desagradables [47,48]. El pH se encuentra dentro de los límites permitidos establecidos por el TULSMA (Tabla 2). Al realizar la prueba W en los balnearios El Chuncho y Kawsay Yaku y Kukupa Rumi no se encontraron diferencias significativas entre las temporadas. Los valores de p-valor fueron de 0.25, 0.25 y 0.5 respectivamente (Anexo 3).

Los niveles de nitrato registran concentraciones bajas en los puntos de muestreo, y cumplen con la normativa ecuatoriana. Sin embargo, a medida que avanzamos a lo largo del río, se observa un incremento en sus valores. Este aumento en la presencia del ion a lo largo del río puede atribuirse al uso de fertilizantes que contienen nitrato, además, sus valores se encuentran dentro del límite permisible del TULSMA [49]. Al realizar la prueba de W, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de nitrato en los tres balnearios: El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, los valores de p-valor fueron de 0.25, 0.25 y 0.25, respectivamente (Anexo 3).

Por otro lado, para los iones fosfatos no se encontraron diferencias significativas entre las temporadas en los tres balnearios: El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, los valores de p-valor fueron de 0.25, 0.25 y 0.25, respectivamente. Para los iones sulfatos el p-valor fue de 0.75, 0.25 y 1 para los balnearios El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, respectivamente (Anexo 3).

La discrepancia en las unidades de medida entre el TULSMA y las normativas de otros países, como el Decreto Ejecutivo No.75 de Panamá y un estudio realizado por Janke et al. (2006) de la Universidad de Kansas, se basan en que el TULSMA usa unidades más probables (NMP/100mL) para evaluar la concentración de coliformes fecales y totales, mientras que, tanto la normativa panameña como el enfoque de Janke utilizan unidades formadoras de colonias (UFC/100mL) con el mismo propósito [50,51].

En esta investigación, los resultados se expresan en UFC/100mL, por lo que no son comparables con los criterios de calidad de agua establecidos por el TULSMA, sin embargo, concuerdan con valores establecidos por la normativa panameña y el estudio de Janke. Según la normativa panameña, los coliformes fecales para uso recreativo con contacto directo, establece que serán <250 coliformes fecales/100 mL.

Al analizar nuestros resultados, se observa algunos sitios exceden este umbral. Específicamente, los sitios KY2, KY3, KP1, KP2, KP3 en ambas temporadas y PC1 Y PC2 en temporada lluviosa presentan concentraciones de coliformes fecales superiores a 250 UFC/100mL [50].

Al comparara los resultados obtenidos en la Tabla 2, con los estándares de calidad definidos por el estudio de Janke et al., que establece que el agua segura para usos recreativos por contacto (natación, buceo, etc.), deben tener <200 UFC/100mL para coliformes fecales y <2000 UFC/100mL para coliformes totales. Los balnearios de Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, en ambas temporadas superan los límites recomendados tanto para coliformes fecales y totales. Esto indica que, desde la perspectiva de los criterios establecidos por Janke et al., la calidad microbiológica del agua en estos lugares no sería apta para usos recreativos por contacto directo, como la natación [51].

Los niveles de coliformes fecales y totales, fueron más altos durante la temporada lluviosa, debido a que la lluvia arrastra desechos orgánicos y otros contaminantes de las áreas cercanas hacia el río [52]. Sin embargo, existen otras fuentes de contaminación que deben ser consideradas, como las descargas de agua de las viviendas aledañas a estos balnearios, puesto que no cuentan con alcantarillado [7].

Esta contaminación fecal, representa una amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y la economía de los propietarios de estos sitios, así como un riesgo sanitario para los turistas que los visitan. Aunque los coliformes fecales, como la *Escherichia Coli*, generalmente son inofensivos, se han registrado casos en los que ha causado infecciones en personas débiles o inmunosuprimidos, las infecciones pueden ser: infección del tracto urinario, meningitis y enfermedad diarreica [53].

Al aplicar la prueba W, no se encontraron diferencias significativas en el índice ICA para los balnearios El Chunchu, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi con valores de p de 0.25, 0.75 y 0.25, respectivamente (Anexo 3). No obstante, es importante resaltar que este índice solo proporciona información específica y no refleja las posibles alteraciones a largo plazo en los ecosistemas, a diferencia de lo que hacen los macroinvertebrados acuáticos [54]. En general, se puede considerar que la calidad del agua en estos puntos de muestreo es Buena.

