

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de la calidad del estado ecológico del cauce principal del
río Chorobamba, Oxapampa - Perú, 2021**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Danilo Dusan BUKVICH ECHEVARRIA

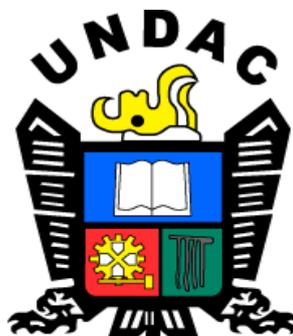
Asesor: Dr. Hitlser Juan CASTILLO PAREDES

Oxapampa - Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de la calidad del estado ecológico del cauce principal del
río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Jesús Marino GOMEZ MIGUEL
PRESIDENTE

Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA
MIEMBRO

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios por acompañarme siempre, a mis padres por su gran esfuerzo de salir adelante y su apoyo incondicional, a mis familiares que me apoyaron en tiempos difíciles.

A mis profesores que contribuyeron en mi formación, a mis compañeros y amigos universitarios.

A todos los que me prestaron el apoyo para el desarrollo de la tesis: asesores, revisores y académicos; les dedico esta tesis con cariño y especial agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

Gracias al apoyo del proyecto INSH: D.D.B.E recibió financiamiento del Premio Nacional Cultura del Agua 2021 - H2O Investigaciones mediante un convenio de cooperación entre la Autoridad Nacional del Agua, Perú y Forest Trends Association en representación del Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. El Proyecto es financiado gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá. Los contenidos son responsabilidad del autor y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID, ni del Gobierno de los Estados Unidos de América, ni del Gobierno de Canadá.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa la calidad del estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial. En el estudio se consideró 4,8 km del cauce y se establecieron 13 puntos de monitoreo, en donde se realizaron dos evaluaciones en estiaje y una en avenidas; para cuantificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, estimar los Índices de Bióticos de Familias (IBF) y Andino (IBA); también, se midieron los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, DBO₅, nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos totales y sólidos en suspensión; además de evaluar la Calidad de Bosque de Riveras (QBR) y el estado ecológico. Los resultados mostraron condiciones de biodiversidad bajas, afectación en las avenidas del IBA, ligera contaminación orgánica señaló el IBF, cumplimiento de los estándares de calidad para la conservación del ambiente acuático en la zona alta y la QBR con afectaciones mayores en la zona media del cauce. De los componentes evaluados se identificó condiciones regulares a malas en los puntos de la zona alta y baja, la zona media es pésima, lo que implica alteración significativa de las zonas urbanas.

Palabras clave: Avenidas, Estiaje, Estado ecológico, Macroinvertebrados.

ABSTRACT

In the present investigation, the quality of the ecological state of the main channel of the Chorobamba River is evaluated, during the fluvial behavior. In the study, 4.8 km of the channel were considered and 13 monitoring points were established, where two evaluations were carried out in low water and one in floods, to quantify the diversity of benthic macroinvertebrates, estimate the Family Biotic Indices (IBF) and Andean (IBA), the physicochemical parameters pH, temperature, conductivity, salinity, dissolved oxygen, BOD₅, ammoniacal nitrogen, total dissolved solids, and suspended solids were measured, in addition to evaluating the Riveras Forest Quality (QBR) and the state ecological. The results showed low biodiversity conditions, affectation of the avenues in the IBA, slight organic contamination in the IBF, compliance with quality standards for the conservation of the aquatic environment in the upper zone and the RBC with greater affectations in the middle zone of the channel. Of the evaluated components, regular to bad conditions were identified in the points of the high and low zones, the middle zone is terrible, which implies a significant alteration of urban areas.

Keywords: Floods, Low water, Ecological state, Macroinvertebrados.

INTRODUCCIÓN

El cauce principal del río Chorobamba, es un elemento clave de la Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninka Yanasha, por ser el receptor de las aguas en una zona de bosques de neblina donde el agua es un servicio ecosistémico elemental, este cauce implica prioridad de conservación al encontrarse en la cabecera de cuenca del río Pachitea, el cual es efluente de la gran cuenca del río Amazonas.

El estado ecológico implica una evaluación integral de los elementos dinámicos en los cuerpos de aguas fluviales, su evaluación requiere el estudio de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores por su condición de registrar cambios en periodos tiempo mayores a los parámetros fisicoquímicos, los cuales también hemos monitoreado conjuntamente para comparar el cumplimiento de la conservación del ambiente acuático; a ello se le suma la evaluación de la calidad de los bosques de riberas y la medición de los caudales.

El estudio comprendió evaluaciones estacionales, que involucro el estiaje del año 2021, la época de avenidas y el estiaje del año 2022, considerando 13 puntos de monitoreo distribuidos en función de la pendiente y condiciones específicas de la zona alta, media y baja del cauce principal del río Chorobamba.

La investigación se encuentra dividida en cuatro capítulos, en el primero se presenta el planteamiento del problema detallando los objetivos y limitaciones; en el segundo los antecedentes, bases teóricas, hipótesis y variables; en el tercer capítulo, la metodología aplicada; el cuarto capítulo comprende los trabajos de campo, resultados y discusión; en el apéndice final se presenta las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|---|
| 1.1. | Identificación y determinación del problema. | 1 |
| 1.2. | Delimitación de la investigación..... | 4 |
| 1.2.1. | Delimitación espacial. | 4 |
| 1.2.2. | Delimitación temporal..... | 4 |
| 1.2.3. | Delimitación conceptual..... | 5 |
| 1.3. | Formulación del problema. | 5 |
| 1.3.1. | Problema general..... | 5 |
| 1.3.2. | Problemas específicos. | 5 |
| 1.4. | Formulación de Objetivos..... | 5 |
| 1.4.1. | Objetivo General. | 5 |
| 1.4.2. | Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.5. | Justificación de la investigación. | 6 |
| 1.5.1. | Justificación teórica..... | 6 |
| 1.5.2. | Justificación práctica | 6 |
| 1.5.3. | Justificación metodológica..... | 7 |
| 1.6. | Limitaciones de la investigación..... | 7 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | Antecedentes de estudio..... | 8 |
| 2.2. | Bases teóricas - científicas..... | 14 |
| 2.2.1. | Sistemas ecológicos..... | 14 |
| 2.2.2. | Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores | 23 |
| 2.2.3. | Calidad de agua con parámetros fisicoquímicos | 28 |
| 2.2.4. | Categorización de la condición ecológica..... | 34 |
| 2.3. | Definición de términos básicos..... | 35 |
| 2.4. | Formulación de Hipótesis | 38 |
| 2.4.1. | Hipótesis General | 38 |
| 2.4.2. | Hipótesis Específicas..... | 38 |
| 2.5. | Identificación de Variables | 38 |
| 2.6. | Definición Operacional de variables e indicadores. | 39 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1. | Tipo de investigación..... | 40 |
| 3.2. | Nivel de Investigación. | 40 |
| 3.3. | Métodos de investigación. | 41 |
| 3.4. | Diseño de investigación. | 41 |
| 3.5. | Población y muestra..... | 42 |
| 3.5.1. | Población..... | 40 |
| 3.5.2. | Muestra..... | 40 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos recolección de datos | 45 |
| 3.7. | Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. .. | 46 |
| 3.8. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 47 |
| 3.9. | Tratamiento estadístico. | 48 |

| | |
|---|----|
| 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica. | 50 |
|---|----|

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo..... | 51 |
| 4.1.1. Monitoreo de macroinvertebrados bentónicos | 51 |
| 4.1.2. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos | 52 |
| 4.1.3. Determinación de calidad de bosque de riberas | 53 |
| 4.1.4. Mediciones de caudal | 53 |
| 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados. | 54 |
| 4.2.1. Colectas de macroinvertebrados bentónicos | 54 |
| 4.2.2. Análisis de biodiversidad de especies de macroinvertebrados..... | 60 |
| 4.2.3. Índices de calidad de aguas con macroinvertebrados bentónicos | 65 |
| 4.2.4. Calidad de aguas parámetros fisicoquímicos | 67 |
| 4.2.5. Calidad de bosque de riberas..... | 79 |
| 4.2.6. Caudal..... | 82 |
| 4.2.7. Estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba | 83 |
| 4.3. Prueba de Hipótesis | 84 |
| 4.4. Discusión de resultados | 88 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Punto inicial y final del tramo en estudio _____ | 4 |
| Tabla 2. Puntuaciones para concentraciones del índice WQI _____ | 33 |
| Tabla 3. Matriz de operacionalización de las variables _____ | 39 |
| Tabla 4. Puntos de monitoreo de los transectos evaluados _____ | 44 |
| Tabla 5. Características del equipo multiparámetro EZODO-7200 _____ | 45 |
| Tabla 6. Análisis de varianza de un factor _____ | 48 |
| Tabla 7. Periodos de desarrollo de los monitoreos _____ | 51 |
| Tabla 8. Número de individuos por especie, primer monitoreo (época de estiaje) ____ | 55 |
| Tabla 9. Número de individuos por especie, segundo monitoreo (época de avenida) _ | 56 |
| Tabla 10. Número de individuos por especie, tercer monitoreo (época de estiaje) ____ | 57 |
| Tabla 11. Calidad de aguas, índice Biótico Andino (IBA) _____ | 66 |
| Tabla 12. Estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba _____ | 83 |
| Tabla 13. Análisis de varianza de un factor, por puntos de monitoreo _____ | 84 |
| Tabla 14. Análisis de varianza de un factor, por estaciones de monitoreo _____ | 85 |
| Tabla 15. Prueba T de Studen de los indicadores de calidad de aguas _____ | 86 |
| Tabla 16. Correlación de Pearson de las condiciones bióticas y la calidad de aguas __ | 87 |
| Tabla 17. Estadísticos descriptivos de los índices de biodiversidad _____ | 89 |
| Tabla 18. Estadísticos descriptivos de índices biológicos _____ | 90 |
| Tabla 19. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos _____ | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Planos de fases de los cambios en los números de población_____ | 15 |
| Figura 2. Representación del fenómeno de los pequeños mundos_____ | 15 |
| Figura 3. Ciclo adaptativo los cuatro sistemas de los sistemas funcionales y flujos __ | 16 |
| Figura 4. Ciclos adaptativos anidados y conexiones clave entre tres niveles _____ | 18 |
| Figura 5. Etapas de desarrollo de vegetación ripiaria _____ | 21 |
| Figura 6. Esquema de diseños de evolución de grupo _____ | 41 |
| Figura 7. Variación de la altitud de los puntos de monitoreo_____ | 42 |
| Figura 8. Mapa de puntos de monitoreo_____ | 43 |
| Figura 9. Abundancia de las familias en los tres monitoreos _____ | 58 |
| Figura 10. Frecuencia de especies de macroinvertebrados de los tres monitoreos ____ | 59 |
| Figura 11. Índice de diversidad de Margalef _____ | 60 |
| Figura 12. Dominancia D_ Simpson de los tres monitoreos _____ | 61 |
| Figura 13. Índice de diversidad específica de Shannon-Wiener _____ | 62 |
| Figura 14. Análisis de similitud, coeficiente de Jaccard _____ | 63 |
| Figura 15. Calidad de aguas del cauce principal del río Chorobamba, IBF_____ | 65 |
| Figura 16. Variación del pH, en los tres monitoreos _____ | 67 |
| Figura 17. Variación de la temperatura (°C), en los tres monitoreos_____ | 69 |
| Figura 18. Variación de la conductividad eléctrica (uS/cm), en los tres monitoreos__ | 71 |
| Figura 19. Variación de Sólidos Totales Disueltos (mg/L), en los tres monitoreos____ | 72 |
| Figura 20. Variación de los sólidos suspendidos totales en los tres monitoreos _____ | 73 |
| Figura 21. Variación de la salinidad (ppm), en los tres monitoreos_____ | 74 |
| Figura 22. Oxígeno disuelto (mg/l), en los tres monitoreos_____ | 75 |
| Figura 23. Variación de la DBO ₅ , en los tres periodos monitoreos _____ | 76 |
| Figura 24. Variación del nitrógeno amoniacal, en los tres periodos de monitoreo ____ | 78 |

| | |
|--|----|
| Figura 25. Índice de calidad de aguas IQW, de los tres monitoreos _____ | 79 |
| Figura 26. Índice de Calidad de Bosque de Riberas (IQB_and) _____ | 80 |
| Figura 27. Valoración de la calidad del bosque de riberas _____ | 81 |
| Figura 28. Variación del caudal (m ³ /s) _____ | 82 |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Actualmente, el agua es la clave para el desarrollo humano y de los ecosistemas (Cabello Contreras, 2019); bajo este enfoque, en las cuencas hidrográficas el recurso hídrico es un elemento integrador y decisivo en la dinámica ambiental, social y económica; interviniendo permanentemente en el rol de las actividades del espacio geográfico delimitado por la divisoria de aguas y también reflejando los impactos de estas (Ruiz Pascual, 2019); es así como, se ha posicionado como el elemento de desarrollo de las comunidades (Xicay Franco, 2016).

A nivel mundial este elemento de desarrollo está cada vez más escaso y contaminado, según estimaciones, para el año 2025 solamente la mitad de población mundial se encontrará en zonas sin escasez de agua, y actualmente existen 1800 millones de personas que consumen aguas con contaminación fecal (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2013). El Perú es relativamente

vulnerable a esta problemática, y se ha venido evidenciando sus efectos, los cuales difieren por sus condiciones geográficas heterogéneas y biomas altamente específicos de cada zona (Aybar *et al.*, 2017); donde los procesos ecológicos resultan cada vez más complejos en la medida que se agudizan los impactos y se demandan más recursos de las cuencas fluviales (Pinheiro *et al.*, 2020).

En la provincia de Oxapampa, región de Pasco; hacia la margen oriental de la cordillera de los Andes, se encuentra el río Chorobamba, este pertenece a la cuenca del río Pachitea; según el Estándar de Calidad de Aguas (ECA), califica como categoría 4 y su principal fin sería conservación del ambiente acuático (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017); este cauce de río se encuentra en una zona de selva alta, donde los ecosistemas son de gran biodiversidad, y por ende más vulnerabilidad a los impactos (Alfredo Apaza Ticona *et al.*, 2019).

Siendo el río Chorobamba el colector principal de aguas en esta parte de la cuenca, su ecosistema tiene un mayor caudal y está más expuesto a factores de estrés, por ello resulta necesario investigar su historia ecológica (Lara-Del Río AJ *et al.*, 2020); dado que estudios en afluentes del río Chorobamba realizado por Trama *et al.* (2020), señalan un gradiente de pérdida de calidad ecológica a medida que se alejan los cauces del Parque Nacional Yanachaga Chemillen, puesto que la vegetación ribereña, las comunidades de macroinvertebrados y el hábitat acuático empeora drásticamente.

La preocupación en el cauce principal del río Chorobamba, viene creciendo a partir del año 2010, dado que Oxapampa presenta un masivo cambio de uso de los suelos, de zonas agrícolas y ganaderas a zonas urbanas, lo que se agudizó con la migración masiva de personas de la ciudad al campo con la pandemia Covid-19; esto ha

generado que las zonas agropecuarias amplíen sus fronteras en las zonas altas de la cuenca; además se ha provocado un socavamiento excesivo de agregados en el cauce del río, por el acelerado crecimiento de la construcción de viviendas, continúan los vertimientos de aguas residuales urbanas sin tratamiento; el desarrollo de vías de comunicación ha reducido los bosques ribereños, a esto se suman las escorrentías con sedimentos de las áreas de cultivos en tierras sobreexplotadas y contiguas al cauce, así como presencia de animales muertos, residuos sólidos y una serie de elementos contaminantes que son dispuestos en el río Chorobamba.

Una práctica habitual para evaluar la calidad del estado de un río, es la determinación del estado ecológico, para ello se requiere las evaluaciones con indicadores biológicos, de calidad del entorno y evaluaciones de biodiversidad, que permitan ver los cambios en periodos de tiempo más largos y poder evaluar los impactos con una perspectiva holística (Soria Reinoso, 2016), adicional a ello los parámetros físicos y químicos dan indicios de un fragmento temporal del cuerpo ambiental heterogéneo y dinámico (Suárez-Almiñana *et al.*, 2021), pero dada la situación se requiere una evaluación integral en donde también se consideren los bosques ribereños, aspectos hidromorfológicos, para poder valorar la calidad del cauce principal del río Chorobamba.

Por lo expuesto, resulta necesario realizar una evaluación de calidad ecológica en el río Chorobamba, considerando las riberas y el estado de contaminación del río, dado que existe una sinergia entre los servicios ecosistémicos de la vegetación ribereña con la salud del río (Blanco, 2005; Delgado y Rivas, 2019; Magdaleno Mas *et al.*, 2010; Tánago y Jalón, 2011); asimismo es viable la evaluación de la calidad biológica mediante macroinvertebrados bentónicos por su sensibilidad a

cambios en el oxígeno disuelto de las aguas e indicadores de la biodegradabilidad de las aguas en su trayecto (Salcedo Gustavson *et al.*, 2013), como también resulta conveniente realizar los análisis fisicoquímicos, con la intención de comparar las condiciones de calidad y sobre todo poder integrar toda esta información en un solo valor indicador del estado del río, para la toma de decisiones que permitan la recuperación y conservación del ecosistema ribereño del río Chorobamba.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Dada la amplitud de la cuenca del río Chorobamba que es de nivel 7 en clasificación Pfafstetter y pertenece a la cuenca del río Pachitea de código 49928 (Instituto del Bien Común, 2016), en este estudio se está considerando el cauce principal del río Chorobamba; además, por ser el resultado de las interacciones de la cuenca, al servir como cuerpo receptor. Para la determinación del estado ecológico, se ha priorizado un tramo de 4.87 km de recorrido, siendo el punto de inicio en el sector Tingo y el punto final en el Cañón de Huancabamba.

Tabla 1

Punto inicial y final del tramo en estudio.

| Puntos | Coordenadas UTM (WGS 84) | | Elevación (msnm) |
|--------|--------------------------|------------|---------------------|
| | Este | Norte | |
| Inicio | 442880.92 | 8828228.61 | 1921 |
| Final | 440568.61 | 8851074.22 | 1695 |

Elaboración propia.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio comprende tres evaluaciones de los estados ecológicos en el cauce principal del río Chorobamba, estas evaluaciones se realizaron en periodo de

estiaje, época de lluvias y comienzos del siguiente estiaje. Las evaluaciones de campo se iniciaron el 23/08/2021 y finalizaron el 19/06/2022.

1.2.3. Delimitación conceptual

Se estudió la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, mediante macroinvertebrados bentónicos, indicadores de calidad, parámetros fisicoquímicos y calidad de los bosques de riberas.

1.3. Formulación del problema

Este estudio plantea las interrogantes centrándose en la evaluación de la calidad ecosistémica del cauce principal del río Chorobamba.

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial?
- ¿Cuál es el estado de calidad de aguas en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial?
- ¿Cuál es la relación entre las condiciones bióticas y la calidad de las aguas en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.
- Determinar el estado de calidad de las aguas en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.
- Determinar la relación de las condiciones bióticas y la calidad de las aguas en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La presente investigación busca conocer el estado del ecosistema del río Chorobamba, considerando el comportamiento fluvial de avenida y estiajes, a partir de sensores de cambio en el ecosistema (bosque ribereño, macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos), para contribuir en la comprensión de sus interacciones metabólicas y análisis la salud del ecosistema del río Chorobamba.

1.5.2. Justificación práctica

Los resultados de la presente investigación, permiten proyectarse a desarrollar monitoreos de calidad de aguas, ya sea en su aplicación conjunta o disgregada de los índices utilizados. Es de resaltar que se podrían realizar proyecciones con los resultados, los cuales serán de bajo costo, fácil determinación y aplicación por diferentes actores en la cuenca en la determinación, ya sea de calidad o contaminación.

1.5.3. Justificación metodológica

La evaluación del estado ecológico, al ser un procedimiento más completo, que integra los monitoreos para su comprensión mediante índices de calidad, resulta ser más práctico su interpretación y se traduce en una mejor comprensión de la información.

Además, la presente evaluación de estado ecológico, contribuye en la adaptación de un protocolo para la evaluación del estado ecológico de los ríos y quebradas de la Reserva de Biósfera Oxapampa Asháninca Yanesha.

1.6. Limitaciones de la investigación

A partir de las características de la zona donde se realiza la investigación, su desarrollo está limitado por:

- La distancia, lo cual dificulta el traslado para la toma de muestras y evaluaciones de campo.
- Condiciones climáticas adversas (lluvias y tormentas eléctricas), que pudieran suscitarse durante el trabajo de campo, retrasando los muestreos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Blanco (2005), en su trabajo de investigación para la obtención del grado de magíster de ciencias en estudios ambientales, investigó “*el impacto de los desechos sólidos y líquidos de un pueblo rural en el río Chorobamba, Oxapampa, Amazonía peruana*”, con el principal objetivo de comparar los efectos puntuales con los integrados en la calidad de las aguas; para ello, monitoreo 9 estaciones durante el periodo de estiaje del año 2004; sus resultados mostraron condiciones de estabilidad ante altas concentraciones de coliformes fecales, y un deterioro en la calidad del río señalaron los macro invertebrados; concluyendo que el deterioro del estado ecosistémico tiende a empeorar a medida que se incrementen las aguas residuales y se alteren las zonas ribereñas.