Índices bióticos

Índice AAMBI y BMWP/Col

El orden Díptera fue el más abundante en este estudio, con el mayor número de individuos registrados (Figura 5). La familia más frecuente dentro de este estudio fue Chironomidae (Tabla 3), estos organismos son propios de aguas contaminadas por materia orgánica en descomposición [55]. En segundo lugar, encontramos el orden Coleóptera (Figura 5), cuyos organismos suelen habitar en aguas limpias con altas concentraciones de oxígeno y temperatura media [27]. También se identificó el orden Tricóptera (Figura 5), el cual es indicativo de aguas claras y de buena calidad. Dentro de este orden, la familia Hydropsychidae mostró una mayor presencia (Tabla 3) y es conocida por tolerar aguas con contaminación moderada [17]. Por último, se registró la presencia de Hemíptera que son predadores de organismos acuáticos [56].

Las comunidades de macroinvertebrados presentan variabilidad en las dos temporadas del año (Anexo 14). Durante la temporada lluviosa, se observó un aumento en la temperatura (Tabla 3), lo cual puede tener un impacto negativo en estos organismos debido a que son sensibles a las fluctuaciones térmicas [57]. Como resultado, se observó una disminución tanto en el número de individuos (Tabla 3) como en el número de familias. Estos resultados son consistentes con un estudio previo realizado en el río Alambí, en Quito, donde Giacometti y Bersosa (2006) mencionaron que el aumento del caudal durante la época lluviosa influyó en un menor registro de número de individuos y especies de macroinvertebrados en comparación con la época seca [58].

La baja diversidad de macroinvertebrados en la temporada lluviosa puede ocurrir debido al aumento de caudal por las lluvias, la velocidad del agua puede remover los sustratos donde los macroinvertebrados habitan, como troncos, hojarasca y piedras [59,60]. Esta remoción de sustratos afecta el hábitat de los macroinvertebrados, alterando la disponibilidad de recursos y, a su vez, influyendo en la composición y diversidad de estas comunidades en diferentes temporadas del año [61,62]. Según el análisis de Wilcoxon para los balnearios El Chunchu, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi los p-valor son de 0.5, 0.25 y 0.75, no se encontró una diferencia significativa entre los balnearios en términos de diversidad de macroinvertebrados acuáticos (Anexo 3).

Para los índices AAMBI y BMWP-Col, se observa menor calidad de agua en la zona de influencia, en comparación con río arriba y río abajo, esto ocurre porque sus puntos antes y después de los balnearios tienen mejor cobertura ribereña y menor actividad antrópica. En los balnearios, las actividades humanas como la deforestación, contaminación, fragmentación y construcción de diques, entre otras, pueden tener un impacto en el ecosistema [63].

Específicamente, la construcción de diques y la alteración del flujo natural de los ríos pueden tener efectos en la velocidad del agua, la profundidad y el ancho del cauce, lo que a su vez ocasiona cambios en el hábitat acuático y perturba las poblaciones de plantas y animales, además de influir en las tasas de reproducción de invertebrados y peces [63].

Índice de Calidad Ambiental

IHF

No se encontraron diferencias significativas entre las temporadas para los balnearios El Chunchu, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, teniendo un p-valor de 0.5, 0.25 y 0.75, respectivamente (Anexo 3). Los balnearios tuvieron un valor más bajo con referencia río arriba y río abajo, esto es debido a la actividad turística de la zona, y la construcción de diques para recrear una piscina natural, por eso en los balnearios no se encontró gran concentración de hojarasca, troncos y ramas.

Estos resultados coinciden con un estudio realizado por Martínez et al, 2022, en el balneario Hurtado, Colombia, el cual menciona que el hábitat fluvial del balneario Hurtado, resultó ser el más afectado a causa de la actividad turística y comercial, que se refleja en el ancho del río, construcciones civiles que afectan el hábitat fluvial [64].

QBR

Los puntos específicos donde se encuentran los balnearios evidenciaron alteraciones en la calidad del bosque ribereño, esto es debido a la deforestación causada por actividades antrópicas, como la construcción de canchas de fútbol, vóley, cabañas para la venta de comida y estructuras rígidas intermitentes que modifican el cauce del río, con el objetivo de proporcionar una piscina natural a los visitantes.

Estos espacios son usados con fines recreativos y turísticos por los visitantes del lugar. No se observaron variaciones temporales en los valores del Índice de Calidad de Ribera del Bosque (p -valor = 1, para los tres balnearios) (Anexo 3), lo cual coincide con investigaciones previas realizadas por Suárez et al. (2002) y Fernández et al. (2009). Estos estudios sostienen que el índice no varía a lo largo del tiempo, ya que solo considera la presencia de árboles, arbustos, matorrales y solo experimentaría cambios en situaciones de inundaciones y deforestaciones que afecten la cobertura total y la calidad del bosque ribereño [65,66].