Salcedo Gustavson *et al.* (2013) en Oxapampa pudo realizar un estudio enfocado en la calidad de agua para consumo humano, qué título “*Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua en la microcuenca San*

Alberto, Oxapampa, Perú”, con el objetivo de poder evaluar la diversidad de especies de macroinvertebrados y en función de su presencia o ausencia estimar la calidad de las aguas, su trabajo parte en dividir la cuenca en zonal alta, media y baja, coleccionar sus especímenes que se encontraban en las piedras y arenas y estimar el índice ECOSTRIAND. Sus colectas fueron de 123 taxones, siendo 55 en la cuenca baja, 77 en la cuenca media y 101 en la cuenca alta, destacando que las colectas en piedra fueron las de mayor número de taxones, además los resultados señalaron un estado bueno en la parte media y alta mientras que la zona baja fue regular, destacando que existe una mejor calidad de vegetación ribereña y calidad de hábitat fluvial y estado ecológico en la zona alta de la cuenca.

Trama *et al.* (2020) en su trabajo de investigación: “*Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú*”; realizaron una caracterización del ambiente acuático en cuencas sobre los 1800 y 2500 metros de altitud, en comunidades de macroinvertebrados y ecosistema ribereño, aplicando el protocolo CERA, el cual consistió en la determinación conjunta del Índice de Hábitat Fluvial (IHF), Índice Biótico Andino (IBA) y el Índice de quebrada Andina (QBR-And), para la determinación de Estado Ecológico de Ríos Andinos (ECOSTRIAND); adicionalmente calcularon la calidad del agua los índices BMWP-Col y FBI. Los resultados señalan que las zonas cercanas al parque nacional hacia el flanco oriental de la cordillera Yanachaga son muy buenos, pero que a medida estas se distanciaban la calidad disminuía producto de un mayor disturbio de los bosques ribereños.

Jaramillo Abad (2022) en sus tesis “*Estructura y composición comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, como referentes de la calidad del agua - Cuenca*

San Alberto, Oxapampa, Perú”, señala luego de realizar cuatro monitores trimestrales, estableció tres zonas de monitoreo donde encontró 58 taxones de 9 303 individuos, los que le permitieron aplicar el índice biótico y relacionarlo con los parámetros fisicoquímicos; los resultados mostraron mayor abundancia de las familias *Simuliidae*, *Chironomidae*, *Leptoceridae*, *Baetidae* y *Glossosomatidae*. Los análisis de diversidad alfa mostraron niveles altos y normales ($H' \geq 2.51$), con una similitud beta de más del 42 %; pero en los casos de sucesión ecológica existió una caída de los valores a $H' = 1.59$ y $S_s \geq 21$ %. Asimismo, pudieron establecer seis gremios espaciales y nueve tróficos, en donde los grupos morfológicos se correlacionan a la sucesión ecológica con valores de Cramer: 4.12 y 0.331. Los índices son variables en las zonas, con resultados de buena (IBF: 4.57), regular (EPT: 49 %) y muy buena (IBA: 268), siendo la zona baja la de menos calidad; también destaca el pH como factor de mayor correlación con el oxígeno disuelto, la temperatura, salinidad y sólidos totales disueltos; concluyendo que las aguas de la cuenca presentan condiciones normales y que es de prioridad la intervención en la zona baja de la cuenca.

Molocho Sánchez (2019) en su tesis “*Determinación de la calidad del agua de la quebrada Shitariyacu mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en el distrito de Zapatero – San Martín 2017*” señala que pudo trabajar con tres puntos de muestreo y con el método Biological Monitoring Water Party (BMWP) e índice EPT, y parámetros fisicoquímicos del agua; sus resultados en el punto 1 mostraron a la familia *Polythoridae* como la más abundante, en el punto 2 la familia *Psephenidae* y en el punto 3 la familia *Caenidae*. Los cálculos del índice EPT fueron: mala, regular y buena; del índice BMWP los resultados fueron: regular, muy buena y buena respectivamente para los puntos 1, 2 y 3;

además es de resaltar que existe una relación positiva entre CE y el índice EPT y entre la CE e índice BMWP.

Mauricio Torres (2018) en sus tesis: “*Insectos acuáticos como indicadores de la calidad de agua del río Huayobamba, San Marcos – Cajamarca*”, al realizar una serie de monitoreos en los insectos acuáticos empleando una red Surber modificada, durante la época seca y húmeda empleo los índices BMWP y ASPT, sus resultados mostraron que la presencia y ausencia de insectos acuáticos del orden *Coleoptera*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Ephemeroptera*, *Megaloptera*, *Odonata*, *Plecoptera* y *Trichoptera* tienden a implicar con la calidad de las aguas; los resultados señalan que existe agua contaminada en la zona media y en la zona baja es crítica.

En Honduras, Valladares *et al.* (2022), investigó el “*Uso y calidad del agua de la quebrada el Hondo aplicando el Índice Holandés y macroinvertebrados*”; donde determinó la calidad de aguas de la quebrada el Horno mediante los índices Holandés, BMWP-CR e IBF-SV2010, dado que las aguas en esa zona se encontraban afectadas por la urbanizar e industrializar zonas ribereñas; para ello consideró monitorear tres puntos a lo largo de la quebrada, resultando que la contaminación era mayor en la desembocadura de la quebrada, lo que se reflejó en población de macroinvertebrados.

Lafuente Díaz y Carvajal Alvarado (2022), en su tesis “*Estudio de calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Pozo Hondo, Jipijapa*”; al sur de Manabí al analizar la calidad del agua con macroinvertebrados en época de verano, en cuatro estaciones del río Pozo Hondo, dado que los parámetros físicos medidos (temperatura, potencial de hidrógeno, el oxígeno,

conductividad, sólidos disueltos) no están dentro del rango permisible; recolectaron 309 individuos distribuidos en 6 órdenes divididos en 14 familias, las más representativas fueron *Libellulidae*, *Leptophlebiidae*, *Chironomidae*, *Veliidae*, *Belostomatidae*, *Culicidae*, *Psychodidae*, *Pseudothelphusidae*, *Aeshnidae*, *Crambidae*, *Baetidae*, *Gerridae*, *Tipulidae*, *Lestidae*. Los resultados señalaron contaminación moderada a severa con el índice BMWP/COL y con el índice BMWP/CR los resultados estuvieron en el rango de mala calidad, concluyendo que las aguas del río Pozo son de mala calidad producto.

Méndez *et al.* (2022) señala que existe una carencia en bioindicadores de estado ecológico en su trabajo, titulado: “*diversidad espacio-temporal de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Yuquipa.*”; con el objetivo de determinar la biodiversidad de macroinvertebrados en el río Yuquipa, con tres estaciones de monitoreo durante diciembre de 2020 y enero de 2022; decidió utilizar el índice de Shannon, por ser una expresión de la uniformidad de la importancia de las especies, que comparo con el índice biótico familiar para la determinación de la tolerancia de las especies a los efectos antrópicos; los resultados mostraron un grado de excelente en las zonas altas y en la zona media y baja se evidenció un decaimiento de la calidad de las aguas.

Delgado y Rivas (2019), en su trabajo “*evaluación de la calidad ecológica de caño seco Restrepo, mediante los índices de hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR)*”, que consistió en una aproximación a la calidad ecológica mediante índices de hábitat fluvial (IHF), calidad de bosque de ribera (QBR) y los parámetros: pH, O₂, temperatura, conductividad eléctrica, profundidad; las estaciones fueron de 150 metros de largo, separadas a un kilómetro cada una de las estaciones. Los resultados en la zona alta mostraron alteraciones leves, señalando

una buena calidad ecológica, mientras que la zona baja, producto de la vegetación ribereña, reducida o ausente, el predominio de actividades antrópicas y la polución de aguas residuales la calidad ecológica decrece.

Galeano Rendón *et al.* (2017) en su estudio: “*evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del río Magdalena, Colombia*”, sus evaluaciones fueron entre junio de 2011 y febrero de 2012 en 4 quebradas y 3 puntos de monitoreo en cada una de estas, recolectándose macroinvertebrados con los métodos D-net, malla de 500 μm y manual de los sustratos; también determinaron el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), el Índice de Calidad de la Vegetación de Ribera Andina (QBR-And), adaptado para los ríos andinos, el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y el índice ECOSTRIAND (ECOLOGICAL STATUS RIVER ANDEAN). Concluyeron que la predominancia de pastos, actividades agrícolas y la ausencia de vegetación ribereña son consecuentes con la calidad ecológica.

Torres *et al.* (2018), en su trabajo “*Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú*”, trabajo con el Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia (BMWP/Col), e índices de entorno como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino (QBR-And); destacando la calidad de las quebradas Chido y Allpachaca como buenas, mientras que Lindapa tiene una gradiente de disminución de su calidad, luego de una recolección 10 539 individuos representados en 45 familias y 10 órdenes, 969 individuos en la quebrada Allpachaca representados en 26 familias y 9 órdenes, y 851 individuos distribuidos en 25 familias y 7 órdenes en la quebrada Lindapa.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Sistemas ecológicos

Un sistema ecológico es también denominado ecosistema, se compone de comunidades vegetales en un espacio geográfico donde se comparten sustratos similares, gradientes ambientales como el clima, elevación sobre el nivel del mar, precipitaciones, así como están sujetos a procesos ecológicos de inundaciones fluviales o incendios (Beltrán *et al.*, 2009).

Walker *et al.* (2002), señala que en sistemas vinculados como los socioecológicos, tienen adaptaciones complejas, en donde la funcionalidad depende de su sostenibilidad, dado que ante perturbaciones su grado de alteración del sistema es consecuente con la estructura y función.

2.2.1.1. Adaptación de los ecosistemas

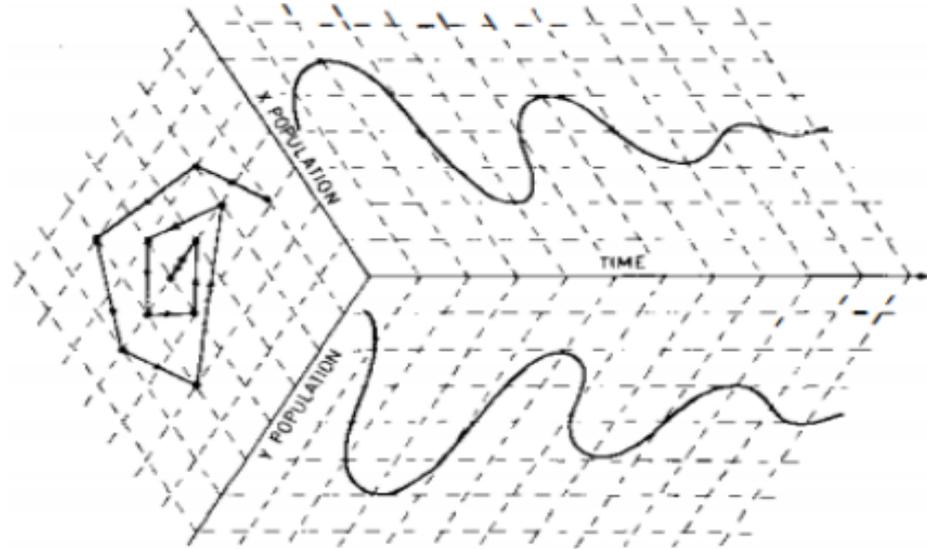
Las condiciones bióticas y abióticas de los ríos son dinámicos espacial y temporalmente bajo un concepto holístico, que según Holling (1973), cuando dos poblaciones interactúan como depredador-presa o competidores, éstas al ser reguladas, pueden generar alteración en ambas poblaciones o una, que en un ambiente constate presentan fluctuaciones que decrecen su amplitud en el tiempo, conllevando a la extinción de una u otra población.

Montoya *et al.* (2001) manifiesta que los ecosistemas tienen una arquitectura universal en donde rige el fenómeno de los “*pequeños mundos*”, el cual se compone de las especies (nodos) e interacciones (conexiones), con estados intermedios ordenados o aleatorio, siendo los primeros altamente compartimentados con algunas especies muy

conectadas, pero la mayoría con una sola, lo que cuando una especie muy conectada desaparece ocasiona el aislamiento y extinción de sus dependientes; en el caso de los con bajo número de conexiones su no aleatoriedad los hace menos propensos a la desaparición.

Figura 1

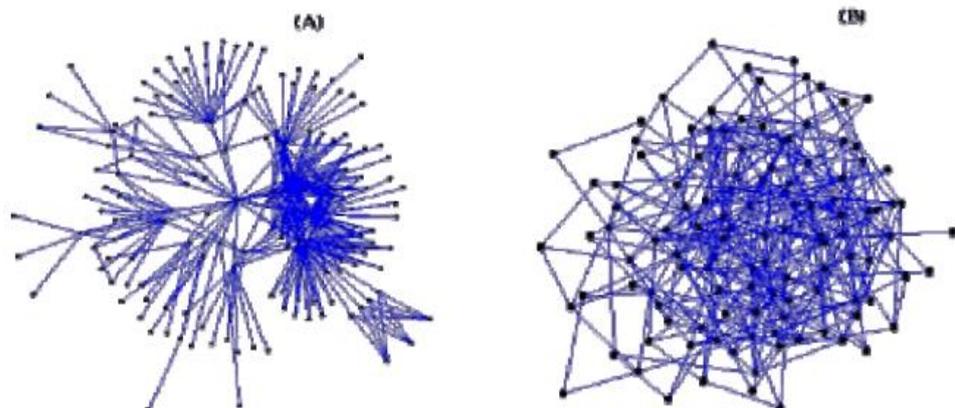
Planos de fases de los cambios en los números de población



Nota. Los ejes del extremo muestran la densidad de las 2 poblaciones, a la derecha se puede ver la trayectoria de oscilaciones de las poblaciones. Tomado de "Resilience and Stability of Ecological Systems" (p. 245), por Holling (1973), Copiright, 4 (1).

Figura 2

Representación del fenómeno de los pequeños mundos



Nota: (A) sistema ordenado y (B) sistema completamente azaroso; los puntos corresponden a especies y las líneas a conexiones tróficas. Tomado de "La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas" (p. 2), por Montoya, J. M., Rodríguez, M. A., y Solé, R. V, 2001, *Ecosistemas*, 10(2).

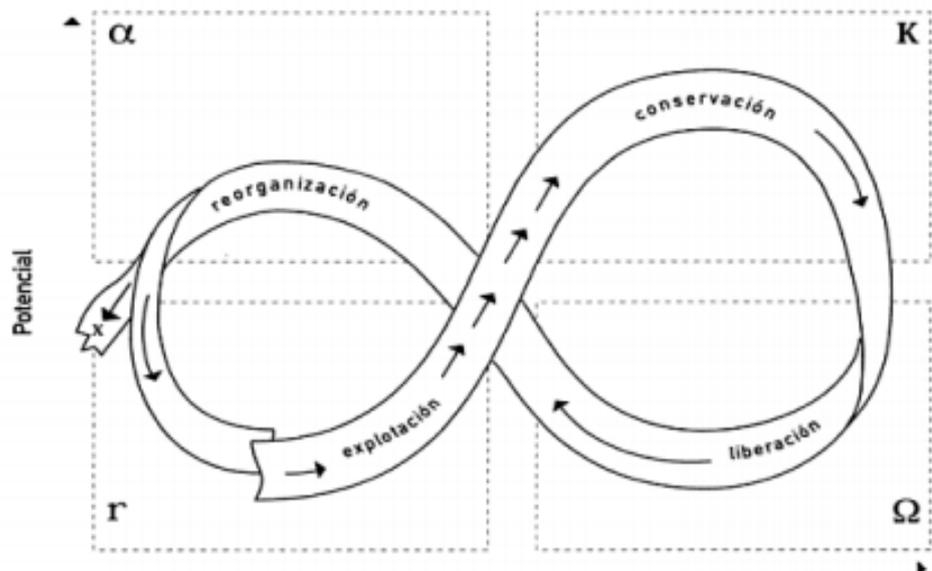
De lo expuesto anteriormente se deduce que las variables y especies clave determinan la existencia de los ecosistemas, que para el caso de los ecosistemas ribereños, en donde las perturbaciones suelen ser: naturales con poca afectación a especies importantes o antrópicas fragmentando los ecosistemas y requiriendo de la biodiversidad como seguro biológico ante la perturbación (Montoya *et al.*, 2001).

2.2.1.2. *Comportamiento de los sistemas ecológicos*

El comportamiento de los sistemas ecológicos, para Holling (1973), son producto de la estabilidad de los ecosistemas y su resiliencia; lo que Beisner *et al.* (2003), resalta como la dinámica ecológica y sus tendencias a la estabilidad, cuando esta supera el umbral del equilibrio, llegando a depender de la velocidad del retorno al equilibrio.

Figura 3

Ciclo adaptativo los cuatro sistemas de los sistemas funcionales y sus flujos



Nota: el ciclo cuenta de cuatro fases, de $[r-K]$ disminuye la flexibilidad de las especies para responder a las perturbaciones, $[K-\Omega]$ es inevitable el colapso del sistema, $[\Omega-\alpha]$ puede ser rápida o lenta la reorganización de los recursos y $[\alpha-r]$ donde se produce la colonización y crecimiento del sistema. Tomado de “*Resilience and Stability of Ecological Systems*” (p. 245), por Holling (1973), *Copyright*, 4 (1).

La resiliencia es sinónimo de persistencia de relaciones de un sistema dada su capacidad para contrarrestar una perturbación, Walker *et al.*, (2002) manifiesta que la resiliencia se compone de la latitud que puede cambiar un sistema, en la resistencia al cambio, en su precariedad para llegar al umbral de cambio y en la panarquía de los ciclos adaptativos anidados.

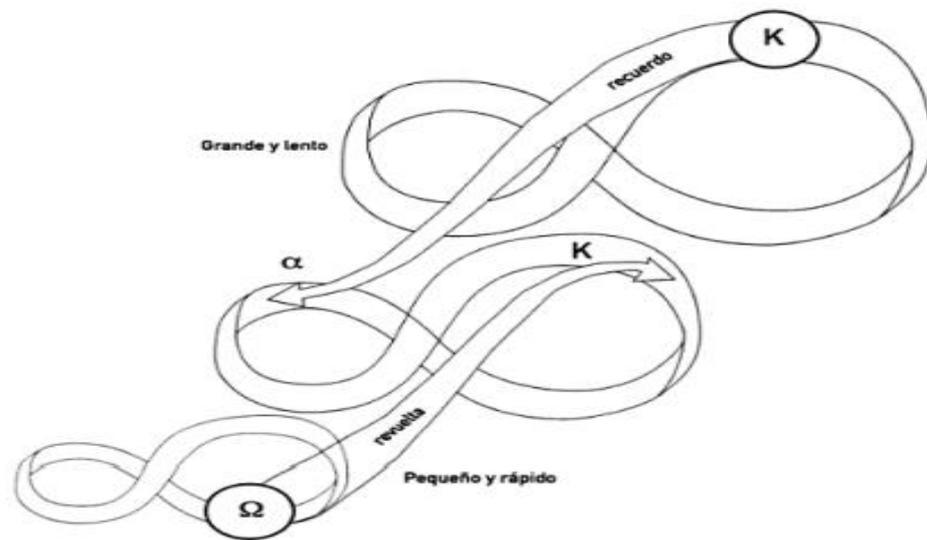
Holling (1973), resalta que los ecosistemas reales, que en su mayoría son complejos, se encuentran cíclicamente en crecimiento, caída, regeneración y nuevo crecimiento, dando cabida a su sostenibilidad y a nuevos eventos.

Pimentel Jara (2014), señala que los sistemas ecológicos no siempre secuencian estrictamente las fases, dado que pueden ir de “K” a “r”, ir directamente de “r” hacia “ Ω ” o regresar de “ α ” a “ Ω ”; asimismo Bermejo (2008) señala que los sistemas grandes son más lentos y resilientes, lo que les permite ser estabilizadores de los más pequeños, estableciendo niveles de retroalimentación negativa en diferentes niveles, dando lugar a que los sistemas pequeños generen cambios en los superiores.

Para Holling (2004), los cambios o panarquía suelen darse en cinco niveles que son ciclos semejantes, partiendo de la microescala los procesos vegetativos son cortos como la floración y brotes, la mesoescala tiene una mayor amplitud espacial y temporal con procesos intermedios semejantes como las plagas y flujo de agua, la macroescala que involucra los procesos evolutivos desarrollados en un tiempo y espacio mayor, dando lugar a la formación de suelo.

Figura 4

Ciclos adaptativos anidados y conexiones clave entre tres niveles de una panarquía



Nota: Cuando los ciclos pequeños y rápidos pueden afectar a los más grandes y lentos (revuelta) o cuando los grandes y lentos pueden controlar la renovación de los más pequeños y rápidos (memoria). Tomado de “*From Complex Regions to Complex Worlds*”, por Holling (2004), *Ecología and Society*, 9 (1).

2.2.1.3. Ecosistemas ribereños

Los ecosistemas ribereños también son denominados *bosque de galerías*, interactúan como un refugio faunístico extremadamente variable, que en la actualidad a razón de su intervención presentan diversos grados de fragmentación, la que se evidencia en la sostenibilidad de su diversidad y estructura funcional, que por lo general presenta mayor grado de degradación en la zona media y baja de la cuenca (Rodríguez-García *et al.*, 2021).

Díaz Rodríguez, (2017), manifiesta que en la dinámica de las cuencas los ecosistemas ribereños destacan por su aporte en la regulación de la cantidad y calidad de agua, dado que son sistemas fluviales en donde confluyen la hidrósfera, la biósfera y la litósfera en una interfaz acuática y terrestre distinta a los ecosistemas circundantes, en donde sus individuos presentan

una diversidad de adaptaciones dado las condiciones oscilantes de dichos ambientes; además, existe una retroalimentación positiva en los ecosistemas ribereños y los adyacentes nichos ecológicos, mediante un ciclo de nutrientes con intercambio de materia y energía, sensibles a cambios de usos de suelo, pérdida de materiales y elementos; los ecosistemas de riberas, por lo general son fragmentos angostos ubicados inmediatamente en ambos márgenes de las fuentes hídricas, que en las zonas bajas de la cuenca incluyen humedales, aportando a un ciclo de reciclaje y adsorción de nutrientes de las especies vegetales.

Los ríos y sus ecosistemas ribereños proporcionan gran cantidad de servicios ecosistémicos, que se basan en el reciclaje de nutrientes, la depuración de contaminantes, almacenamiento de sedimentos, la formación de suelos, humedales y terrazas, proporcionan alimentos a la fauna y son uno de los refugios naturales para las especies, puesto que la combinación de factores geomorfológicos, la ubicación, el relieve, las variaciones del flujo de agua, congregan su biodiversidad (Perona Alonso, 2017).

La heterogeneidad del paisaje ribereño, lo señala como prioritario para su conservación, por su aporte en servicios ecosistémicos, cumplimiento de funciones ambientales y albergar diversidad biológica, que lo distinguen como la clave para las dinámicas de las zonas circundantes (Carrasco *et al.*, 2014).

En las riberas que son aledañas a ciudades, se puede evidenciar que existen servicios ecosistémicos que destacan por mitigar el cambio climático, como la regulación de la temperatura ambiental, la cual también depende su

influencia en los usos de suelo que se desarrollen en las zonas circundantes; además, un corredor ribereño puede actuar como un amortiguador de las inundaciones para proteger la población y la infraestructura ante los efectos de las avenidas (Vásquez, 2016).

La condición que afecta la calidad y determina su conservación de un ecosistema ribereño, aporta información de su estado eco sistémico (M. L. Suárez *et al.*, 2005); de aquí surge la peyorativa de analizar los elementos y componentes para diagnosticar.

2.2.1.4. Gradiente de presión ribereña

Las zonas ribereñas son influenciadas por un gradiente de factores ambientales, procesos hidrológicos, la geomorfología, sucesión de comunidades bióticas, panarquias ecológicas, que dinámicamente se expande horizontalmente hasta la zona de inundación, donde la ejerce influencia las napas freáticas, la aridez y las inundaciones (Naiman *et al.*, 1993).

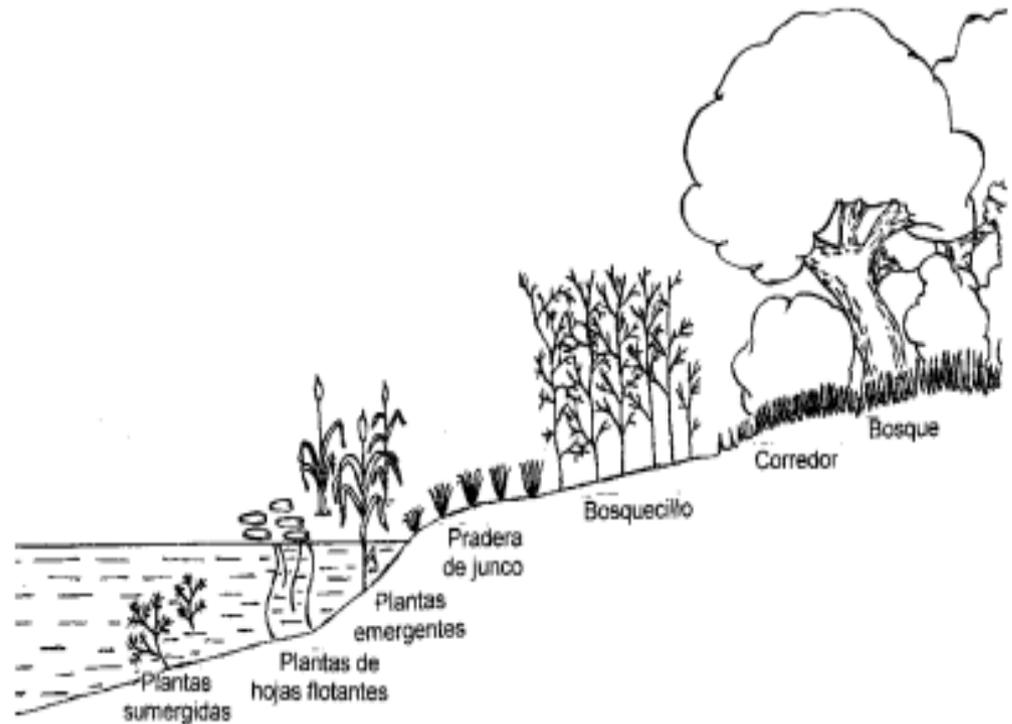
La productividad de un sistema ripiarío depende de sus factores, siendo la gran mayoría no productivos, debido a una fotosíntesis limitada por la escasez de plantas (figura 5); que depende de materia orgánica que en su mayoría es exportada de ecosistemas adyacentes (Granados-Sánchez *et al.*, 2006).

Las características propias de las riberas pueden ser evaluadas en el tiempo con índices, los cuales cuantifican sus atributos mediante un conjunto de parámetros y determinan un valor con relación a las condiciones de

referencia, lo cual permite establecer la gradiente de presión antrópica (Vincenti, 2004).

Figura 5

Etapas de desarrollo de vegetación ripiaría



Nota. La vegetación ripiaría se caracteriza, por presentar zonas horizontales distintivas y estratos verticales. Tomado de “*Ecología de las zonas ribereñas*” (p.62), por Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., y López-Ríos, G. F., 2006, *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 12 (1).

2.2.1.5. Índice de Calidad de Vegetación Ribereña (QBR)

Diaz Rodriguez (2017), señala que en un ecosistema ribereño la vegetación ripiaría ejerce un control geomorfológico y de la dinámica aluvial, siendo los patrones de vegetación ribereña indicadores de calidad ecológica, puesto que son franjas con alta riqueza de especies.

Carrasco *et al.* (2014), expone que existe una utilidad práctica del índice QBR para el logro de una organización territorial, dado que en su aplicación resulta siempre económica, rápida y los resultados son confiables, lo que se traduce en un diagnóstico territorial que analiza con mayor precisión los

impactos y problemas ambientales para su promoción de la amortiguación con fines de su restauración.

El índice QBR es utilizado en cuencas del Mediterráneo, para zonas andinas se ha adaptado con la denominación QBR-and, su aplicación consiste en la evaluación de tramos rectos de 100 metros, pero en caso de cambios bruscos puede ser menor la distancia del tramo (Raúl Acosta *et al.*, 2009).

El QBR-and incluye cuatro apartados: el grado de cubierta vegetal, la estructura de la cubierta, la calidad de la cubierta, y el grado de naturalidad del canal fluvial; considera 3 tipos de riberas: el tipo 1 son riberas rocosas donde la formación vegetal está dificultada de desarrollarse, las de tipo 2 que se encuentran en páramos y punas con matorrales o bofedales, las de tipo 3 que la componen arbustos y árboles muy diversos que son comunes en zonas de 2000 a 4000 msnm (Raúl Acosta *et al.*, 2009; Munne *et al.*, 1998).

Para el caso de las riberas de tipo 3, las modificaciones en el QBR-and, son en el tercer apartado de calidad en la cubierta vegetal, se simplifica a estimar el porcentaje de cubierta vegetal sin distinguir entre especies autóctonas e introducidas, ni cuantificar el número de ellas (Raúl Acosta *et al.*, 2009).

En cada uno de los cuatro apartados se puede alcanzar un máximo de 25 puntos, en las riberas tipo 3 puede alcanzarse un puntaje de 100; pero las riberas tipo 1 y 2 su puntuación máxima es obtenida por ponderación, dado que en las de tipo 2 se evalúan 3 apartados y en las de tipo 1 el apartado 1, es así que para compararlos con las de tipo 3 se opta por ponderarlas (Raúl Acosta *et al.*, 2009).

2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Los macroinvertebrados bentónicos son una herramienta biológica, para evaluar biodiversidad de cuerpos hídricos y vigilar la calidad de las aguas (Chaux *et al.*, 2018), se debe a que tiene una amplia distribución geográfica, presentan una gran riqueza de especies que varían de acuerdo a la gradiente ambiental, son la mayoría individuos sedentarios, algunas especies su ciclo de vida es largo integrando los efectos de la contaminación, son fáciles de muestrear y su taxonomía es bien conocida (Molocho, 2019).

Los macroinvertebrados en perturbaciones muy grandes señalan efectos en la comunidad y cuando las perturbaciones son mínimas se presentan cambios a nivel individual (Prat *et al.*, 1989).

2.2.2.1. Índices de diversidad de macroinvertebrado bentónicos

La diversidad es conocida como la variabilidad de especies en un tiempo y lugar (Ince y Sahin, 2021), está en función de la riqueza y abundancia de especies (Mata-Balderas *et al.*, 2020), por ello la biodiversidad es considerada patrimonio natural universal (Arias Arroyo, 2011).

Considerando los elementos de la biodiversidad, su interpretación las clasifica en alfa para caracterizar la riqueza de una especie, de tipo beta la composición y gama la combinación de riqueza y composición (Moreno, 2001). La riqueza específica es la forma más sencilla de cuantificar la biodiversidad, porque solo considera el número de especies (Whittaker, 1972).

a) Índice de Margalef

Considera la relación de número de especies con la del total de individuos, su valor mínimo es 0 y se obtiene cuando hay una sola especie en la muestra, los niveles de biodiversidad menores a 2 son de zonas poco biodiversas, mientras que los que superan 5 son de zonas con alta biodiversidad (Pardo, I., Abraín, R., Gómez-Rodríguez, C., García-Roselló, 2012).

$$Mg = (S - 1) / (\ln N)$$

Donde:

S = número de especies,

N = Número total de individuos.

b) Índice de Simpson

Mide la diversidad en comunidades, resulta de la probabilidad de que los individuos aleatoriamente tomados pertenezcan a una especie, los resultados del índice se presentan en el rango de 0 y 1, siendo los valores mayores los que señalan más biodiversidad (Bouza y Covarrubias, 2005).

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = la abundancia de la especie i , que resulta del número de individuos de la especie i entre el número total de los individuos muestreados.

i. Índice de Shannon-Wiener

Expresa la heterogeneidad de las especies en una comunidad, se basa en el número de especies y la abundancia, lo que permite medir la entropía, los resultados señalan 0 cuando hay una especie (Laura, 2006).

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia relativa de la especie (n_i/N),

n_i = número de individuos de la especie i ,

N = número total de individuos de la muestra.

c) Coeficiente de similitud de Jaccard

Se emplea para medir la similitud entre las zonas muestreadas, se presenta en un rango de valores de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Real y Vargas, 1996) .

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies presente en el sitio A,

b = número de especies presente en el sitio B,

c = número de especies presente en ambos sitios A y B.

2.2.2.2. Índices de calidad de agua con macroinvertebrado bentónicos

Banda *et al.* (2022), señala que los índices bióticos son indicadores alternativos de la calidad ambiental, se basan en la cantidad de especies, su abundancia, y los rasgos funcionales; Jaramillo Abad (2022) resalta a los índices basados en macroinvertebrados son los más frecuentes en las evaluaciones, dada su aceptable precisión y su bajo costo.

Castañeda Estela (2022) manifiesta que los macroinvertebrados son el resultado de la acumulación de impactos en el tiempo, detectan los impactos

difusos y son el reflejo del estado ecológico en relación con los factores de perturbación.

A mediados del siglo XIX se inició con los estudios de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua (Aguilar Baldosea y Delgado Mosquera, 2022); en la actualidad se han desarrollado una serie de índices, que en su mayoría son adaptaciones y modificaciones, uno de los primeros es el empírico Índice Biótico de Familia que desarrollo Chutter (1972) para ríos de Sudáfrica y que en Norteamérica Hilsenhoff (1988) lo modifico a Índice Biótico de Familias (IBF); otro índice de amplio uso es del Grupo de Trabajo Británico sobre Vigilancia Biológica, con sus siglas en inglés “BMWP”, el cual se adapta a los sistemas fluviales cambiando las puntuaciones de los grupos de macroinvertebrados (Czerniawska-Kusza, 2005).

Una adaptación del British Biological Monitoring Working Party (BMWP) para cuencas a más de dos mil metros de altitud, es el Índice Biótico Andino (IBA) o Andean Biotic Index (ABI), el cual fue propuesto por el CERA Perú–Ecuador, tras un estudio desde los Andes del Norte (Venezuela) hasta el Altiplano de los Andes Centrales (Bolivia) (Raúl Acosta *et al.*, 2009; Jerves-Cobo *et al.*, 2018; Méndez *et al.*, 2021; Salcedo *et al.*, 2013); otra adaptación es el índice SIGNAL que resulta más sensible que su predecesor (Figueroa *et al.*, 2007).

a) Índice Biótico de Familias (IBF)

Trabaja en una escala lineal de 0 a 10 de calidad de agua, la que requiere del conocimiento de los taxones; Chutter (1972), lo adapto para los ríos de

Sudáfrica, midiendo la desviación de una comunidad observada y una esperada en estado natural, a partir de tres hipótesis relativas a la fauna:

“Las comunidades faunísticas de arroyos y ríos limpios son definibles, que cambian de una manera predecible como la materia orgánica se añade al agua y cuando mayor es la cantidad de materia oxidable orgánica añadida, mayor será el cambio en la fauna”.

Su cálculo parte del número de individuos de los taxones, los cuales son multiplicados por los valores de calidad del taxón, obteniéndose un producto que sumado y luego dividido por el total de individuos es el índice biótico (Chutter, 1972).

$$IBF = \frac{1}{N} \sum n_i t_i$$

Dónde: n_i es el número de individuos presentes de una familia, t_i es el valor o puntaje de tolerancia a la contaminación orgánica de cada familia, N es el total de individuos en la muestra (Chutter, 1972).

b) Índice Biótico Andino (IBA) o Andean Biotic Index (ABI)

El Índice Biótico Andino (IBA) es una adaptación del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos y quebradas de dos mil a cuatro mil metros de altitud, que incluye menos especies por la altitud (Raúl Acosta *et al.*, 2009).

Su determinación parte de la identificación de familias, a las que se les asigna un valor en función de su sensibilidad a la contaminación, para luego hacer una sumatoria de todas las familias dominantes de la zona (Pimentel Jara, 2014).

En Oxapampa ha sido aplicado para evaluar las quebradas al oeste del Parque Nacional Yanchaga Chemillen, resultando ser muy útil en la determinación de la calidad de agua, luego de muestreos multihábitat (Jaramillo Abad, 2022; Salcedo Gustavson *et al.*, 2013; Trama *et al.*, 2020).

2.2.3. Calidad de agua con parámetros fisicoquímicos

La calidad de agua es una descripción de sus características físicas, químicas y biológicas, que en función a su utilidad depende los criterios de calidad, siendo las de consumo humano y recreacional las más estrictas (Cuyo Mendoza, 2017); en el Perú de acuerdo a los Estadales de Calidad de Agua (ECA) las aguas son de categoría 1: uso poblacional y recreacional, categoría 2: extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales y categoría 4: conservación del ambiente acuático (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017).

Sierra Ramos (2011) señala que, desde una perspectiva global, la calidad de agua, debe ser analizada desde sus características como la mortalidad de peces, organismos desagradables, cambios radicales en el ecosistema, transmisión de enfermedades, trastornos gastrointestinales de las personas que consumen, problemas estéticos de algas en exceso, características organolépticas y otras condiciones particulares del cuerpo hídrico que se presenten.

Las aguas de los cauces principales de los ríos pueden modificar el nivel de calidad por la contaminación difusa, debido a que zonas urbanas donde la superficie ha sido impermeabilizada, las calles no permiten la infiltración de agua, conlleva a que la contaminación se acumule en la superficie y escurre en gran cantidad,

además en las urbanizaciones se incrementan la variedad de contaminantes (Granados-Sánchez *et al.*, 2006).

Cabo *et al.* (2020), hace referencia al “*síndrome de río urbano*” el cual es una variación de la calidad del agua conforme este discurre, y en especial cuando su paso está influenciado por zonas urbanas, lo que ha venido provocando una disminución del oxígeno disuelto, incremento del nitrógeno amoniacal, aumento de la carga orgánica en función de la precipitación, todo esto a consecuencia del escurrimiento y vertimientos de aguas residuales.

Asimismo, Vargas *et al.* (2017) señala que las características del agua dependen de las interrelaciones con la geología, el clima y las condiciones hidrológicas, que son consecuentes con la calidad, el agua e inclusive se evidencian significativamente entre periodos de avenidas y estiaje.

La calidad de agua puede ser determinada por parámetros físicos, los cuales son comúnmente usados, pero no son suficiente para tener una condición global del estado de calidad del cuerpo hídrico; por ello, los bioindicadores de calidad de aguas son esenciales en la determinación de la calidad por ser seres vivos que reflejan el estado de calidad (Beghelli *et al.*, 2015; Molocho, 2019; Valladares *et al.*, 2021).

2.2.3.1. *Parámetros fisicoquímicos de calidad de aguas*

Los parámetros físicos son los que impresionan a los sentidos del ser humano, inciden directamente sobre la estética y la aceptabilidad del agua (Sanchez Requejo, 2018), los parámetros químicos se basan en la composición de las aguas; y ambos grupos de parámetros tienden a ser

evaluados en conjunto, denominados fisicoquímicos (García de la Fuente, 2013).

a) Potencial de hidrógeno (pH)

Según Trejo Vázquez y Díaz García (2007), la palabra pH es la abreviatura de "*pondus Hydrogenium*", que se traduce en el "peso del hidrógeno".

Chong Cáceres *et al.* (2007), basándose en la definición de 1909 del químico danés Sørensen, señalan que es el "*negativo del logaritmo de base 10 de la concentración molar del ion hidronio*", su resultado es adimensional y la expresión matemática es:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+].$$

Por otro lado, Gerard (1999), explica que el concepto del pH deriva de la ionización parcial de la molécula polar de agua, en iones hidronio (H^+) y en iones hidróxido (OH^-), los cuales se denotan como iones hidroxilo; tal como se expresa a continuación:



Desde el punto de vista de su aplicación como parámetro de monitoreo de agua, la importancia del pH se debe a que refleja la calidad de los cuerpos de agua, puesto que sus valores permanecen constantes a menos que sean influenciados por el medio natural o causas antrópicas (Chong Cáceres *et al.*, 2007).

b) Temperatura

La transferencia de energía o calor entre sistemas es descrita por la magnitud física de la temperatura, la cual se expresa en escala de Celsius,

Fahrenheit y Kelvin, en el agua es un parámetro importante que determina la vida acuática, reacciones químicas y su velocidad de reacción, dado que se correlaciona con el pH, el déficit de oxígeno, densidad, la conductividad eléctrica (García de la Fuente, 2013).

c) Conductividad eléctrica (CE)

Es la capacidad del agua en el transporte de electricidad, está relacionado con las sales en disolución y la temperatura de disolución de las sales (García de la Fuente, 2013); por ello, puede ser empleado como un indicador de cambios en los aportes hídricos, ya sea de origen fluvial de precipitación (Soria *et al.*, 2022).

d) Sólidos disueltos totales

Es un parámetro indicador de la materia en el agua, en aguas potables la Agencia de Protección Ambiental del Estado Unidos USEPA estableció un máximo de 500 mg/l en agua potable (Machado Campoverde y Toasa Llumigusín, 2012).

e) Sólidos en suspendidos totales

Proviene del proceso erosivo de las partículas, se componen de sólidos fijos y volátiles, so el residuo no filtrable en una muestra de agua, son proporcionales a la turbiedad de las aguas de ríos, se cuantifican en mg/l (Machado Campoverde y Toasa Llumigusín, 2012).

f) Oxígeno disuelto

Es un indicador de los procesos biológicos que dependen del O₂ disuelto, cuando la contaminación se presenta este indicador disminuye; en condiciones óptimas los ríos deben estar con un 80 % de saturación en

oxígeno disuelto, además es de resaltar que el aumento de temperatura disminuye las concentraciones de O₂ disuelto, se suele medir en mg/ l (Suárez *et al.*, 2015)

g) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es parámetro que cuantifica el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos de forma aerobia para degradar la materia orgánica presente en las aguas, se mide en los 5 primeros días de biodegradación, a una temperatura 20 °C, los resultados se presentan en mg/l O₂ (Raffo Lecca y Ruiz Lizama, 2014).

h) Nitrógeno amoniacal

Una de las especies nitrogenadas presentes en las aguas contaminadas es el nitrógeno amoniacal (del Carmen Espinosa-Lloréns *et al.*, 2013), los compuestos nitrogenados surgen del ciclo del nitrógeno en las aguas naturales por medio de sustancias orgánicas o inorgánicas nitrogenadas que las incorporaran al cuerpo hídrico (De Miguel-Fernández y Vázquez-Taset, 2006). La presencia de esta contaminante señala contaminación orgánica reciente, dado que es un componente transitorio en las aguas (Torres Bojorges *et al.*, 2017)

2.2.3.2. Índice fisicoquímico de calidad de aguas

Los índices de calidad de aguas, son resúmenes de los parámetros fisicoquímicos con fines de una mejor interpretación de la calidad de las aguas, estos utilizan una metodología que les permite transformar los datos para expresarlos como un valor (Novillo Bustos y Chang Gomez, 2015).