IPA

No se encontraron diferencias significativas en el índice de presión antrópica (p -valor = 0.5, para los tres balnearios) (Anexo 3), entre las temporadas evaluadas, debido a que los valores del índice se mantuvieron constantes en ambas temporadas. Entre las presiones puntuales identificadas en los puntos de muestreo, tenemos la extracción de agua (bocatomas) para consumo humano y la presencia de basura en las orillas del río. Estas presiones podrían afectar el caudal del río comprometiendo su calidad y su funcionamiento. Por otro lado, dentro de las presiones difusas se encuentran los caminos vecinales y carreteras cercanas al río, afectando el entorno de la zona [17].

El Índice De Calidad Ambiental no mostró diferencias significativas entre las temporadas para los balnearios El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi (p -valor 0.5, 0.25 y 1, respectivamente) (Anexo 3). El balneario Kawsay Yaku (KY2) mostró una calidad regular en ambas temporadas. Se identificó que actividades antrópicas, como la deforestación, el desperdicio de basura y la reducción del caudal del río, están influyendo en la calidad ambiental de este balneario. Es importante emprender acciones para restaurar y mejorar la calidad ambiental de este lugar.

Índice de integridad ecológica

El estado de la integridad ecológica de los balnearios El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi, fue regular en ambas temporadas, excepto para CH2 durante la temporada seca, además no mostró diferencias significativas entre las temporadas (p -valor de 1 para el balneario Kawsay Yaku y para El Chuncho y Kukupa Rumi un p -valor de 0.25) (Anexo 3).

Estos resultados indican que los impactos antrópicos están teniendo un efecto negativo en los ecosistemas de estos balnearios, resaltando la importancia de tomar medidas para mejorar la integridad ecológica y así conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Además de contribuir a la salud de los ecosistemas acuáticos, esto garantizará un entorno saludable para los turistas. Es importante mencionar que una integridad ecológica excelente o muy buena atraerá a un mayor número de visitantes, generando beneficios económicos a la comunidad local.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este proyecto de investigación proveen información importante sobre la integridad ecológica de los balnearios El Chuncho, Kawsay Yaku y Kukupa Rumi. Estos balnearios en ambas temporadas presentaron en su mayoría una calidad de agua categorizada como “Buena” o “Excelente”, según el índice ICA. Sin embargo, en algunos puntos de muestreo se observa una ligera disminución del puntaje durante la temporada lluviosa por lo que se sugiere monitorear continuamente la calidad del agua para mantener y mejorar la calidad en los puntos que presentan valores inferiores

En cuanto a la diversidad de macroinvertebrados, se encontraron patrones estacionales, teniendo mayor cantidad de individuos durante la temporada seca. En este estudio, el orden Díptera fue el más abundante, indicando la presencia de aguas contaminadas por materia orgánica en descomposición. También se tuvo el orden Coleóptera y Tricóptera, indicando aguas limpias y de buena calidad. Durante la temporada lluviosa, se observó una disminución en el número de individuos y familias debido al aumento de caudal y las variaciones de temperatura. Aunque la temporada seca registro más individuos, la densidad relativa fue mayor en la temporada lluviosa debido a factores como el tipo de sedimento y la corriente del río. El índice AAMBI muestra una calidad generalmente “Buena” y el índice BMWP/Col una calidad “Aceptable” en la mayoría de sus puntos, en algunos puntos mostró recuperación después del balneario.

Por otra parte, la calidad del bosque ribereño mostró variabilidad en los diferentes puntos de muestreo, con una mejor calidad río arriba y una mayor alteración en los puntos de influencia y río abajo. La deforestación y la construcción de infraestructuras turísticas fueron las principales causas de alteración en estos ecosistemas.

En conclusión, los balnearios presentan una integridad ecológica regular, por lo que es fundamental implementar medidas de conservación y manejo adecuadas en estos balnearios para proteger la calidad del agua, preservar la biodiversidad acuática y mantener la calidad ambiental. Es necesario buscar un equilibrio entre el desarrollo turístico y la sostenibilidad ambiental, con el objetivo de minimizar los impactos negativos y garantizar la salud a largo plazo de estos ecosistemas fluviales. Además, es importante la educación ambiental para promover el uso responsable de estos espacios naturales, por parte de los turistas y las comunidades locales.

RECOMENDACIÓN

Se sugiere para investigaciones futuras que se compare la integridad ecológica de los balnearios del río Tena con otro río en la misma ciudad que carezca de balnearios, actuando como un punto de control. Además, sería importante realizar comparaciones entre los balnearios, considerando la presencia o ausencia de turistas.

Se recomienda llevar a cabo encuestas o entrevistas para obtener información directa sobre el manejo de descargas de agua doméstica en el sector, a fin de obtener una comprensión más completa de los factores que influyen en la integridad ecológica, calidad ambiental y calidad del agua de estos balnearios.