Para la elaboración de los índices de calidad, se considera las condiciones y presiones de los cuerpos hídricos, a partir de ello se consideran los parámetros de contaminación física (Sólidos Suspendidos Totales, pH), contaminación orgánica (Oxígeno disuelto, Demanda biológica de oxígeno), contaminación inorgánica (conductividad, nitrógeno amoniacal) (Bayo Bernald, 2013).

Uno de los índices que se adapta a los parámetros del río Chorobamba es el LIOU WQI, por su requerimiento de parámetros de calidad de aguas y su aplicación en ríos, considera los parámetros oxígeno disuelto (mg/l), DBO₅ (mg/l), sólidos en suspensión (mg/l) nitrógeno amoniacal (mg/l) (Liou *et al.*, 2004); su fórmula es:

$$WQI = \frac{1}{4} \sum (OD + DBO_5 + SS + NA)$$

Tabla 2

Puntuaciones para concentraciones del índice WQI

| Puntaje | Oxígeno Disuelto | Sólidos en Suspensión | DBO₅ | Nitrógeno amoniacal |
|----------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1 | OD > 6.5 | SS < 20 | DBO < 3 | NA < 0.5 |
| 3 | 4,5 ≤ OD ≤ 6,5 | 20 ≤ SS < 50 | 3 ≤ DBO < 5 | 0.5 ≤ NA < 1 |
| 6 | 2 ≤ OD < 4,5 | 50 ≤ SS ≤ 100 | 5 ≤ DBO ≤ 15 | 1 ≤ NA ≤ 3 |
| 10 | OD < 2 | SS > 100 | DBO > 15 | NA > 3 |

Fuente: extraído de índices de calidad de aguas (Bayo Bernald, 2013).

2.2.3.3. Caudal

Existen repercusiones en los sistemas ecológicos a razón de las variaciones del régimen de caudales, con respuestas de dinámicas

biológicas (Díez Hernández, 2011), por ende el caudal que se representa como el volumen de agua en un periodo de tiempo que discurren las aguas, constituye un factor clave para el estado ecológico en los ríos.

La estacionalidad de los ríos, señala una variabilidad de los volúmenes de aguas, entre las épocas de estiaje, donde los caudales disminuyen a razón de la precipitación, mientras que en las épocas de invierno estos se incrementan, en el río Chorobamba es evidente estos cambios, entre junio a octubre el estiaje y desde noviembre a marzo la avenida.

El método del correntómetro es el más empleado en la medición de caudales, se basa en la medición del área de sección de río y la velocidad en cada una de las secciones, para el primero se requiere medir la profundidad del río en una sección transversal y la velocidad se estima con una hélice cronometrada (Mesa, 2009).

2.2.4. Categorización de la condición ecológica

La información que brindan los índices de calidad de ribera puede complementarse con la de índices de calidad de agua y otros índices que contemplen otros indicadores bióticos distintos de la vegetación para brindar un panorama integral sobre la calidad ambiental de los ríos y permitan además la evaluación de estrategias de remediación y rehabilitación o restauración (Cabo *et al.*, 2020)

Acosta *et al.* (2009) señalan que los sistemas fluviales pueden ser valorados de manera global mediante el índice ECOSTRIAND (ECOLOGical STATUS RIVER ANDean), que determina la calidad del ecosistema fluvial, la calidad de aguas y las comunidades de macroinvertebrados; es un índice de evaluación rápida, de corto

muestreo y que para calcularlo se requiere de valorar con el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), el Índice Biótico Andino (IBA) y del Índice de Calidad de Bosques Ribereños (IBQ).

La calidad ecológica evalúa los elementos biológicos con macroinvertebrados acuáticos por su limitada movilidad, y los parámetros fisicoquímicos como contraste de los bioindicadores (Galeano Rendón *et al.*, 2017).

2.3. Definición de términos básicos

En relación con las bases teóricas revisadas y los objetivos del estudio, se identificaron los siguientes términos básicos:

a) Bosque ribereño

Son bosques adyacentes a las orillas que parten del canal activo hacia las tierras más altas, son influenciados por las inundaciones anuales, los suelos húmedos; presentan una alta biodiversidad, pueden estar en una matriz boscosa o no dado que las presiones antrópicas pueden conllevarlo a un estado ecológico degradado (Díaz P *et al.*, 2010).

b) Indicadores hidromorfológicos

Constituye la estructura física del régimen de caudales en sistemas fluviales, dándole estructura a las comunidades y desarrollando procesos biológicos, siendo sus elementos destacados la calidad hidromorfológica, régimen hidrológico, la continuidad fluvial y sus condiciones morfológicas (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).

c) Bioindicador de calidad de agua

Ser vivo con características particulares que dependen de las propiedades físicas o químicas del agua, que permiten identificar cambios por medio de su presencia,

ausencia, número de individuos, morfología o conducta en función de la calidad del ecosistema (Gamboa *et al.*, 2008).

d) Macroinvertebrado bentónico

Son bioindicadores de la calidad del agua, con un tamaño de $> 500 \mu\text{m}$, están presentes en sistemas acuáticos continentales, han sido validados en diferentes ecosistemas y además de su naturaleza sedentaria son fáciles de muestrear (Figueroa *et al.*, 2007).

e) Orden Plecóptera

Insectos de metamorfosis incompleta, las ninfas son acuáticas y los adultos son aéreos y poseen 4 alas membranosas plegadas sobre el abdomen, tienen largas antenas mandíbula masticadora (Salcedo Gustavson y Trama, 2014).

f) Orden Trichoptera

Insectos de metamorfosis completa parientes de los lepidópteros, las pupas son acuáticas, sus ojos compuestos tienen tres ocelos desarrollados, poseen glándulas productoras de seda, mandíbula con hustero que les permite alimentarse de líquidos (Salcedo Gustavson y Trama, 2014).

g) Orden Ephemeroptera

Insectos de gran tamaño, poseen 2 o 3 colas, de fuertes patas que les permiten andar sobre limo, las ninfas son depredadoras de la nectofauna (Salcedo Gustavson y Trama, 2014).

h) Efluente

Es conocido como emisario de aguas o tributario de otro río que da origen a un cuerpo de agua mayor y por lo generales con características distintas a las del

cuerpo receptor , por lo que la mezclas de sus aguas provoca un cambio en la calidad ambiental (Campos-Pulido *et al.*, 2018).

i) Aguas residuales

Son aguas contaminadas por su uso industrial, doméstico, agrícola, ganadero, minero, por consecuente su estado de calidad presenta alteración física, química y biológica; resultando en función a su grado de polución un peligro para los cuerpos receptores de estos efluentes de aguas residuales (Vidal-Álvarez, 2018).

j) Depósitos aluviales

Son almacenamientos de materiales arrastrados y depositados por las corrientes de aguas en las zonas bajas, durante los periodos de avenidas, son denominados canteras no minadas de donde se extraen agregados para la construcción (Clemente *et al.*, 2014).

k) Cauce de río

Es la zona por donde discurren las aguas, presenta una concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río o cualquier corriente de agua (R Acosta *et al.*, 2020).

l) Corredores biológicos

Áreas que conectan dos o más regiones, pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de áreas naturales (Holling, 2013).

m) Cuencas hidrográficas

Unidad geográfica natural delimitada por una divisoria topográfica, que drena a un cauce común la precipitación pluvial, transitando su escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal (Ferrer Alessi y Torrero, 2015).

n) Red hidrográfica

Sistema de circulación lineal jerarquizado y estructurado que conforma la red de escurrimientos dentro de una cuenca y permite el desfogue de las aguas por medio de su cauce principal, el cual es el de mayor caudal (González *et al.*, 2020).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Existe una gradiente de calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, en el comportamiento fluvial.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño tienen un decaimiento espacial, durante el comportamiento fluvial.
- La calidad de las aguas por índices bióticos y parámetros fisicoquímicos señalan condiciones estándares para la conservación del ambiente acuático en el cauce principal del río Chorobamba durante el comportamiento fluvial.
- Existe una relación significativa entre las condiciones bióticas y la calidad de las en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.

2.5. Identificación de Variables

La investigación considera de interés la determinación cuantitativa del estado ecológico del cauce principal de río Chorobamba, plantea como:

- Variable de caracterización 1: condiciones bióticas
- Variable de caracterización 2: calidad de las aguas

Las variables intervinientes son: la variación de las temporadas de estiaje, avenidas y la variación espacial de los puntos de monitoreo, que se expresan a través del caudal de las aguas del río Chorobamba.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 3

Matriz de operacionalización de las variables

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|-----------------------------|
| Condiciones bióticas | Conservación y calidad de macroinvertebrados y bosques ribereños | Condiciones bióticas de macroinvertebrados | Índice de Margalef | | |
| | | | Índice de Simpson | | |
| | | | Índice de Shannon-Wiener | | |
| | | | Coefficiente de Jaccard | | |
| Calidad de aguas | Grado de alteración fisicoquímica que reflejan los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de aguas. | Calidad de aguas por macroinvertebrados | Grado de cubierta de la zona de ribera | | |
| | | | Estructura de la cubierta | | |
| | | Calidad de bosque ribereño | Calidad de la cubierta | | |
| | | | Grado de naturalidad del canal fluvial | | |
| | | Estación climática. | Variación de las precipitaciones por estacionalidad climática. | Calidad de aguas por parámetros fisicoquímicos | Índice Biótico de Familias |
| | | | | | Índice Biótico Andino |
| | | | | Regímenes hídricos estacionales | Potencial de hidrógeno (pH) |
| | | | | | Temperatura |
| | | | | | Conductividad eléctrica |
| | | | | | Sólidos disueltos totales |
| Sólidos suspendidos totales | | | | | |
| Oxígeno disuelto | | | | | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | | | |
| Nitrógeno amoniacal | | | | | |
| Índice LIOU WQI | | | | | |
| | | | Caudal de las aguas | | |

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El trabajo tiene una finalidad básica, por su búsqueda de la comprensión del estado ecológico del río Chorobamba a partir de instrumentos, índices y parámetros de calidad (Vara Horna, 2015).

El estudio fue de campo y por ende la información es primaria, el carácter de los datos fue cuantitativo, con una naturaleza no experimental y tuvo un alcance temporal sincrónico (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

3.2. Nivel de Investigación

Considerando los niveles de investigación, la presente es de tipo descriptiva- correlacional, por su evaluación de las variables en función de otras variables, además se sustenta en estudio descriptivos existentes y realizar un análisis cuantitativo usando estadísticas (Vara Horna, 2015).

La investigación descriptiva-correlacional, combina la recopilación de información de las variables con el análisis de correlación de estas, resulta útil para estudios

donde sea imposible manipular las variables y los sucesos tienen precedentes históricos (Baena *et al.*, 2017).

3.3. Métodos de investigación

La tesis tiene la estructura del método científico, el estudio considero la inducción como método para establecer los elementos de calidad ecológica en el río Chorobamba y el procesamiento de la información tuvo como método de análisis y síntesis.

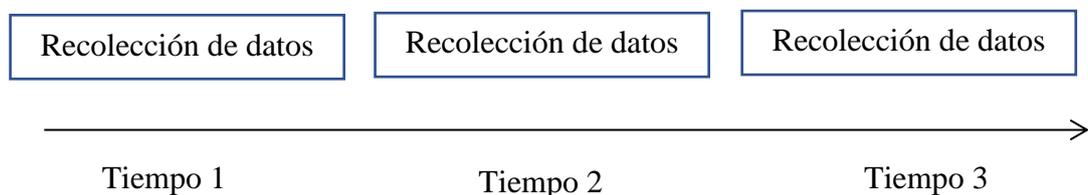
El método de análisis y síntesis, considera la disgregación de la información y su posterior composición, para ello se realiza una descripción de los elementos, una revisión de estos, la descomposición en los detalles, para luego ordenarlos y clasificarlos (Ramírez, 2016).

3.4. Diseño de investigación

Por ser una investigación no experimental, con datos recolectados en forma longitudinal, se empleó el diseño longitudinal de cohortes, el cual permitió examinar los cambios en el tiempo a través de muestras distintas pero de una misma población (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Figura 6

Esquema de diseños de evolución de grupo



Fuente: Adaptado de “*Metodología de la investigación*” (Hernández Sampieri *et al.*, 2014)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

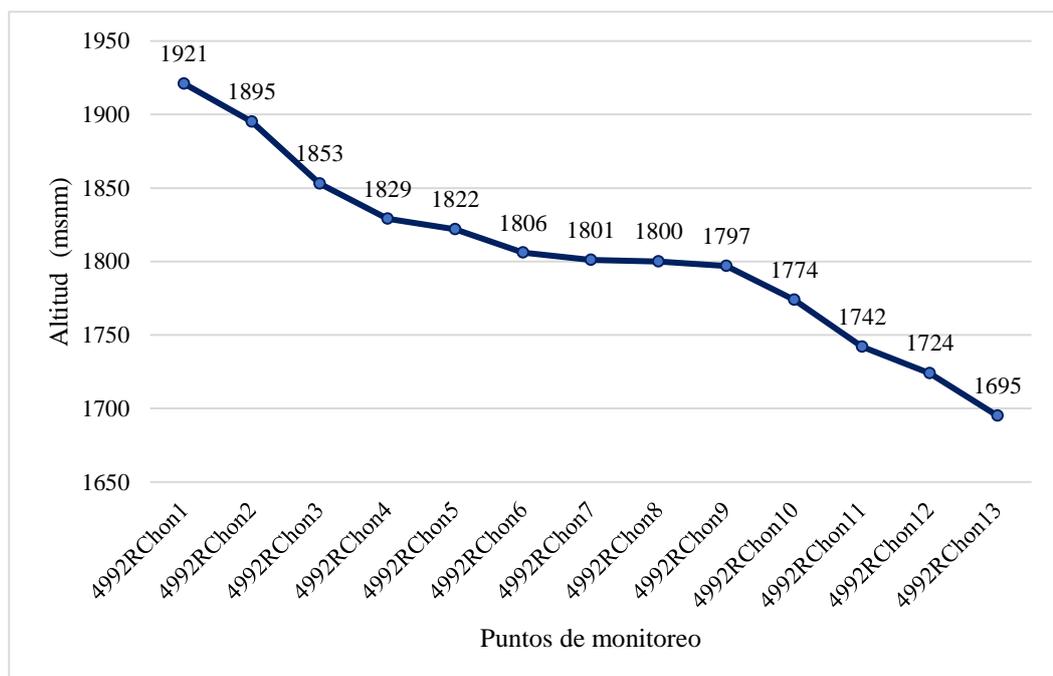
La población es el tramo del cauce principal del río Chorobamba que se consideró para el estudio, con una longitud de 4,871.33 metros. Es de precisar que el estudio parte en la unión de ríos del sector Tingo (Chontabamba), con el punto de código 4992RChon1 y se culmina en el cañón del Huancabamba con el punto 4992RChon13, los cuales se describen en la tabla 4.

3.5.2. Muestra

La determinación de las zonas de muestreos, implicó una sectorización del cauce principal del río Chorobamba en función de la altitud y pendiente, el cual tiene una pendiente media de 4.64 %, el punto más elevado es el primer punto, con elevación de 1921 msnm y el último punto su elevación es 1695 msnm, los cuales señalan una diferencia de 226 en elevación, en un tramo de 4,871.33 metros.

Figura 7

Variación de la altitud de los puntos de monitoreo



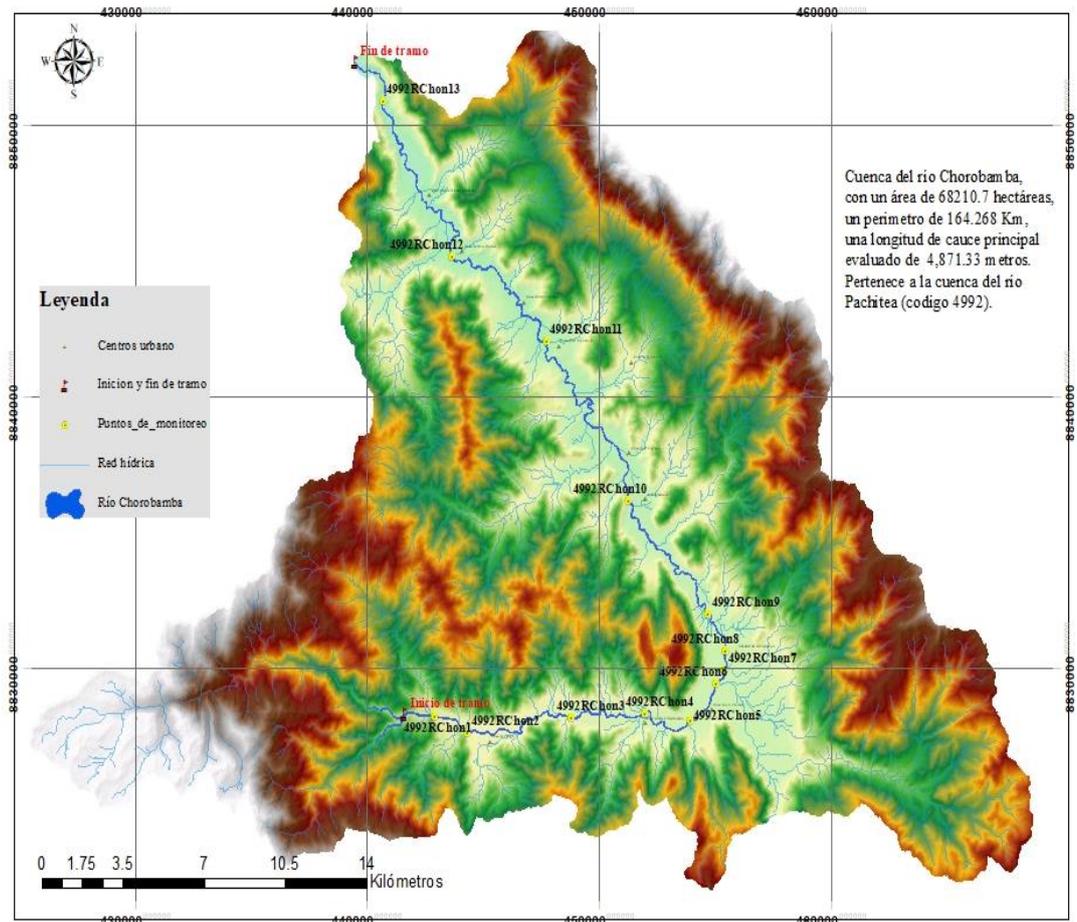
Fuente: elaboración propia.

La elevación presenta tramos con diferencia de altitud significativa en los cuatro primeros puntos de monitoreo y a partir del punto 9 al 13 se muestra una mayor disminución de la altitud, en la parte media la pendiente es mínima; a partir de ello se establecieron 13 transectos de monitoreo (muestra), cada uno de 100 m, los cuales se pueden clasificar en los de cuenca alta (3 transectos), cuenca media (6 transectos) y cuenca baja (4 transectos).

El segundo criterio considero las zonas de mayor presión antrópica como factor de distribución de los puntos de muestreo, con el fin de otorgarle a estas zonas mayor detalle; siempre cumpliendo con la identificación en coordenadas UTM, la accesibilidad para el muestreo y representatividad de la zona de muestreo.

Figura 8.

Mapa de puntos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4*Puntos de monitoreo de los transectos evaluados*

| N° | Código completo ¹ | Descripción | Coordenadas ² | |
|----|------------------------------|---|--------------------------|------------|
| | | | Este | Norte |
| 1 | 4992RChon1 | Río Chorobamba, a 200 metros abajo de la unión de ríos Tingo. | 442880.92 | 8828228.61 |
| 2 | 4992RChon2 | Río Chorobamba, a 500 metros del puente colgante Tingo. | 444319.0 | 8827596.29 |
| 3 | 4992RChon3 | Río Chorobamba, zona recreacional la curva de la roca. | 448747.74 | 8828149.46 |
| 4 | 4992RChon4 | Río Chorobamba, a 300 metros aguas arriba del puente Churumazú. | 451920.9 | 8828301.83 |
| 5 | 4992RChon5 | Río Chorobamba, zona de extracción de agregados “el Ripio”. | 453885.56 | 8828069.14 |
| 6 | 4992RChon6 | Río Chorobamba, a 400 metros a aguas arriba del río Esperanza. | 455007.98 | 8829425.02 |
| 7 | 4992RChon7 | Río Chorobamba, a 200 metros aguas abajo del río Esperanza. | 455485.1 | 8829896.7 |
| 8 | 4992RChon8 | Río Chorobamba, a 150 metros aguas abajo del puente colgante Santo Domingo. | 455380.76 | 8830629.95 |
| 9 | 4992RChon9 | Río Chorobamba, a 300 del vertimiento de aguas de Oxapampa. | 454653.3 | 8831995.75 |
| 10 | 4992RChon10 | Río Chorobamba, a 200 aguas abajo del río Quillazú. | 451340.4 | 8836108.73 |
| 11 | 4992RChon11 | Río Chorobamba, puente Salsipuedes, Grapanazú. | 447701.78 | 8842046.45 |
| 12 | 4992RChon12 | Río Chorobamba, a 20 metros aguas abajo del puente San Daniel. | 443631.96 | 8845183.13 |
| 13 | 4992RChon13 | Río Chorobamba, inicio del cañón del Huancabamba. | 440568.61 | 8851074.22 |

Nota: ¹Código completo: código de cuenca del río Pachitea (4992), Río (R), cuatro letras del río Chorobamba (Chon)_número de punto.²Coordenadas sistema UTM, proyección WGS 84.

3.6. Técnicas e instrumentos recolección de datos

En función de los indicadores de las variables se aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- La recolección de los datos de macroinvertebrado bentónicos, considero las colectas de campo con red de Surber de 500 μm , para la identificación de especies se usó un estereoscopio de marca EUROMEX, modelo ED.1502-S.
- La calidad de bosque de riberas se utilizó la técnica de observación, y aplicando como instrumento la ficha QBR, que considera 4 bloques de evaluación: Grado de cubierta de la zona de ribera, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial; para la ubicación de los puntos se empleó un GPS de marca Garmin modelo eTrex 10.
- Para los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos y salinidad, se utilizó como técnica la metrología, y se usó el multiparámetro de marca EZODO, modelo 7200.

Tabla 5

Características del equipo multiparámetro EZODO-7200

| Parámetro | pH | mV ¹ | Temperatura | TDS ² (ppm) | Salinidad (ppm) |
|------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------------------|--------------------|
| Rango | -2 a 16 | -1000 a 1000 | 0 a 90°C | 0 a 1300 | 0 a 1000 |
| Exactitud | 0.01 + 1 dígito | 2 + 1 dígito | 2 % | 2 % | 2 % |
| Resolución | 0.01 | 1 | 0.1 °C | 1 ppm | 1 ppm |

Nota:¹milivoltios (mV), ²Sólidos Totales Disueltos (TDS). Fuente: Aldalab Perú S.A.C.

- Para la determinación del oxígeno disuelto, se utilizó un oxímetro de marca WTW, modelo Oxi 315i.
- La DBO, fue determinada por el método de diluciones, en botellas winkler.

- Para la determinación del nitrógeno amoniacal, se utilizó el método de Nessler, siendo el instrumento de medición el espectrofotómetro.
- En la determinación del caudal, se aplicó el método de área-velocidad, para ello se empleó el correntómetro de hélice y la regleta para medir la profundidad de las aguas en un transecto longitudinal segmentado por la variación del perfil del fondo del río.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de metrología como el multiparámetro y el oxímetro, en las mediciones de campo se realizaron calibración con las soluciones estándar del equipo y a partir de ellas se estimó las correcciones en la lectura de datos.

Las colectas de macroinvertebrados requirieron que se haga un análisis por cada una de las especies con una prueba Z, para poder identificar si cumplen con la siguiente condición de normalidad: si $Z_c < 1,96$, a un nivel de probabilidad del 95 %; se aplicó la prueba Z por ser indicador de la cantidad de desviaciones estándares superiores o inferiores de la media por especies (Angulo, 2010); los resultados que excedieron se ajustaron a las medias poblacionales.

$$Z_c = \frac{X - X_0}{\sigma}$$

Donde:

Z_c : estadístico de prueba.

X: media aritmética del total de datos.

X_0 : media aritmética de los datos en zonas.

σ : desviación estándar.

La confiabilidad para la aplicación del Índice de Calidad de Bosque de Riveroño (QBR), resultan de ser un instrumento desarrollado por Raúl Acosta *et al.* (2009),

adaptado para zonas altoandinas por Prat Fornells *et al.* (1998) y aplicado en las cuencas de Oxapampa por Salcedo Gustavson *et al.* (2013) y Trama *et al.*, (2020).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó una base de datos en las hojas de cálculo Jamovi de los indicadores y variables estudiadas, según los siguientes detalles:

- Los datos de las colectas de macroinvertebrados, fueron inicialmente organizados en una tabla por cada monitoreo, organizada en las filas los puntos de monitoreo y en las columnas las especies de macroinvertebrados, esto permitió analizar su abundancia y frecuencia.
- Los datos del Índice de Calidad de Bosque de Ribereño (QBR), requirieron la suma de los componentes para el cálculo de dicho indicador, el cual se analizó sus estadísticos descriptivos y graficaron valores indicadores comparando con los rangos de calidad.
- Los datos de los parámetros fisicoquímicos fueron organizados por monitoreo y puntos de monitoreo, se analizaron sus estadísticos descriptivos y se realizaron gráficas de variación.
- Los cálculos de los índices biológicos (Margalef, Simpson, Shannon-Wiener y Jaccard), fueron realizados en el software Past.
- Los datos de profundidad, longitud y velocidad de los transectos de ríos monitoreados, se ingresaron al software Hec-Hms para su cálculo de las secciones transversales y caudales, los cuales organizamos por puntos y época de monitoreo para su gráfica de barras.

3.9. Tratamiento Estadístico

El tratamiento estadístico se realizó en el software SSPSS, comprendido una primera etapa para la determinación de estadísticos descriptivos: media aritmética, varianza, mínimo, máximo y percentiles de todas las variables; posterior a ello se realizó un análisis de normalidad de datos mediante la prueba de Shapiro Will, para la elección del estadístico se consideró los 39 datos por punto de monitoreo.

En una segunda etapa se desarrolló las pruebas de hipótesis, estas se fueron:

- Análisis de Varianza de un factor, para determinar la variabilidad temporal y estacional de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados.

Tabla 6.

Análisis de varianza de un factor.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | f₀ | F | p-valor |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| Tratamiento | I-1 | SSTr | MSTr = SSTr/(I-1) | MSSTr/MSE | F _{α; (I-1); I*(J-1)} | Φ(f = f ₀) |
| Error | I*(J-1) | SSE | MSE=SS E/I*(J-1) | | | |
| Total | I *J-1 | SST | | | | |

Fuente: extraído de “Análisis de varianza” de Sthle y Wold (1989).

Donde:

$$SST = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j (x_{ij} - \bar{x})^2$$

$$MSTr = \frac{SSTr}{(I - 1)}$$

$$SSTr = \frac{\sum_{i=1}^I x_i^2}{J} - \frac{x^2}{IJ}$$

$$MSE = \frac{SSE}{(I * (J - 1))}$$

$$SSE = SST - SSTr$$

- T de Student, para identificar variaciones de las condiciones estándares de calidad aguas en los parámetros fisicoquímicos y su índice.

$$T = (\text{diferencia de las medias}) / (\text{ESM})$$

Donde:

Error estándar a las diferencias de medias

$$ESM = \sqrt{vc \frac{n_1 + n_2}{(n_1)(n_2)}}$$

n_1 y n_2 : tamaño de las muestras

v_1 y v_2 : varianza de las muestras

$$vc = ((n_1 - 1) v_1 + (n_2 - 1) v_2) / (n_1 + n_2 - 2)$$

- Correlación de Pearson, para identificar relaciones entre las condiciones bióticas y la calidad de las aguas, se utilizó esta prueba por la presencia de variables con distribución normal.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Donde:

x: el valor de los datos de la variable 1.

y : el valor de los datos de la variable 2.

\bar{x} : media aritmética de la variable 1.

\bar{y} : media aritmética de la variable 2.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Este trabajo se orientó a los valores éticos y morales para el logro de los objetivos de estudio, veracidad de los datos, el cumplimiento de las normas y procedimientos; lo cual garantizó una tesis legítima y de fuerza verídica (UNDAC, 2021).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La recolección de datos se realizó en tres periodos de monitoreo, tal como se señala en la siguiente tabla.

Tabla 7

Periodos de desarrollo de los monitoreos

| N° de monitoreo | Fecha de monitoreo |
|------------------------------------|------------------------------|
| I Monitoreo (periodo de estiaje) | Del 23/08/2021 al 29/08/2021 |
| II Monitoreo (periodo de avenidas) | Del 03/01/2022 al 10/01/2022 |
| III Monitoreo (periodo de estiaje) | Del 13/06/2022 al 19/06/2022 |

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Monitoreo de macroinvertebrados bentónicos

Se realizaron colectas en cada una de las 13 zonas y en los tres monitoreos, se consideró el sustrato roca y arena, por ser los predominantes del río, la técnica consistió en una red Surber de área 0.09 m² y malla 500 µm, el punto de colecta se

seleccionó aleatoriamente luego de dividir en cuadrículas las zonas de muestreo. Debido a que el estudio considera comparar las zonas y épocas estacionales, se optó por la red Surber, por ser una técnica cuantitativa (Ramirez, 2010).

Los individuos colectados se separaron con pinzas y pinceles en frasco de plástico, debidamente rotulados y se adicionó alcohol al 70 %, para su traslado y posterior identificación con el uso del estereoscopio (Chaux *et al.*, 2019). Para la identificación se recurrió al manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto (Salcedo Gustavson y Trama, 2014), el cual considera la clave no dicotómica de identificación taxonómica para macroinvertebrados (Rica, 2010).

4.1.2. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos

Se consideró el tipo de muestra discreta, que consiste en la toma de un volumen de agua en un punto y lugar determinado, con el fin de conocer sus condiciones de calidad en las circunstancias de tiempo y lugar de su recolección (ANA, 2016).

Los puntos de muestreo fueron establecidos en las zonas de muestreo de macroinvertebrados, las muestras fueron tomadas en dirección opuesta a la corriente de aguas, sumergido el recipiente 20 cm (Custodio V. *et al.*, 2017); en el caso de parámetros de campo se consideró: potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), conductividad eléctrica (uS), sólidos disueltos totales (mg/l) y oxígeno disuelto (mg/l).

Los sólidos suspendidos totales requirieron la toma de una muestra en cada punto de monitoreo, esta se realizó en un frasco de plástico de 500 ml y se conservó a 4 °C, para su determinación en laboratorio por filtración. La demanda biológica de

oxígeno, requirió de frasco de plástico y llenado al ras; su almacenamiento por 24 horas a oscuras en un cooler, para luego su determinación en laboratorio por un sistema espirométrico.

El nitrógeno amoniacal se realizó en un frasco de plástico y posterior conservación a -18 °C en un cooler, la determinación se realizó por el método Nessler.

4.1.3. Determinación de calidad de bosque de riberas

Para la determinación de la calidad de bosque de ribera, se parte de la ubicación de los transectos de 100 m de longitud con condiciones de homogeneidad de la vegetación, luego se procederá a diferenciar la orilla de la ribera, para iniciar con la aplicación del protocolo de Índice de calidad del Bosque de Ribera: QBR; posterior a ello se procederá a determinar la cobertura ripiaría, la estructura de la cobertura, la calidad de la cobertura y la naturalidad del cauce fluvial, los cálculos de cada uno de los bloques serán de manera independiente y permitirán contar con los valores en un rango de 0 a 25, para luego efectuar una suma que es el resultado, la cual varía entre 0 y 100 (Carrasco *et al.*, 2014).

4.1.4. Mediciones de caudal

Se realizó la determinación de los caudales, con una regleta de mediciones de profundidad de aguas y la velocidad con un correntómetro de hélice; los cálculos de caudales se desarrollaron en el software de modelamiento HEC-HMS.

Para el cálculo se consideró la determinación del área de secciones de río, los cual fueron determinado por medición de la profundidad en transectos de 1 metro lineal que, multiplicados por la velocidad de flujo de agua en cada uno de estos transectos, suman el caudal en m³/s.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En función de la secuencia de recolección y procesamientos de los datos se presenta los resultados.

4.2.1. Colectas de macroinvertebrados bentónicos

En el primer monitoreo realizado en época de estiaje se colectaron 446 individuos pertenecientes a 18 familias y 21 especies de macroinvertebrados, en el segundo monitoreo correspondiente a época de avenidas se colectaron 599 individuos pertenecientes a 15 familias y 19 especies de macroinvertebrados y en el tercer monitoreo en época de inicio del estiaje se colectaron 620 individuos pertenecientes a 14 familias y 18 especies.

Dentro de las ordenes de macroinvertebrados más representativos de buena calidad de aguas, se encontró en la orden Ephemeroptera las familias *Leptophlebiidae*, *Baetidae*, *Leptohyphidae*; en la orden Plecoptera las familias *Perlidae* y en la orden Trichoptera las familias *Hydropsychidae*, *Hydrobiosidae*, *Leptoceridae* y *Polycentropoidae*.

Las familias de macroinvertebrados que destacadas por un mayor número de especies son:

- *Baetidae* con las especies: *Zelusia sp*, *Baetodes sp*, *Andesiops sp* y *Nanomis sp*;
- *Leptophlebiidae* con las especies: *Thraulades sp*, *Haplohyphes sp* y *Leptohyphes sp*;
- *Hydrobiosidae* con las especies: *Atopsyche sp*, *Smicridea sp*, *Leptonema sp1*;
- *Elmidae* con las especies: *Pharceonus sp*. y *Macrelmis sp*.

Tabla 8*Número de individuos por especie, primer monitoreo (época de estiaje)*

| Familia | Especie | N° de individuos por punto de monitoreo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|---|----|---|----|----|---|----|---|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Hyalellidae | <i>Hyallela sp.</i> | | | | | | | | 2 | 1 | 2 | 45 | 7 | 12 |
| Baetidae | <i>Zelusia sp.</i> | | | | | 1 | | 3 | 3 | 5 | 4 | | | 10 |
| Baetidae | <i>Baetodes sp.</i> | | | | 1 | 1 | | | | 7 | | | | |
| Baetidae | <i>Andesiops sp.</i> | 6 | 8 | 2 | 2 | 2 | 3 | | 5 | 2 | | | 2 | 3 |
| Leptophlebiidae | <i>Thraulades sp.</i> | | 43 | 6 | 4 | 1 | | | | | | | | |
| Leptohyphidae | <i>Haplohyphes sp.</i> | | | | 2 | 1 | 4 | | | | | | 1 | |
| Leptohyphidae | <i>Leptohyphes sp.</i> | | | 2 | 1 | 3 | 4 | | | | | | | |
| Perlidae | <i>Anacroneuria sp.</i> | 15 | 13 | 9 | 2 | 24 | 8 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| Leptoceridae | <i>Brachysetodes sp.</i> | | | | | | | 8 | 0 | 2 | | 1 | | |
| Hydropsychidae | <i>Leptonema sp1.</i> | | 1 | 1 | 2 | | | | 6 | | | | 1 | |
| Ptilodactylidae | <i>Anchytarsus sp.</i> | | | | 11 | | 3 | | | | | 4 | | |
| Psephenidae | <i>Pheneps sp.</i> | | | | | | | | | | | | | 3 |
| Elmidae | <i>Macrelmis sp.</i> | | 1 | | | 4 | | | | | 4 | | | |
| Chironomidae | <i>Chironominae sp.</i> | 1 | 3 | | | | | 1 | 3 | | | | | |
| Empididae | <i>Chelifera</i> | | | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Simuliidae | <i>Simulium sp.</i> | | | | | | | | | 13 | | | | |
| Ceratopogonidae | <i>Forcipomyinae</i> | | 2 | | | | | | | | | | | |
| Veliidae | <i>Rhagovelia sp.</i> | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Corydalidae | <i>Corydalis sp.</i> | 2 | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| Planariidae | <i>Fasiola sp.</i> | | | | | | 7 | 11 | 2 | 8 | 6 | 6 | | 2 |
| Physidae | <i>Physidae sp.</i> | | | | | | | 5 | 3 | 6 | 3 | 5 | 2 | 5 |

Nota: monitoreo realizado del 23/08/2021 al 29/08/2021, en época de estiaje. Fuente: elaboración propia.

Tabla 9*Número de individuos por especie, segundo monitoreo (época de avenida)*

| Familia | Especie | N° de individuos por punto de monitoreo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|---|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Hyalellidae | <i>Hyallega sp.</i> | | | | | | | | 3 | | 3 | 53 | | |
| Baetidae | <i>Zelus sp.</i> | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 5 | | | 8 |
| Baetidae | <i>Baetodes sp.</i> | | | | | 17 | 7 | | | 29 | | | | 5 |
| Baetidae | <i>Nanomis sp.</i> | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Baetidae | <i>Andesiops sp.</i> | 7 | 10 | 9 | 3 | 2 | | | 4 | 4 | | | 4 | 6 |
| Leptophlebiidae | <i>Thraulades sp.</i> | 73 | 71 | 8 | 7 | 2 | | | | | | | | |
| Leptohyphidae | <i>Leptohyphes sp.</i> | | | | 1 | 1 | | | | | | | | |
| Perlidae | <i>Anacroneuria sp.</i> | 12 | 11 | 16 | 13 | 22 | 2 | 3 | | 2 | 3 | 6 | 21 | 2 |
| Leptoceridae | <i>Brachysetodes sp.</i> | | | | | | | 2 | 3 | | | | | |
| Hydrobiosidae | <i>Atopsyche sp.</i> | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Hydropsychidae | <i>Smicridea sp.</i> | | | | | | | | | | 1 | | | |
| Hydropsychidae | <i>Leptonema sp1.</i> | 2 | | 1 | 1 | | 4 | | 3 | | | | 2 | 2 |
| Ptilodactylidae | <i>Anchytarsus sp.</i> | | | | 9 | 3 | 2 | | | | | 3 | | |
| Elmidae | <i>Macrelmis sp.</i> | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | |
| Hydrophilidae | <i>Phaenonotum sp.</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Chironomidae | <i>Chironominae sp.</i> | 1 | | | | | | 2 | 4 | | | | | |
| Corydalidae | <i>Corydalis sp.</i> | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | 1 |
| Planariidae | <i>Fasiola sp.</i> | | | | | | | 5 | 9 | 16 | 13 | 11 | 8 | 3 |
| Physidae | <i>Physidae sp.</i> | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | | 7 |

Nota: monitoreo realizado del 03/01/2022 al 10/01/2022, en época de avenidas. Fuente: elaboración propia

Tabla 10*Número de individuos por especie, tercer monitoreo (época de estiaje)*

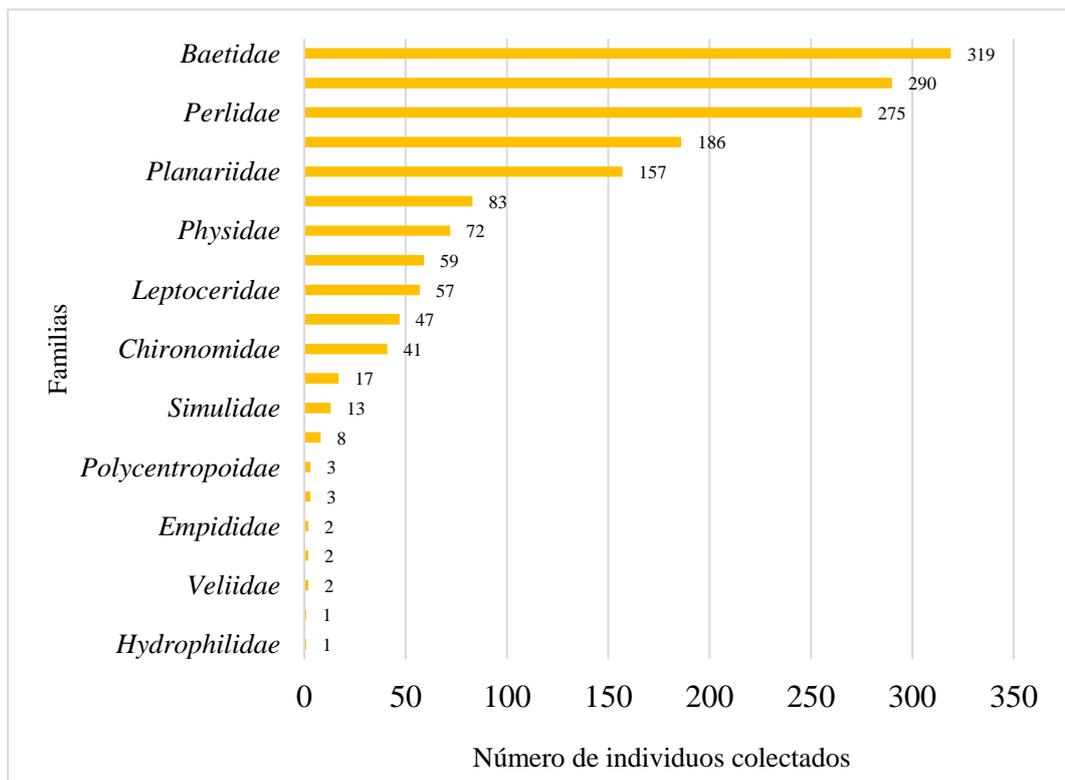
| Familia | Especie | N° de punto de monitoreo | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Hyalellidae | <i>Hyallela sp.</i> | | | | | | | | 5 | 1 | 6 | 37 | 1 | 8 |
| Baetidae | <i>Zelusia sp.</i> | | | | | | 24 | 2 | 4 | 5 | 6 | | 3 | 19 |
| Baetidae | <i>Baetodes sp.</i> | | | | | 9 | | | | 19 | 1 | | | |
| Baetidae | <i>Nanomis sp.</i> | | | | | | | | | | | | 4 | |
| Baetidae | <i>Andesiops sp.</i> | 8 | 7 | 6 | 6 | 1 | 6 | | 6 | 1 | | | 1 | 5 |
| Leptophlebiidae | <i>Thraulades sp.</i> | 21 | 35 | 5 | 5 | 1 | | | | | | | | |
| Leptohiphidae | <i>Leptohiphes sp.</i> | | | | 4 | 1 | | | | | | | | |
| Perlidae | <i>Anacroneuria sp.</i> | 11 | 9 | 13 | 7 | 18 | 4 | | | 3 | 1 | 3 | 6 | 6 |
| Leptoceridae | <i>Brachysetodes sp.</i> | 11 | | | | | 5 | 4 | 11 | 2 | 3 | 1 | | 4 |
| Polycentropoidae | <i>Polycentropus</i> | | | | | | | | | | 2 | | | 1 |
| Hydropsychidae | <i>Leptonema sp1.</i> | 1 | 2 | 1 | 3 | | 7 | | 8 | | 9 | | 12 | 13 |
| Ptilodactylidae | <i>Anchytarsus sp.</i> | | | | 7 | 5 | 5 | | | | | 5 | | 2 |
| Elmidae | <i>Pharceonus sp.</i> | | | | | | | | | | | | 1 | 2 |
| Elmidae | <i>Macrelmis sp.</i> | 1 | 1 | | | 2 | | | | | | | | 27 |
| Hydrophilidae | <i>Phaenonotum sp.</i> | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Chironomidae | <i>Chironominae sp.</i> | | | | | | 18 | 6 | 2 | | | | | |
| Planariidae | <i>Fasiola sp.</i> | | | | | | 2 | 5 | 5 | 10 | 6 | 5 | 9 | 17 |
| Physidae | <i>Physidae sp.</i> | | | | | | 1 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | | 4 |

Nota: monitoreo realizado del 13/06/2022 al 19/06/2022, en época de estiaje. Fuente: elaboración propia.