REFERENCIAS

1. Hernández Vargas O, Mancilla Villa ÓR, Palomera García C, et al. Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del río Tuxcacuesco, Jalisco, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2020;36(3):689-701.
2. Usio N, Imada M, Nakagawa M, et al. Effects of pond draining on biodiversity and water quality of farm ponds. *Conservation Biology*. 2013;27(6):1429-1438.
3. Chávez JAV. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2018;35:304-308.
4. Ríos-Villamizar EA, Piedade MT, Junk WJ, et al. Surface water quality and deforestation of the Purus river basin, Brazilian Amazon. *International Aquatic Research*. 2017;9(1):81-88.
5. Ramírez CAS. Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U; 2021.
6. Tena GM. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y PLAN DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO. 2020.
7. Vásconez D. San Juan de Muyuna Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural. 2020.
8. Karr JR, Dudley DR. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*. 1981;5:55-68.
9. Di Battista T, Fortuna F, Maturo F. Environmental monitoring through functional biodiversity tools. *Ecological Indicators*. 2016;60:237-247.
10. O'Brien A, Townsend K, Hale R, et al. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. *Ecological Indicators*. 2016;69:722-729.
11. Acosta R, Ríos B, Rieradevall M, et al. 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*. 2009;28(1):035-64.
12. Ludwig D, Walker B, Holling CS. Sustainability, stability, and resilience. *Conservation Ecology, Ecology and Society*. 1997;1(1).
13. Gorde S, Jadhav M. Assessment of water quality parameters: a review. *J Eng Res Appl*. 2013;3(6):2029-2035.
14. ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA. 2016.
15. Akter T, Jhohura FT, Akter F, et al. Water Quality Index for measuring drinking water quality in rural Bangladesh: a cross-sectional study. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2016;35:1-12.
16. PINO SL, BARROS DV, SISALEMA LA, et al. El costo de remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador. *ESPACIOS*. 2021;42(04):102-120.
17. Encalada A, Guayasamín J, Suárez E, et al. Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo. Quito, Ecuador: Trama. 2019.
18. Carrera Reyes C, Fierro Peralbo K. Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*; 2001.
19. McGeoch MA, Chown SL. Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology & Evolution*. 1998;13(2):46-47.
20. Dudgeon D. *Tropical stream ecology*. Elsevier; 2011.
21. Stein H, Springer M, Kohlmann B. Comparison of two sampling methods for biomonitoring using aquatic macroinvertebrates in the Dos Novillos River, Costa Rica. *Ecological engineering*. 2008;34(4):267-275.
22. Agouridis CT, Wesley ET, Sanderson TM, et al. Aquatic macroinvertebrates: Biological indicators of stream health. 2015.
23. Alván Aguilar M, Ochoa Vásquez M, Tuesta Pérez S, et al. Macroinvertebrados acuáticos, bioindicadores de calidad de quebradas del área de influencia de los ríos Nanay e itaya: guía fotográfica de los principales grupos taxonómicos. 2020.
24. Roldán Pérez GA. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Medellín, CO: Edit. Universidad de Antioquia; 2003.
25. Garófano-Gómez V, Martínez-Capel F, Peredo Parada MM, et al. Assessing hydromorphological and floristic patterns along a regulated Mediterranean river: The Serpis River (Spain). *Limnetica*. 2011;30(2):307-328.
26. TULSMA LV. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. TULSMA Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente. 2002:286-339.
27. Terneus E, Hernández K, Racines MJ. Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. 2013.
28. Cál muc V-A, Cál muc M, Jopa MC, et al. Various methods for calculating the water quality index. 2018 (41):171-178.

29. Suárez KL. Validación del método filtración por membrana para análisis microbiológico de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en aguas marinas. Boletín Científico CIOH. 2015;33:215-220.
30. Salinas JG, García R. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. CIAT; 1985.
31. Alcántara García JJ, Huaman Villegas J. Determinación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua para uso recreacional en la parte alta del río Cumbaza. 2020.
32. Mochnacz NJ, Reist JD. Biological and Habitat Data for Fish Collected During Stream Surveys in the Sahtu Settlement Region Northwest Territories, 2006. Citeseer; 2007.
33. Expósito Ruiz M, Femia Marzo PJ, Acal González CJ, et al. BioestadísticaR: Guion Práctica 7. Test de comparación de dos medias en R. 2021.
34. Bautista-Díaz ML, Victoria-Rodríguez E, Vargas-Estrella LB, et al. Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas: su clasificación, objetivos y características. Educación y salud boletín científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. 2020;9(17):78-81.
35. Campo YM, Rebolledo MIC, Londoño AMJ. Comparison of Water Quality Between Two Andean Rivers by Using the BMWP/COL. and ABI. Indices. Acta Biológica Colombiana. 2019;24(2).
36. Tafur CM, Revilla MH, Ruiz WP, et al. El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. Sciendo. 2010;13(1-2).
37. Munné A, Prat N, Solà C, et al. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems. 2003;13(2):147-163.
38. Salvatierra T. Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas en tres microcuencas en Tola, Rivas, Nicaragua. Revista Científica Agua y Conocimiento. 2014;1(1):1-12.
39. Bojsen BH, Jacobsen D. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. Archiv für Hydrobiologie. 2003;158(3):317-342.
40. Bonada N, Cañedo-Argüelles M, Gallart F, et al. Conservation and management of isolated pools in temporary rivers. Water. 2020;12(10):2870.
41. Datry T, Larned ST, Tockner K. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. BioScience. 2014;64(3):229-235.
42. Burgos R, Ordóñez L, Valle D. Indicadora de calidad de agua. 2012.
43. Elosegui A. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA; 2009.
44. Carrillo López D, Carvajal Aguilar S, Coto Campos J, et al. Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005-2010. 2013.
45. Best M, Wither A, Coates S. Dissolved oxygen as a physico-chemical supporting element in the Water Framework Directive. Marine pollution bulletin. 2007;55(1-6):53-64.
46. Lessard JL, Hayes DB. Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. River research and applications. 2003;19(7):721-732.
47. Flanagan PJ. Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards. Environmental Research Unit, Ireland. 1992;Second Edition.
48. Thongnueakhaeng W, Chaiprasert P. Effect of dissolved oxygen concentrations on specific microbial activities and their metabolic products in simultaneous sulfur and nitrogen removal. International Journal of Environmental Science and Development. 2015;6(4):235.
49. Cieszyńska M, Wesolowski M, Bartoszewicz M, et al. Application of physicochemical data for water-quality assessment of watercourses in the Gdansk Municipality (South Baltic coast). Environmental monitoring and assessment. 2012;184:2017-2029.
50. Ejecutivo Ó. 2008 Decreto Ley N° 7 del 20 de agosto del 2008. 2008.
51. Janke R, Moscou R, Powell M. Citizen science water quality testing series, PK-13 W-6 total coliform and *E. coli* bacteria. Kansas State University. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service. 2006.
52. Cardona AJ. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. 2003.
53. Nataro JP, Kaper JB. Diarrheagenic *Escherichia coli*. Clinical microbiology reviews. 1998;11(1):142-201.
54. FORERO-CÉSPEDES A, Reinoso-Flórez G, Gutiérrez C. Evaluación de la calidad del agua del río Opía (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Caldasia. 2013;35(2):371-387.
55. Arroyo C, Encalada AC. Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías. 2009;1(1).
56. Martínez AM, Baena M, Figueroa JI, et al. Primer registro de *Engytatus varians* (Distant)(Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en México y su depredación sobre *Bactericera cockerelli* (Šulc)(Hemiptera: Triozidae): una revisión de su distribución y hábitos. Acta zoológica mexicana. 2014;30(3):617-624.
57. Bergkamp G, Orlando B, editors. Wetlands and climate change. Exploring collaboration between the Convention on Wetlands and the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ramsar: World Conservation Union (IUCN); 1999.

58. Giacometti JC. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín Técnico, Serie Zoológica. 2006;6(2).
59. Suren AM, Jowett IG. Effects of floods versus low flows on invertebrates in a New Zealand gravel-bed river. Freshwater Biology. 2006;51(12):2207-2227.
60. Dong R, Wang Y, Lu C, et al. The seasonality of macroinvertebrate β diversity along the gradient of hydrological connectivity in a dynamic river-floodplain system. Ecological Indicators. 2021;121:107112.
61. Endara A. Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. Enfoque UTE. 2012;3(2):33-41.
62. Dewson ZS, James AB, Death RG. A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. Journal of the North American Benthological Society. 2007;26(3):401-415.
63. Montoya JV, Castillo MM, Sánchez L. La importancia de las inundaciones periódicas para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas inundables de grandes ríos tropicales: estudios en la cuenca del Orinoco. Interciencia. 2011;36(12):900-907.
64. Martínez-García N, Royero-Ibarra A, Navarro-Sining BA, et al. Determinación de los índices BMWP/COL,(QBR),(IHF) e ICO en Valledupar, Colombia. Revista Politécnica. 2022;18(35):110-127.
65. Suárez M, Vidal-Abarca Gutiérrez MR, Sánchez-Montoya MdM, et al. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. Limnetica, 2002, vol 21, num 3-4, p 135-148. 2002.
66. Fernández L, Rau J, Arriagada A. Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41° 28'S; 72° 59'O) utilizando el índice QBR. Gayana Botánica. 2009;66(2):269-278.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de coordenadas de los once puntos de muestreo para la colecta de macroinvertebrados y muestras de agua.