En los tres monitoreos se encontraron 27 especies de macroinvertebrados, de los cuales las familias *Polycentropoidae* y *Hydrobiosidae*, no estuvieron presentes en el primer monitoreo; en el segundo monitoreo las familias *Polycentropoidae*, *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*, *Chironomidae*, *Empididae*, *Simulidae*, y *Ceratopogonidae* no contaron con la presencia de individuos y en el tercer monitoreo las familias *Chironomidae*, *Empididae*, *Simulidae*, *Ceratopogonidae*, *Hydropsychidae* y *Psephenidae* no registraron individuos; de lo cual se puede asumir que las familias *Hydrobiosidae*, *Polycentropoidae*, *Hydropsychidae* que pertenecen al orden Trichoptera, un orden indicador de altos niveles de calidad de aguas, vienen siendo las afectadas por el decaimiento de la calidad de aguas, dado que su ausencia está relacionada con la época de estiaje y su reaparición en avenidas.

Figura 9

Abundancia de las familias en los tres monitoreos



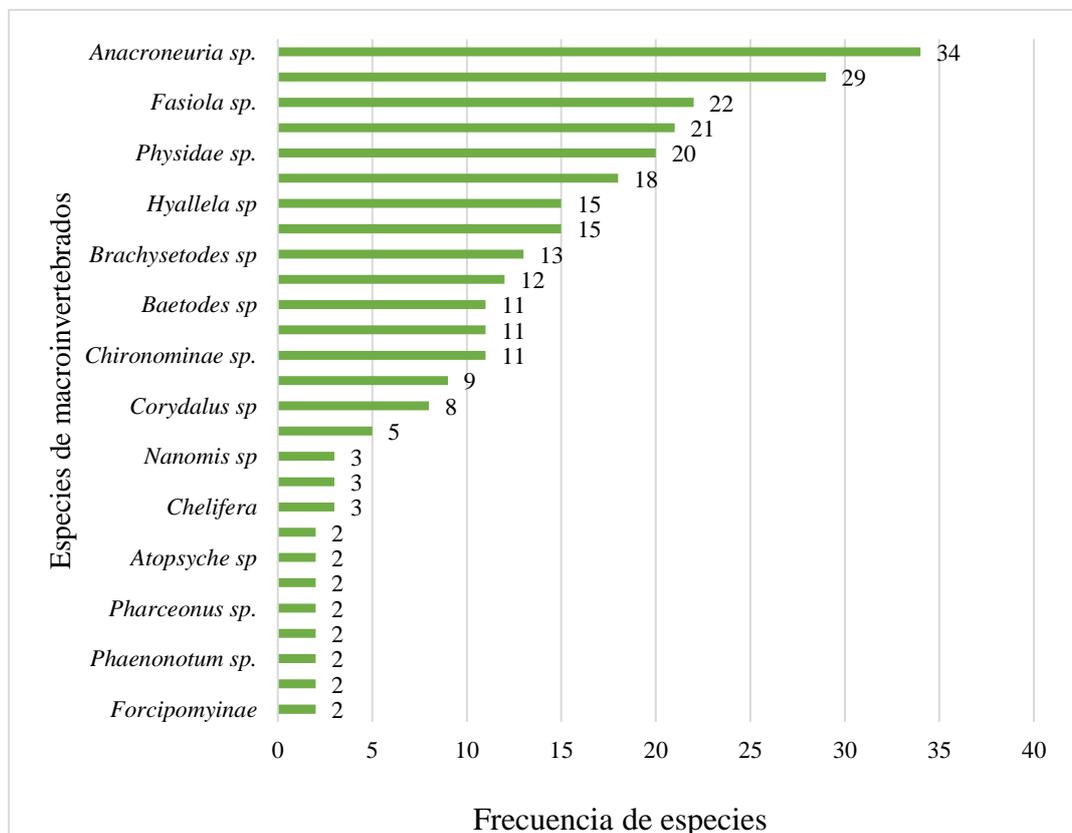
Fuente: elaboración propia.

En relación a la abundancia de especies del río Chorobamba, la familia *Baetidae*, es la más abundante en el cauce principal, representa el 19.47 % de las especies; seguida de las familias *Leptophlebiidae* (17.7 %), *Perlidae* (16.8 %), *Hyaellidae* (11.35 %), *Planariidae* (9.58 %), *Hydropsychidae* (5.07 %) y las demás familias que son el 20.02 % restante.

Considerando que se realizaron 3 monitoreos, cada uno con 13 puntos de evaluación de macroinvertebrados, la frecuencia máxima de las especies sería 39, indicando que dicha especie se encuentra presente en todos los puntos y en las tres estaciones de monitoreo; los resultados indican a *Anacroneuria sp.*, *Andesiops sp.*, *Fasiola sp.*, *Leptonema sp1* y *Physidae sp.* en el rango de las de más alta frecuencia de encontrar en el río Chorobamba.

Figura 10

Frecuencia de especies de macroinvertebrados de los tres monitoreos



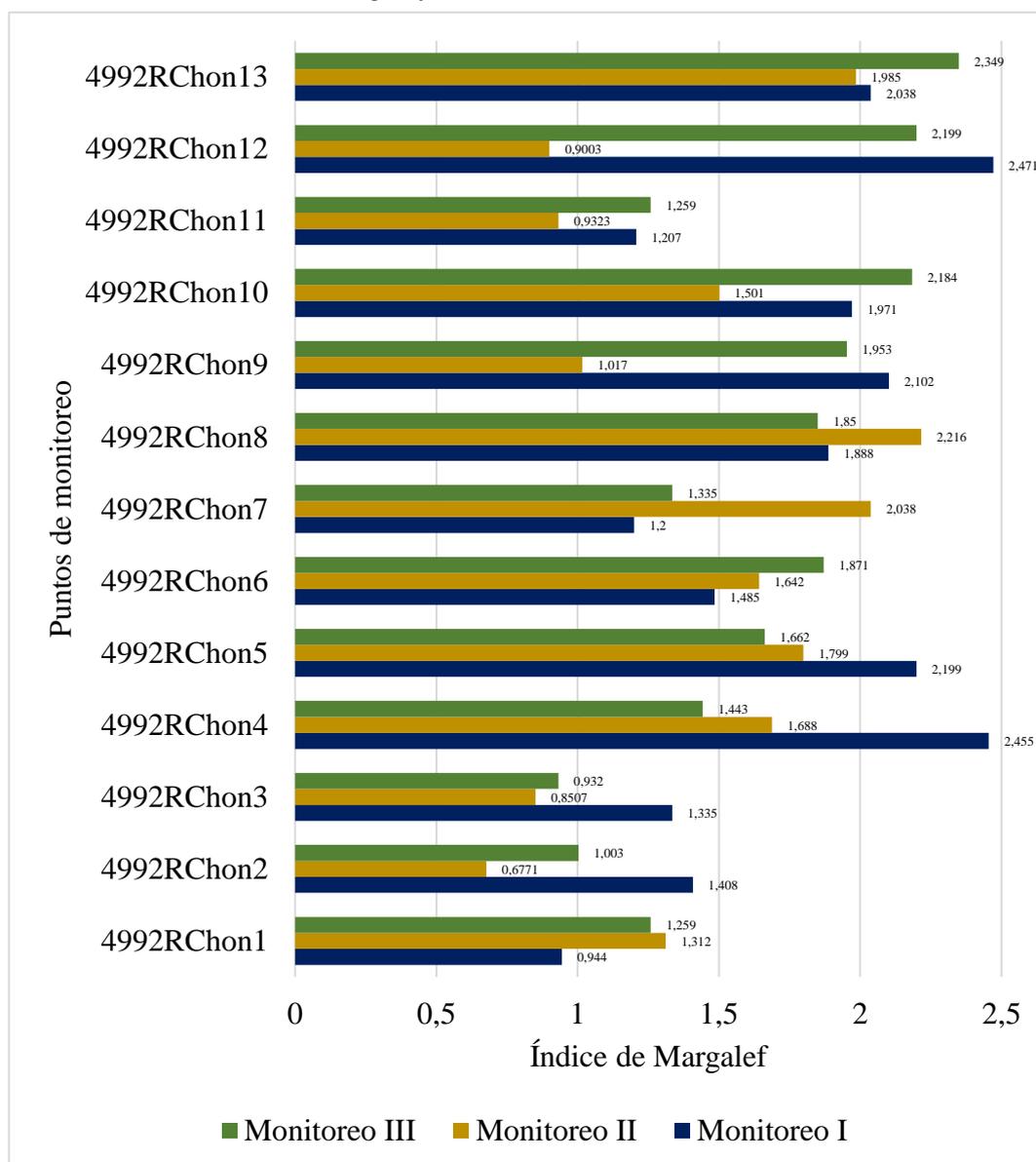
Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Análisis de biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos

La gran mayoría de puntos de monitoreo presenta un valor inferior a 2, lo cual es indicativo de baja biodiversidad, los mayores registros de diversidad de especies se presentaron en los puntos 4, 5, 9 y 12 del primer monitoreo, en el segundo monitoreo los puntos 7 y 8, para el tercer monitoreo 10, 12 y 13; los puntos 2, 3 y 11 presentaron los índices más bajos.

Figura 11

Índice de diversidad de Margalef

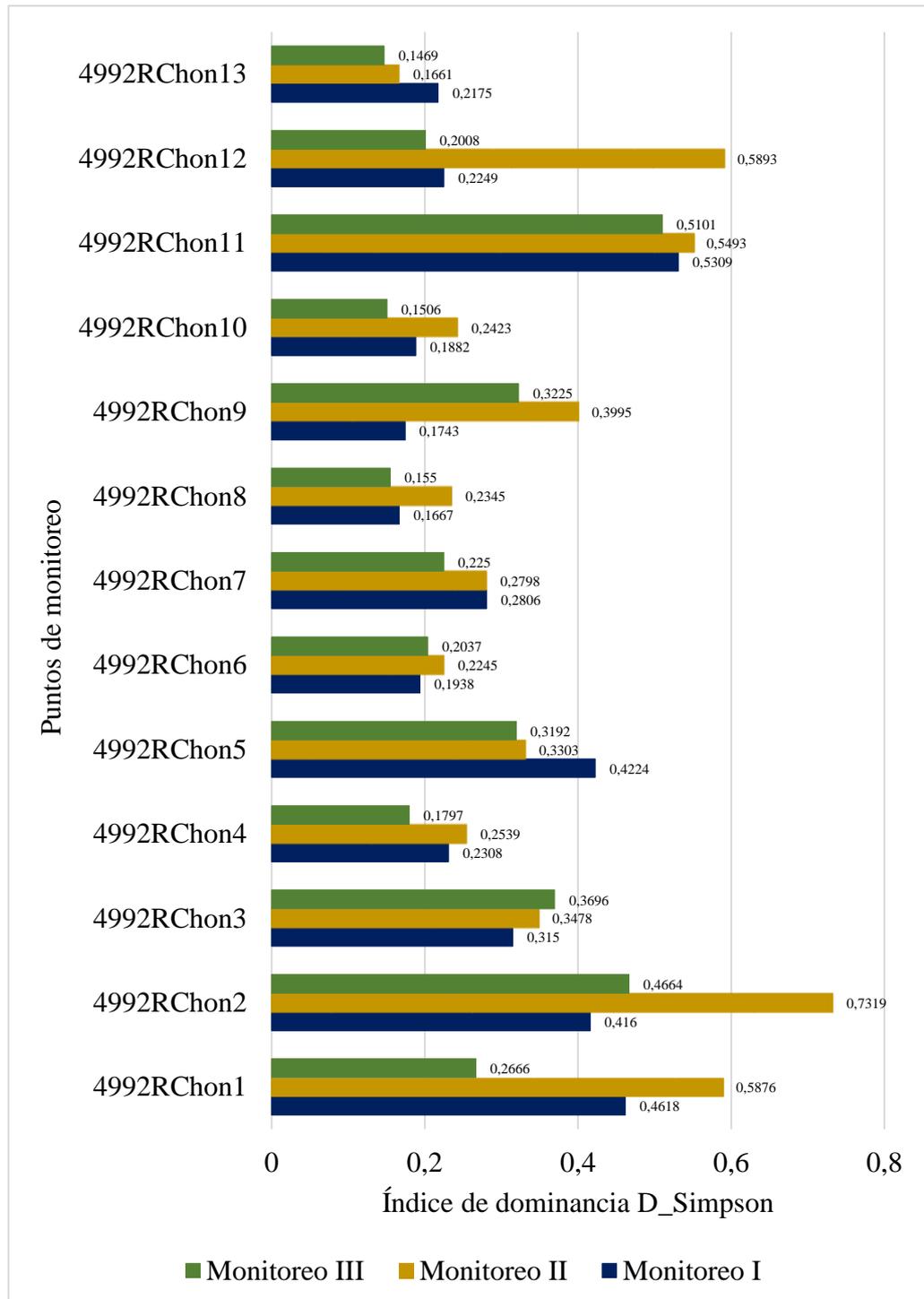


Fuente: elaboración propia.

Considerando la probabilidad de que dos individuos escogidos aleatoriamente son de la misma especie (López *et al.*, 2017), los resultados del índice de D_{Simpson} señalan a los puntos 1, 2, 11 y 12 como los de mayor diversidad.

Figura 12

Dominancia D_{Simpson} de los tres monitoreos

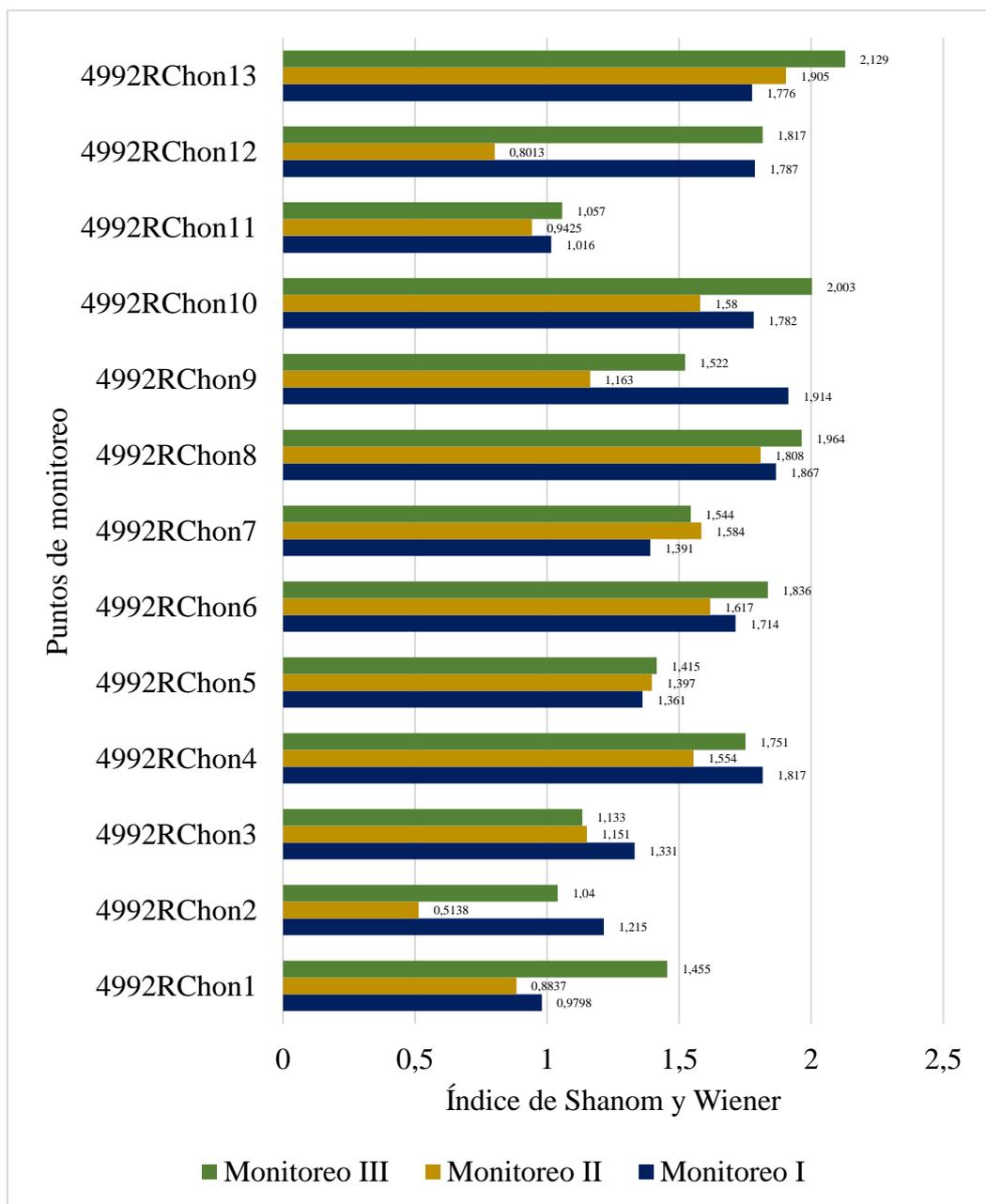


Fuente: elaboración propia.

Considerando el índice de diversidad específica de Shannon-Wiener, solo el punto 13 y 10 en el tercer monitoreo se encuentran dentro del rango normal de biodiversidad, de 2 a 3, los demás puntos evidencian una baja diversidad, esto se debe a que las zonas de playa y riberas del río Chorobamba tienden a ser zonas áridas.

Figura 13

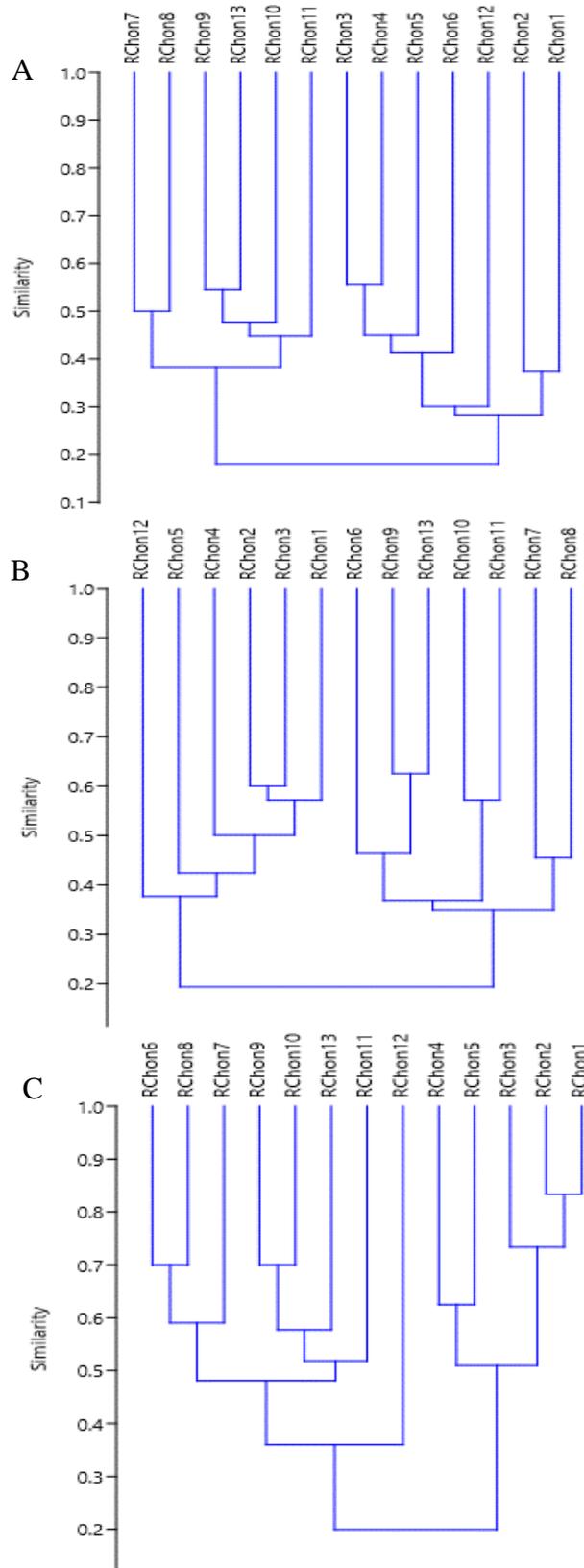
Índice de diversidad específica de Shannon-Wiener de los tres monitoreos



Fuente: elaboración propia.