SITIOS	CÓDIGO	FECHA	COORDENADAS		ALTITUD
			Latitud (S)	Longitud (W)	
BALNEARIO "EL CHUNCHO"	CH1	29/7/2022	0°55.180	77°52.856	740
	CH2	29/7/2022	0°55.261	77°52.847	733
	CH3	29/7/2022	0°55.510	77°52.551	702
BALNEARIO "KAWSAY YAKU"	KY1	10/8/2022	0°56.253	77°52.977	701
	KY2	29/7/2022	0°56.272	77°52.845	670
	KY3	10/8/2022	0°56.218	77°52.762	669
BALNEARIO "KUKUPA RUMI"	KP1	16/8/2022	0°56.372	77°52.647	675
	KP2	29/7/2022	0°56.493	77°52.389	643
	KP3	29/7/2022	0°56.772	77°51.984	626
PUNTO CONTROL	PC1	18/01/2023	0°56.591	77°52.158	615
	PC2	19/1/2023	0°56.453	77°53.470	788

Realizado por: Yánez, Skarlet, 2023.

Anexo 2. Valores del Caudal de los once puntos de muestreo, ambas temporadas.

Código	Temporada Seca	Temporada Lluviosa
	Q (m3/s)	Q (m3/s)
CH1	6.058	6.263
CH2	3.479	3.580
CH3	2.934	3.414
KY1	0.149	0.198
KY2	0.06	0.113
KY3	0.330	0.429
KP1	0.026	0.137
KP2	0.68	0.976
KP3	0.91	1.701
PC1	0.10	0.160
PC2	3.96	6.101

Realizado por: Yánez, Skarlet, 2023.

Anexo 3. Pruebas estadísticas (método exacto) de Wilcoxon.

Parámetros fisicoquímicos	Balneario El Chunchu	Balneario Kawsay Yaku	Balneario Kukupa Rumi
Temperatura	1	0.25	0.25
pH	0.25	0.25	0.5
NO3	0.25	0.25	0.25
PO4	0.25	0.25	0.25
SO4	0.75	0.25	1
ÍNDICES	Balneario El Chunchu	Balneario Kawsay Yaku	Balneario Kukupa Rumi
ICA	0.25	0.75	0.25
IHF	0.5	0.25	0.75
QBR	1	1	1
IPA	0.5	0.5	0.5
Índice de Calidad Ambiental	0.5	0.25	1
Índice de Integridad Ecológica	0.25	1	0.25
OTROS	Balneario El Chunchu	Balneario Kawsay Yaku	Balneario Kukupa Rumi
Caudal	0.25	0.25	0.25
Diversidad de Macroinvertebrados acuáticos	0.5	0.25	0.75

Realizado por: Yánez, Skarlet, 2023.

Anexo 4. Tabla de valores del Índice de

Calidad de Agua.

Valor	Calidad de agua
91 a 100	Excelente
71 a 90	Buena
51 a 70	Regular
26 a 50	Mala
0 a 25	Pésima

Anexo 5. Calidad del índice BMWP/Col y AAMBI.

Clase	BMWP	Valor	Significado	Valor	AAMBI
I	Buena	>121	Aguas muy limpias	>121	Excelente
		101-120	Aguas no contaminadas		
II	Aceptable	61-100	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	90-120	Muy Buena
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	50-89	Buena
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	36-49	Regular
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	<35	Mala

Fuente: Encalada et al, 2019; Tafur et al, 2010.**Anexo 6.** Rangos de Calidad para el Índice IHF y QBR.

Nivel de Calidad	IHF	Nivel de calidad	QBR	Color Representativo
Muy alta diversidad de hábitats	>90	Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. Estado natural	≥ 96	Azul
Alta diversidad de hábitats	71-90	Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena	76-95	Verde
Diversidad de hábitats media	50-70	Inicio de alteración importante. Calidad intermedia	51-75	Amarillo
Baja diversidad de hábitats	31-49	Alteración fuerte. Mala calidad	26-50	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	<30	Degradación extrema. Calidad pésima	≤ 25	Rojo

Fuente: Acosta et al, 2009; Munné et al, 2003.

Anexo 7. Valores del Índice de Presión Antropogénica.

Presión Antropogénica	Valor
Baja	Entre 0 y 17
Media	Entre 18 y 35
Fuerte	Entre 36 y 53
Muy Fuerte	Mayor a 54

Fuente: Encalada et al, 2019.

Anexo 8. Valores del Índice de Calidad Ambiental y de integridad ecológica.