Figura 14

Análisis de similitud, coeficiente de Jaccard



Nota: A coeficientes del primer monitoreo estiaje, B segundo monitoreo avenida y C tercer monitoreo estiaje. Fuente: elaboración propia.

Considerando un nivel de similitud del 0.5, podemos observar que durante el primer monitoreo los puntos 1 y 2 son muy similares, luego los puntos 3, 4, 5 y 6 son similares entre sí y con el punto 12 que se encuentra en la zona baja del río, asimismo los puntos 7, 8 por su proximidad son muy similares, así como el 9, 13, 10 y 11 reúnen condiciones de similitud por su cercanía.

En el segundo monitoreo, realizado en época de avenidas, se presenta la similitud de los puntos 7 y 8, así como de los puntos 12, 5, 4 y 6; asimismo los puntos 9 y 13 con los 10 y 13; en la parte alta el punto 1 por su proximidad guarda similitud con los 2 y 3.

En el tercer monitoreo en los inicios de la época de estiaje del 2022, los índices de similitud señalan que el punto 6 se acopla a la similitud de los puntos 7 y 8, los puntos 9 y 10 se asemejan más a los 13, 11 y 12 que son consecutivos, así como se presentan semejanzas en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5; corroborando el patrón de semejanza con la proximidad de los puntos.

Se puede deducir que la proximidad entre puntos de monitoreo es un factor de similitud de los macroinvertebrados, con algunas excepciones en donde puntos próximos se asemejan a puntos lejanos, como es el caso del punto 12, que se encuentra en el final de los tramos, pero que reúne condiciones de baja intervención al igual que sus semejantes, de aquí que las condiciones ecológicas resultan clave en la biodiversidad de especies de macroinvertebrados.

Comparando los monitoreos, las similitudes no es muy dinámica durante los cambios de estacionalidad de estiaje y avenidas, resultando que las similitudes por proximidad de los puntos se conservan con ligeras diferencias, que tienden a agruparse entre los de la zona alta (puntos 1, 2 y 3), zona intermedia del 6 al 10

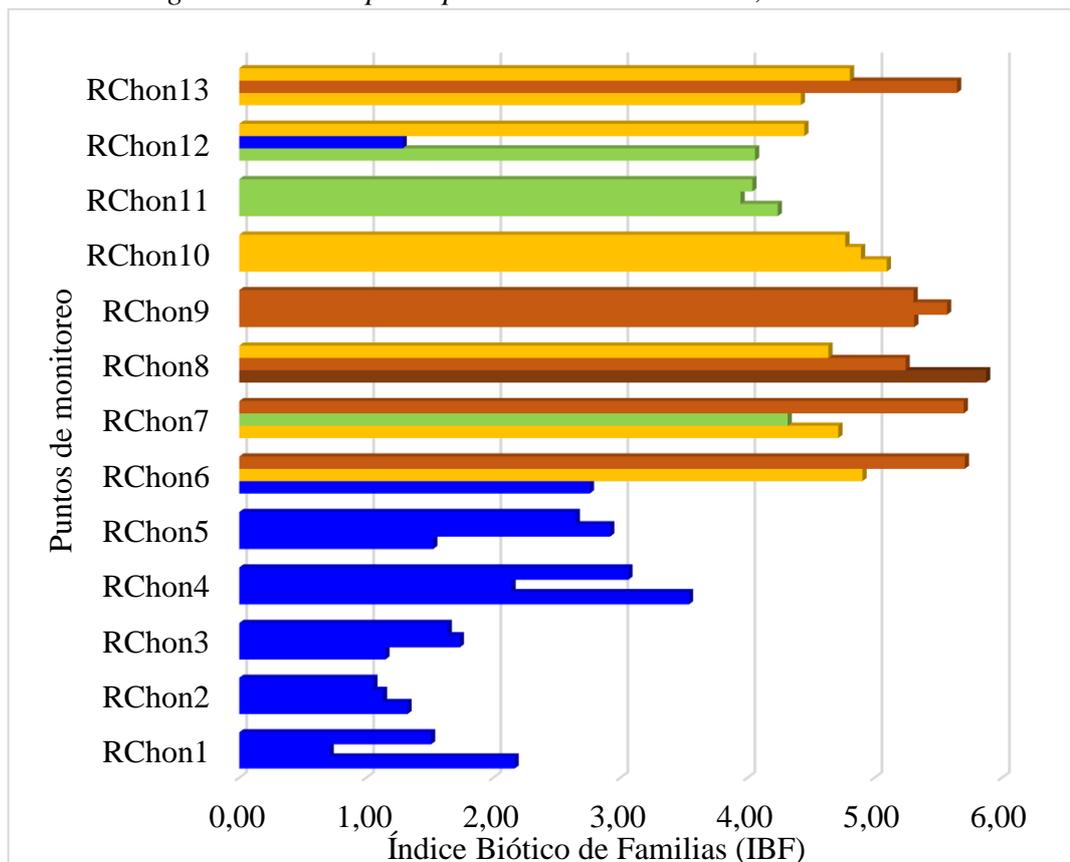
dejando de por medio a los puntos 4 y 5 como de transición y la zona baja que involucra los puntos 11 al 13.

4.2.3. Índices de calidad de aguas con macroinvertebrados bentónicos

Los resultados de la aplicación del Índice Biótico de Familias (IBF), señalan una gradiente de contaminación orgánica, donde las zonas altas muestran una calidad excelente, y para las zonas bajas varía de buena a regular. Es de resaltar que los resultados del IBF, tienden a presentar la calidad del agua con condiciones muy elevadas de calidad, por ser un índice de tolerancia a la contaminación (Hilsenhoff, 1988).

Figura 15

Calidad de aguas del cauce principal del río Chorobamba, IBF



Nota: los rangos de contaminación orgánica: excelente (0.00 a 3.75), muy buena (3.76 a 4.25), buena (4.26 a 5.00), regular (5.01 a 5.75), mala (5.76 a 6.5), nociva (6.51 a 7.25) y muy nociva (7.26 a 10.00) (Hilsenhoff, 1988). Fuente: elaboración propia.

Tabla 11*Calidad de aguas, índice Biótico Andino (IBA)*

| Punto | Monitoreo_I | | Monitoreo_II | | Monitoreo_III | |
|---------|-------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|
| | IBA | Condición* | IBA | Condición* | IBA | Condición* |
| RChon1 | 38 | Moderada | 38 | Moderada | 38 | Moderada |
| RChon2 | 36 | Moderada | 25 | Mala | 30 | Moderada |
| RChon3 | 32 | Moderada | 25 | Mala | 25 | Mala |
| RChon4 | 36 | Moderada | 43 | Moderada | 37 | Moderada |
| RChon5 | 42 | Moderada | 36 | Moderada | 41 | Moderada |
| RChon6 | 37 | Moderada | 33 | Moderada | 42 | Moderada |
| RChon7 | 22 | Mala | 38 | Moderada | 22 | Mala |
| RChon8 | 25 | Mala | 38 | Moderada | 33 | Moderada |
| RChon9 | 36 | Moderada | 22 | Mala | 40 | Moderada |
| RChon10 | 39 | Moderada | 33 | Moderada | 42 | Moderada |
| RChon11 | 37 | Moderada | 29 | Moderada | 37 | Moderada |
| RChon12 | 44 | Moderada | 23 | Mala | 42 | Moderada |
| RChon13 | 38 | Moderada | 37 | Moderada | 42 | Moderada |

Nota: *Condición: Muy buena (<74), Buena (45-74), Moderada (27-44), Mala (11-26) y Pésima (<11).

La aplicación del IBA, nos proporciona una evolución más concreta de la calidad de aguas, dado que es un índice adaptado a la zona altoandina y existe antecedente que lo recomiendan (Salcedo *et al.*, 2013; Trama *et al.*, 2020). Es de precisar que en promedio la calidad de aguas en el río Chorobamba durante el primer monitoreo fue 35.54 (moderado), el segundo monitoreo 32.31 (moderado) y el tercer monitoreo 36.23 (moderado). El valor inferior de calidad de aguas se registró en el punto 7, durante el estiaje y en avenida en punto 9, estos puntos se encuentran fuertemente influenciados por los vertimientos de

aguas residuales urbanas de Oxapampa, las condiciones moderadas de calidad se alternan con las malas, que predominan en la parte media del cauce principal.

Es de resaltar que durante los monitoreos las especies del grupo EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* e *Trichoptera*), indicadoras de aguas limpias y condiciones altas de oxígeno (Righi-Carvalho *et al.*, 2010), se pudo observar que en las zonas más contaminadas (8 y 9), estas eran de un tamaño menor y se encontraban algunas cubiertas con suciedades; las especies que presentaron estos rasgos fueron *Anacroneria sp*, *Andesiops sp* y *Baetodes sp*.

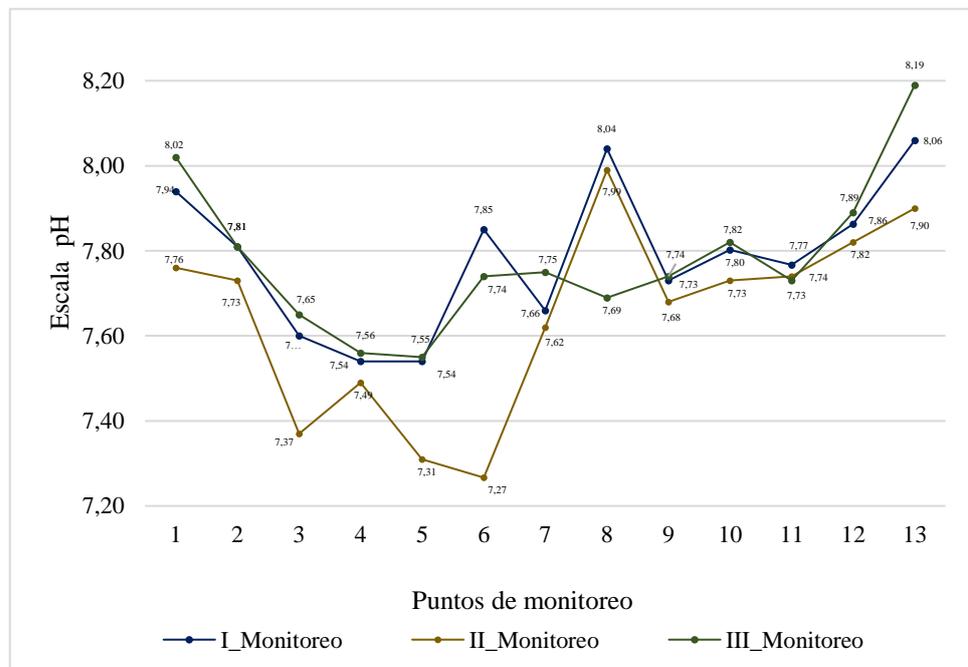
4.2.4. Calidad de aguas parámetros fisicoquímicos

4.2.4.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores de pH obtenidos en relación con el Estándar de Calidad (ECA), están dentro de los rangos de para categoría 1, 2 y 3.

Figura 16

Variación del pH, en los tres monitoreos



Fuente: Elaboración propia.

En el primer monitoreo, el más alto pH se encontró en el punto 13, con un valor de 8.06; el menor valor se registró en el punto 4, con un valor de 7.54; en promedio el pH fue de 7.78, con una desviación de estándar de 0.17.

En el segundo monitoreo, el más alto pH se encontró en el punto 8, con un valor de 7.99; el menor valor se registró en el punto 6, con un valor de 7.27; en promedio el pH fue de 7.65, con una desviación de estándar de 0.23.

En el tercer monitoreo, el más alto pH se encontró en el punto 13, con un valor de 8.19; el menor valor se registró en el punto 5, con un valor de 7.55; en promedio el pH fue de 7.78, con una desviación de estándar de 0.18.

4.2.4.2. *Temperatura (°C)*

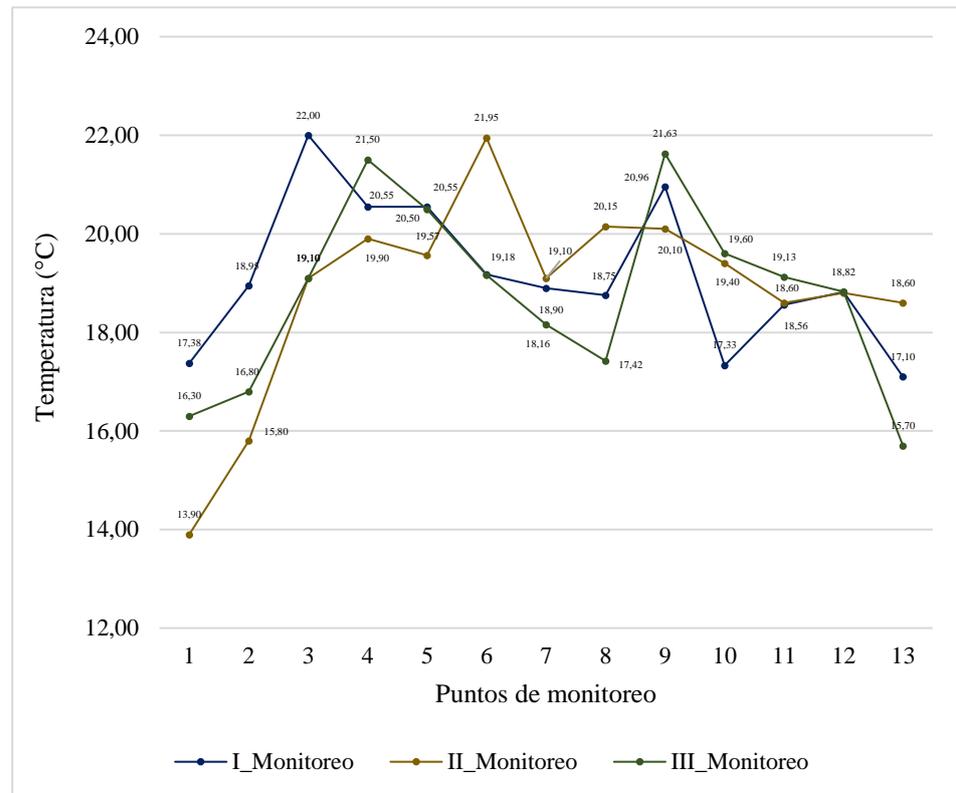
La temperatura menor de 13.9 °C se registró durante monitoreo II, en el punto 1; las temperaturas mínimas durante los monitoreos I y III fueron de 17.1 y 15.7 °C, estas se registraron en el punto 13, zona cubierta de vegetación en la parte baja de la cuenca.

Los valores máximos de cada uno de los monitoreos se registraron en los puntos 3, 6 y 9 respectivamente, con valores de 22, 21.95 y 21.63 °C. En promedio la temperatura del primer monitoreo fue de 19.16 °C, en el segundo estuvo a 18.84 °C y en el tercer monitoreo 18.76 °C.

Existe un incremento de temperatura del punto 1 al 4, a partir de allí existe un ligero decaimiento con fluctuaciones en puntos 6 y 9 dadas su escasa vegetación de dichas zonas.

Figura 17

Variación de la temperatura (°C), en los tres monitoreos



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.3. Conductividad eléctrica (uS/cm)

La conductividad eléctrica en los tres monitoreos señala un incremento a partir del punto 4; el valor máximo se registró en el tercer monitoreo, durante la época de estiaje con un valor de 124 uS/cm en el punto 8, el cual en época de estiaje presento valores máximos de 110.5 uS/cm; mientras que en el segundo monitoreo realizado en época de avenidas se registró en el punto 9 el valor máximo de 109 uS/cm.

Los mínimos valores registrados se presentaron en el punto de monitoreo 3, siendo 28, 20.9 y 26 uS/cm, respectivamente en los monitoreos I, II y III.

En promedio, la conductividad del primer monitoreo es 65.66 uS/cm, del segundo monitoreo en época de avenidas 64.74 uS/cm y del tercer

monitoreo 66.04 uS/cm, lo que señala una mínima variación de la conductividad eléctrica en relación con la estacionalidad.

El incremento de la conductividad eléctrica a partir del punto de monitoreo 4, implica efectos de vertimientos de la zona urbana de Chontabamba; los puntos 8 y 9 son los más elevados a razón que se encuentran luego del vertimiento de las aguas residuales urbanas sin tratar de Oxapampa.

La conductividad eléctrica en los tres monitoreos señala un incremento a partir del punto 4; el valor máximo se registró en el tercer monitoreo, durante la época de estiaje con un valor de 124 uS/cm en el punto 8, el cual en época de estiaje presento valores máximos de 110.5 uS/cm; mientras que en el segundo monitoreo realizado en época de avenidas se registró en el punto 9 el valor máximo de 109 uS/cm.

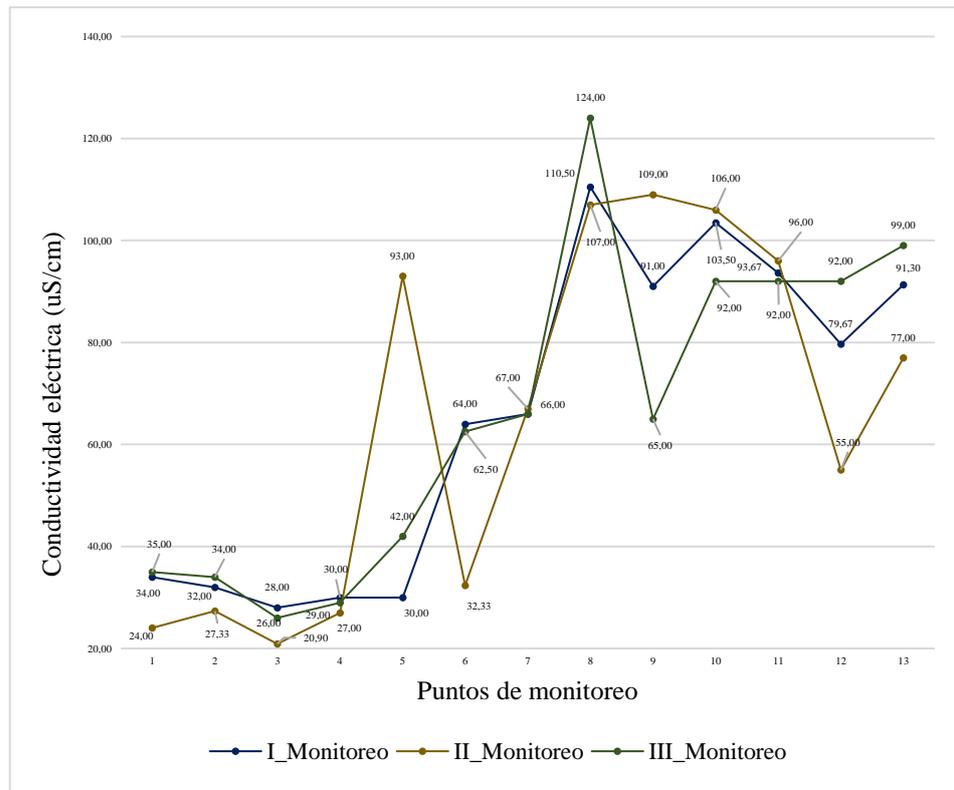
Los mínimos valores registrados se presentaron en el punto de monitoreo 3, siendo 28, 20.9 y 26 uS/cm, respectivamente en los monitoreos I, II y III.

En promedio, la conductividad del primer monitoreo es 65.66 uS/cm, del segundo monitoreo en época de avenidas 64.74 uS/cm y del tercer monitoreo 66.04 uS/cm, lo que señala una mínima variación de la conductividad eléctrica en relación con la estacionalidad.

El incremento de la conductividad eléctrica a partir del punto de monitoreo 4, implica efectos de vertimientos de la zona urbana de Chontabamba; los puntos 8 y 9 son los más elevados a razón que se encuentran luego del vertimiento de las aguas residuales urbanas sin tratar de Oxapampa.