Valor	Calidad Ambiental	Valor	Integridad Ecológica
161 a 200	Excelente	>282	Excelente
121 a 160	Muy Bueno	211 a 280	Muy Bueno
81 a 120	Regular	130 a 210	Regular
41 a 80	Malo	76 a 129	Malo
0 a 40	Pésimo	<75	Pésimo

Fuente: Encalada et al, 2019.

Anexo 9. Tabla de las familias de macroinvertebrados presentes en los once puntos de muestreo, durante ambas temporadas.

Clase	Orden	Familia	TEMPORADA SECA										TEMPORADA LLUVIOSA												
			CH1	CH2	CH3	KY1	KY2	KY3	KP1	KP2	KP3	PC1	PC2	CH1	CH2	CH3	KY1	KY2	KY3	KP1	KP2	KP3	PC1	PC2	
Arachnida	Trombidiformes	Hydrachnidae	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-		
		Mideopsidae	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	2		
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-		
		Lamproyidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Coleoptera	Ptilodactylidae	-	1	-	8	3	11	15	4	2	26	3	-	-	1	13	3	-	8	-	2	8	-	
		Elmidae	63	23	17	17	14	26	67	21	21	98	27	7	9	26	79	42	27	32	16	28	48	6	
		Psephenidae	6	1	1	-	2	2	-	2	3	1	1	-	-	3	3	-	-	2	-	-	-	-	
		Scirtidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		
		Staphylinidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2		
		Ceratopogonidae	1	1	1	-	-	-	-	2	1	3	-	4	-	3	1	3	3	-	-	1	-	-	
		Chironomidae	428	220	102	24	25	20	206	56	30	17	17	252	49	186	23	39	49	134	33	73	8	2	
		Diptera	Empididae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	2	4	-	4	1	-
			Limoniidae	-	5	-	3	1	-	3	1	2	4	1	3	-	1	4	1	-	-	2	-	-	1
			Psychodidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Simuliidae	2		2	-	4	-	-	7	-	1	1	1	-	-	1	2	1	-	4	-	-	4	1		
Tipulidae	-		-	-	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-		
		Baetidae	34	2	1	1	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Leptohyphidae	8	28	1	13	-	1	1	-	4	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Leptophlebiidae	3	3	1	3	-	-	-	-	-	-	7	1	-	1	6	3	-	-	-	-	9	20	
		Oligoneuridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Naucoridae	5	3	8	1	-	-	-	2	-	-	-	-	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hemiptera	Veliidae	49	88	50	1	-	-	2	-	2	1	43	11	16	7	3	-	-	-	-	-	1	10	
		Crambidae	-	-	4	-	-	4	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
		Corydalidae	8	1	2	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	2	2	1	-	-	-	2	5	-	
		Polythoridae	-	-	-	1	-	-	2	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	
		Calopterygidae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Odonata	Gomphidae	6	1	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-		
		Libellulidae	4	2	-	-	-	-	-	1	2	-	-	1	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	
		Megapodagrionidae	-	-	1	4	1	-	-	1	3	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	3	-	
		Perlidae	2	-	1	6	1	-	2	2	-	10	-	-	4	2	10	-	2	1	1	3	4	3	
		Calamoceratidae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	4	4	-	-	-	
		Glossosomatidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Hydropsychidae	3	4	1	33	1	5	29	8	2	16	2	1	-	-	18	8	4	6	-	4	40	4	
		Leptoceridae	-	10	-	7	3	10	2	-	4	16	2	2	3	4	42	28	8	-	11	1	20	-	
		Limnephilidae	-	-	-	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Odontoceridae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Philopotamidae	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Palaemonidae	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	
		Pseudothelphusidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
		Clitellata	Naididae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	11	-	-	
			Total por Punto	623	396	202	135	53	83	362	101	86	197	112	283	92	243	210	131	97	216	72	132	167	51
	Total por Temporada		2350										1694												

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Anexo 10. Puntajes asignados a las familias de macroinvertebrados acuáticos, Índices AAMBI y BMWP/Col.

	FAMILIAS	PUNTAJE
AAMBI	Chironomidae, Naididae	2
	Psychodidae, Sphaeriidae	3
	Baetidae, Ceratopogonidae, Crambidae, Empididae, Hydrachnidae, Limoniidae, Mideopsidae	4
	Lampyridae, Ptilodactylidae, Elmidae, Hydropsychidae, Naucoridae, Psephenidae, Scirtidae, Simuliidae, Staphylinidae, Tipulidae, Veliidae	5
	Libellulidae, Megapodagrionidae	6
	Glossosomatidae, Leptohiphidae, Limnephilidae	7
	Calopterygidae, Gomphidae, Leptoceridae, Palaemonidae, Philopotamidae, Pseudothelphusidae	8
	Corydalidae	9
	Polythoridae, Calamoceratidae, Leptophlebiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae	10
	Chironomidae, Psychodidae	2
BMWP/Col	Ceratopogonidae, Tipulidae	3
	Sphaeriidae, Empididae	4
	Staphylinidae, Megapodagrionidae, Libellulidae, Corydalidae	6
	Baetidae, Crambidae, Hydropsychidae, Naucoridae, Scirtidae, Glossosomatidae, Leptohiphidae, Calopterygidae	7
	Simuliidae, Veliidae, Leptoceridae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae	8
	Limnephilidae, Philopotamidae, Leptophlebiidae	9
	Lampyridae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Gomphidae, Polythoridae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae	10

Fuente: Encalada et al, 2019: Roldán (2003).

Realizado por: Yáñez, Skarlet, 2023.

Anexo 11. Hoja de registro Índice de Hábitat Fluvial.

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.		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.	% 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.		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
		1 de 4 categorías de hábitat 4
	Total máximo por apartado	10
Apartado 5.		Sombreado con ventanas 10
		Totalmente en sombra 7
		Grandes claros 5
		Expuesto 2
	Total máximo por apartado	10
Apartado 6.		Hojarasca Mayor a 10% ó Menor a 75% 4
		Menor a 10% o 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	Entre 0 y 20% 5
	filamentosas	Entre 20 y 40% 2
	flotantes	Mayor que 40% 0
	Perifiton (algas y otros	Entre 0 y 20% 10
	microorganismo s adheridos a la roca)	Mayor que 20% 5
	Musgos y	Entre 0 a 20% 10
	líquenes en las	Entre 20 a 50% 5
	rocas	Mayor 50% 0
	Helechos y	Entre 0 y 50% 5
	otras plantas acuáticas en el borde del río	Mayor que 50% 2
	Total máximo por apartado	30
	Suma total	100

Fuente: Encalada et al, 2019.

Anexo 12. Hoja de registro del Índice de Bosque Ribera.

APARTADOS		CRITERIO	PUNTUACIÓN	
		Nivel de cubierta de la zona de ribera (0-10m)	Máxima	Río
Apartado 1	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	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	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	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		20		
Apartado 5	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	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		20	
Apartado 7	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		20	
SUMA TOTAL			100	

Fuente: Encalada et al, 2019.

Anexo 13. Hoja de registro del Índice de Presión Antropogénica.

Presion Antropogenica	Magnitud de la Presión Antropogénica				Valor Asignado
	Ninguna (0)	Baja (1)	Media (2.5)	Alta (5)	
Presiones Puntuales					
			>3 <5		
1	Vertidos industriales	1 industria río arriba	industrias río arriba	> 5 industrias río arriba	
		Población pequeña	Población mediana	Población grande	
2	Vertidos de aguas servidas	(≥1.000 ≤10.000)	Población grande (>50.000)	Población grande (>50.000)	
		Se extrae entre el 1 al 25% del agua	Se extrae entre el 26 al 75% del agua	Se extrae más del 75% del agua	
3	Extracción de agua, bocatomas	del río	del río	río	
4	Vertidos de piscícolas	Piscicola pequeña	Piscicola mediana	Piscicola grande	
	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					
		Parcelas de tamaño pequeño (o pocas parcelas)	Extenciones de terreno de tamaño moderado	Extenciones de terreno grandes	
7	Agricultura		Moderada cantidad de ganado	Mucha cantidad de ganado	
8	Ganadería	Poco ganado	Media escala		
	Minería en la cuenca hidrográfica	Pocos proyectos y/o baja escala	(y/o número moderado de proyectos)	Alta escala (y/o muchos proyectos)	
9		Escasos, pequeños y alejados del río	Tamaño intermedio y cercano al río	Tamaño grande y mayor cercanía al río	
10	Caminos vecinales			Común a lo largo del río	
11	Carreteras grandes	Escasa	Intermedios		
	Plantas exóticas en la cuenca hidrográfica				
12		1 especie	2 especies	>3 especies	
Otro tipo de presiones					
	Especies introducidas exóticas en el ecosistema fluvial	Densidades bajas	Densidades intermedias	Densidades altas	
13	Infraestructura, canales de riego				
14		Pequeñas	Intermedias	Grandes	
Índices de Presiones Antropogénicas al Ecosistema Fluvial					

Fuente: Encalada et al, 2019.

Anexo 14. Orden de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la zona de estudio.

Citellata	Coleóptera	Decápoda	Díptera	Ephemeroptera
				
Lepidóptera				
				
Megaloptera	Hemíptera	Odonata	Tricóptera	Trombidiformes
				
Plecoptera	Veneroida			
				

Realizado por: Yánez, Skarlet, 2023.