Figura 18

Variación de la conductividad eléctrica (uS/cm), en los tres monitoreos



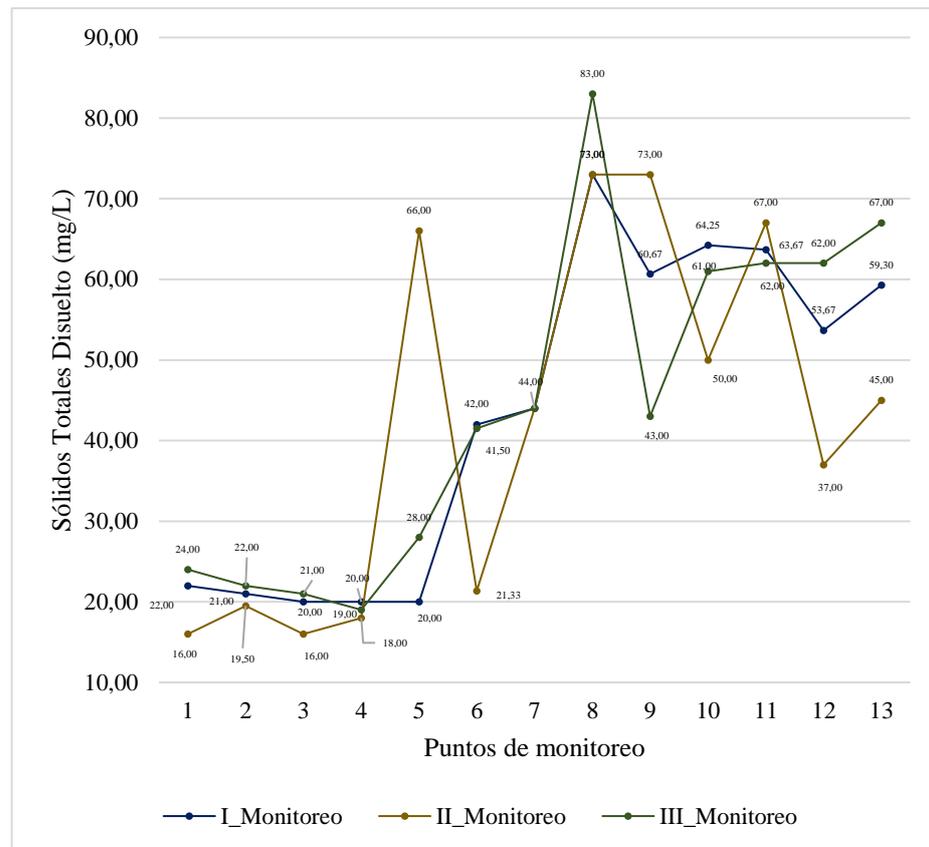
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.4. Sólidos totales disueltos (mg/l)

Durante los monitoreos I y II realizados en época de estiaje se presenta un incremento de los sólidos disueltos, a partir del punto 4 hasta el punto 8, y a partir de este punto se presenta una tendencia constante, con un ligero crecimiento en el punto 13 (último punto de monitoreo). El monitoreo II, realizado durante el periodo de lluvias, se presentan fluctuaciones, lo cual se puede asumir por la influencia de los efluentes del río Chorobamba. Los valores máximos fueron de 73 mg/L en los monitoreos I y II, así como de 83 mg/L en el monitoreo III, los puntos que presentaron los valores máximos fueron el 8 y 9, puntos en donde se puede percibir el impacto de las aguas residuales de la ciudad de Oxapampa.

Figura 19

Variación de Sólidos Totales Disueltos (mg/L), en los tres monitoreos.



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de monitoreo 1, 3 y 4 presentaron los valores mínimos de 16, 20 y 19 mg/L respectivamente; lo cual es consecuente dado que estos puntos se encuentran en la cuenca alta del río Chorobamba.

En promedio, los sólidos disueltos totales fueron 43.35, 41.99 y 44.92 mg/L, respectivamente de los monitoreos I, II y III.

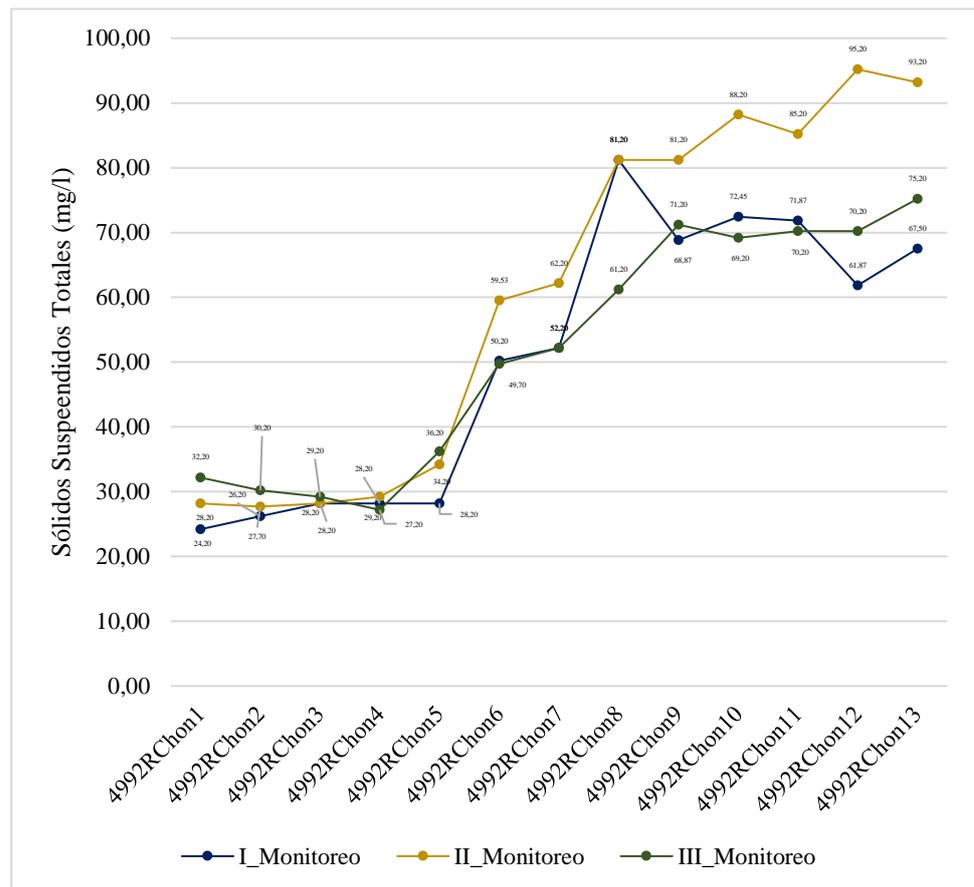
4.2.4.5. Sólidos suspendidos totales (mg/l)

Los sólidos totales disueltos en promedio de los tres monitoreos es 54,53 mg/l, con una desviación de las concentraciones en 22.88 mg/l; siendo el segundo monitoreo, que corresponde a temporada de invierno, el que presento los mayores niveles de sólidos suspendidos, mientras que los correspondientes a estiaje guardan similitud las medias. La variación

espacial indica un incremento de sólidos suspendidos a partir del punto 5, lo que se puede inferir por la presencia de vertimientos y aporte de quebradas efluentes.

Figura 20

Variación de los sólidos suspendidos totales en los tres monitoreos (mg/l)



Fuente: elaboración propia.

De la figura se puede inferir que los sólidos suspendidos tienden a duplicar su concentración a medida que se incrementa el recorrido del río Chorobamba, el valor máximo fue de 95.20 mg/l, se registró en el punto 12 durante la temporada de avenida, el mínimo fue de 24.20 mg/l, registrándose en el punto uno durante la temporada de estiaje, se asume que los incrementos en avenidas son por erosión de suelos, dado que presento este periodo gran turbiedad las aguas.

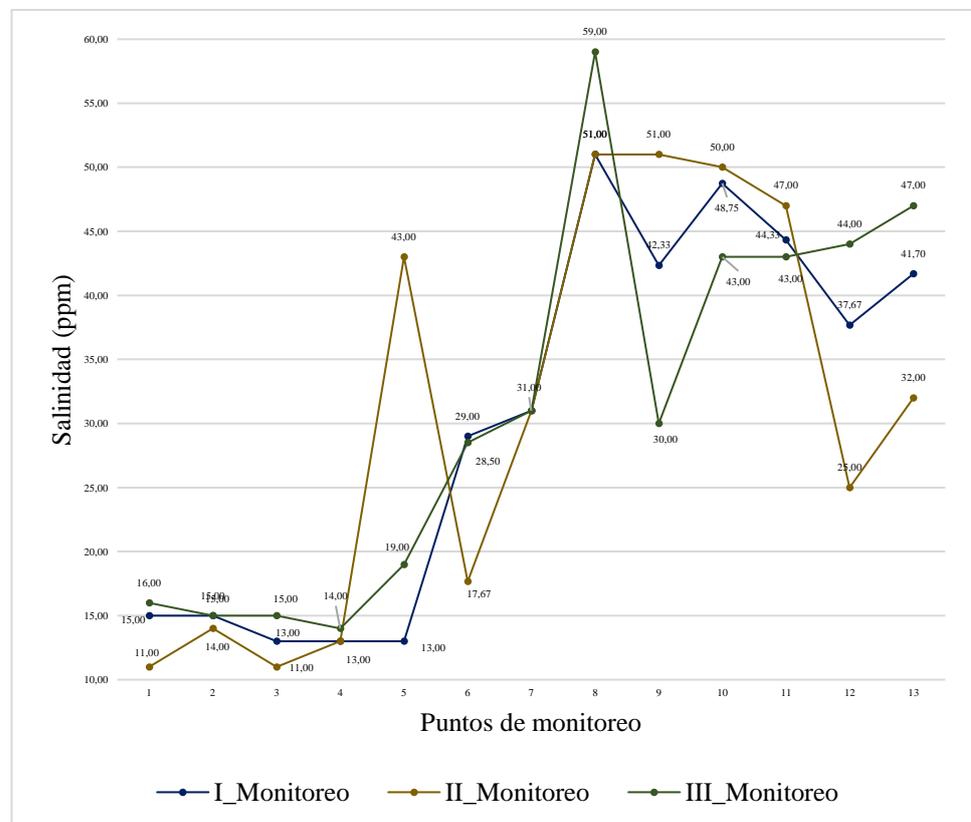
4.2.4.6. Salinidad (ppm)

El patrón de incremento a partir del punto 4 hacia el punto 8 se mantiene, aunque a partir del este último punto tiene un ligero decaimiento que tiende a incrementar en el punto 13, señalando que existe alteración en el paso de las aguas del río Chorobamba en la parte media y baja de la cuenca.

El valor máximo se encontró en el punto 8, siendo 51, 51 y 59 ppm, respectivamente para los monitoreos I, II y III, lo cual señala que este punto presenta mayor afectación en relación con los otros puntos, dado que este se encuentra cercano a los vertimientos de aguas residuales urbanas de la ciudad de Oxapampa.

Figura 21

Variación de la salinidad (ppm), en los tres monitoreos



Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de salinidad menores fueron de 11, 13 y 14 ppm, se registraron en los puntos de 1, 2, 3 y 4, que pertenecieron a la zona alta de la cuenca de río Chorobamba, zona no presenta zonas urbanizadas.

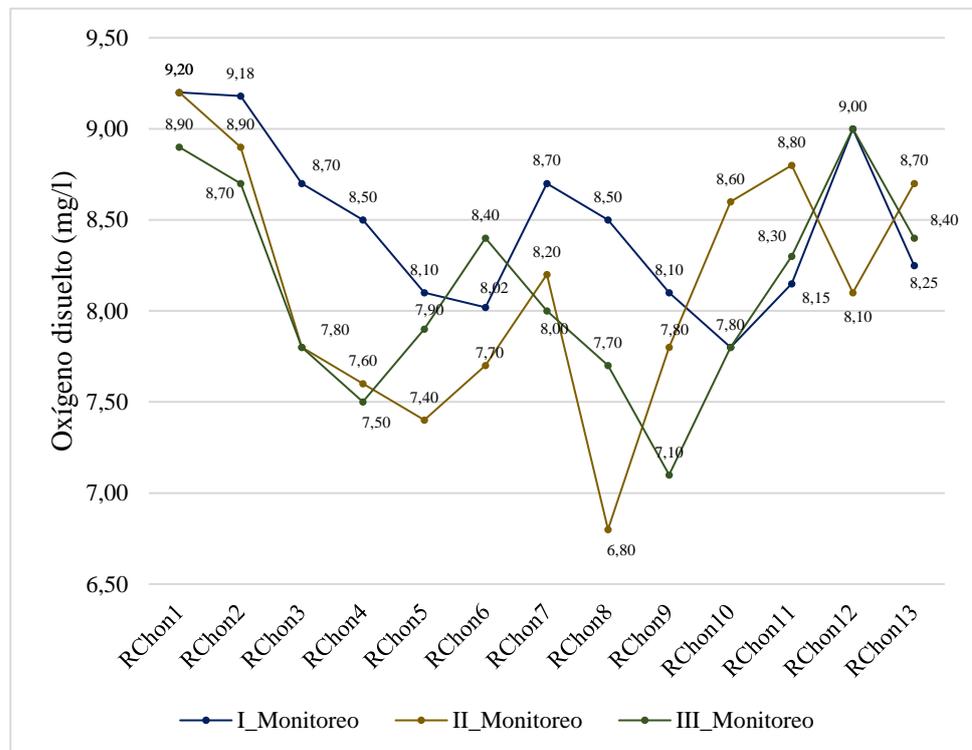
Segmentado la concentración de la salinidad en puntos de cuenca alta (1 al 4), cuenca media (5 al 8) y cuenca baja (9 al 13), se puede promediar la salinidad en 13.75, 33.68 y 41.79 respectivamente; lo cual señala un gradiente de impacto desde la zona alta hacia la zona baja, donde la zona media es la receptora de los mayores aportes y la zona baja su tendencia constante implica una mínima autodepuración.

4.2.4.7. Oxígeno disuelto

Los niveles de oxígeno disuelto en aguas señalaron al punto 1 con el valor máximo a 9.2 mg/l y al punto 8 con 6.8 mg/l con valor mínimo.

Figura 22

Oxígeno disuelto (mg/l), en los tres monitoreos



Fuente: elaboración propia.

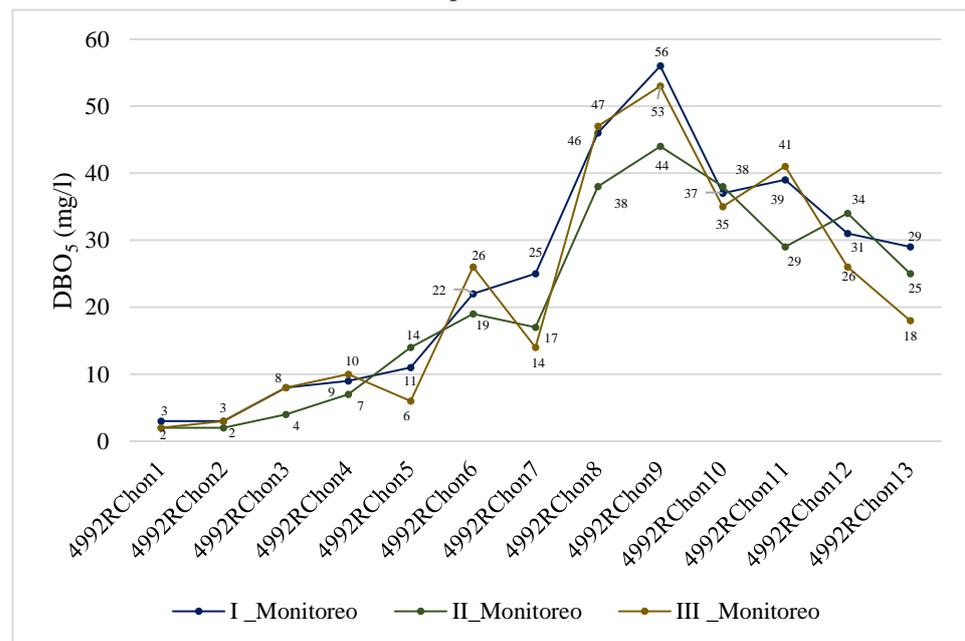
Los valores obtenidos del oxígeno disuelto, comparando con el valor del Estándar de Calidad Ambiental (Ministerio del Ambiente, 2017), cuyo mínima concentración para la conservación del ambiente acuático de ríos en selva es mayor o igual a 5 mg/l, se puede afirmar que el río Chorobamba en su extensión de monitoreo se encuentra dentro de los rangos de aceptabilidad.

4.2.4.8. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Existe un incremento de la DBO₅, a partir del punto 3, llegando a un máximo de 56 mg/l en el punto 9, durante el primer monitoreo. En la gráfica se puede apreciar que este parámetro nos indica mayor cantidad de microorganismo aerobios en las aguas que requieren de oxígeno, lo cual es atribuible a los vertimientos dado que los incrementos se evidencian a partir de ello y en las zonas bajas del cauce del río Chorobamba, existe una tendencia de autodepuración dado su recorrido del río.

Figura 23

Variación de la DBO₅, en los tres periodos de monitoreo.



Fuente: elaboración propia.

El Estándar de Calidad de Aguas (Ministerio del Ambiente, 2017), señala la DBO₅ para la conservación del ambiente acuático un valor de 10 mg/l en río de selva, para actividades de recreación con contacto primario 5 mg/l y contacto secundario 10 mg/l; lo cual solo se cumple en los tres monitoreos para los puntos 1 y 2, a partir de allí se incrementa evidenciado el riesgos para el ecosistema y actividades de recreación.

4.2.4.9. Nitrógeno amoniacal

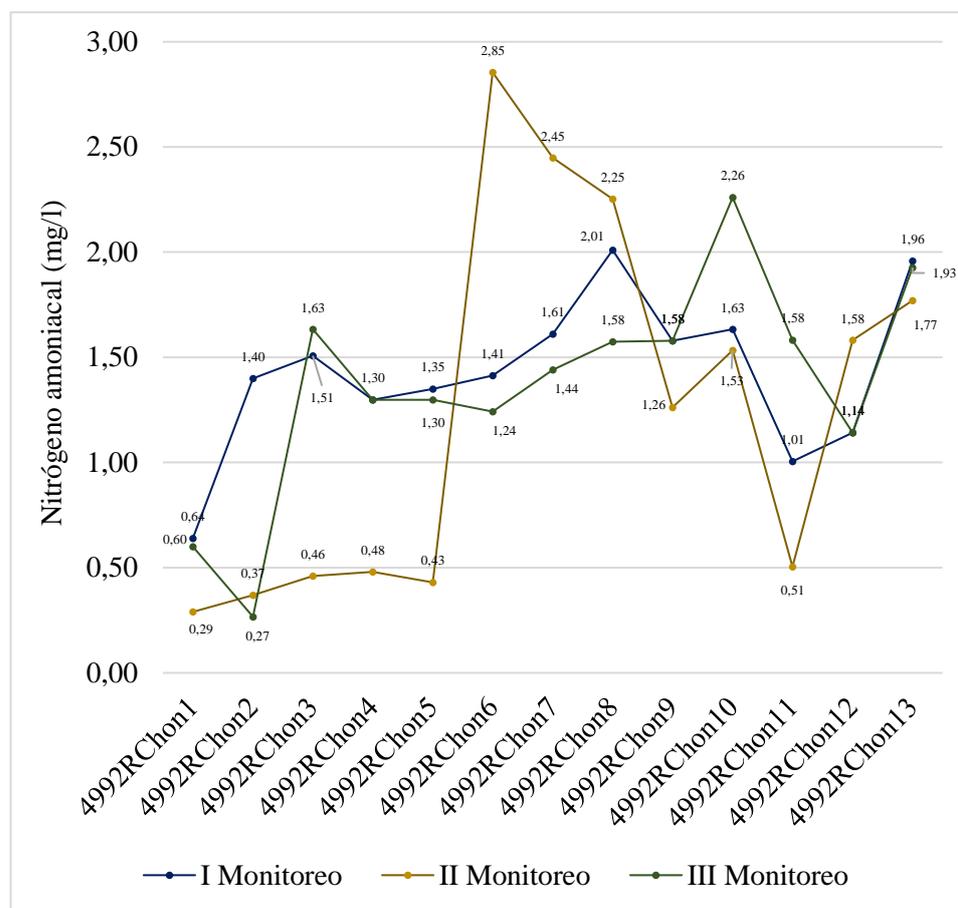
El nitrógeno amoniacal como un elemento de transición indica contaminaciones en periodos de tiempo corto (Torres Bojorges *et al.*, 2017), los resultados de los monitoreos señalan incrementos a partir del punto 3, la variación por temporadas señala diferencias entre la temporada de avenidas con las de estiaje.

El valor máximo fue de 2.85 mg/l en el punto 6 durante el monitoreo de avenidas, y el mínimo 0.27 mg/l en el punto 2 durante el monitoreo de segundo estiaje; existen fluctuaciones en los puntos 5, 11 y 2 lo que da indicios de un vertimiento de contaminantes con alta carga orgánica cercanos a ese punto.

En promedio, durante el primer monitoreo la concentración fue de 1.43 mg/l, en el segundo monitoreo 1.25 mg/l y el tercer monitoreo 1.37 mg/l, destacando una concentración menor para avenidas que se presume por el factor disolución del amoniaco en aguas, la concentración estándar de calidad es de 1.5 mg/l (Ministerio del Ambiente, 2017), lo que nos indica la gráfica es que a partir del punto 5 es muy improbable que se cumpla con esta concentración de calidad de aguas para consumo humano.

Figura 24

Variación del nitrógeno amoniacal, en los tres periodos de monitoreo



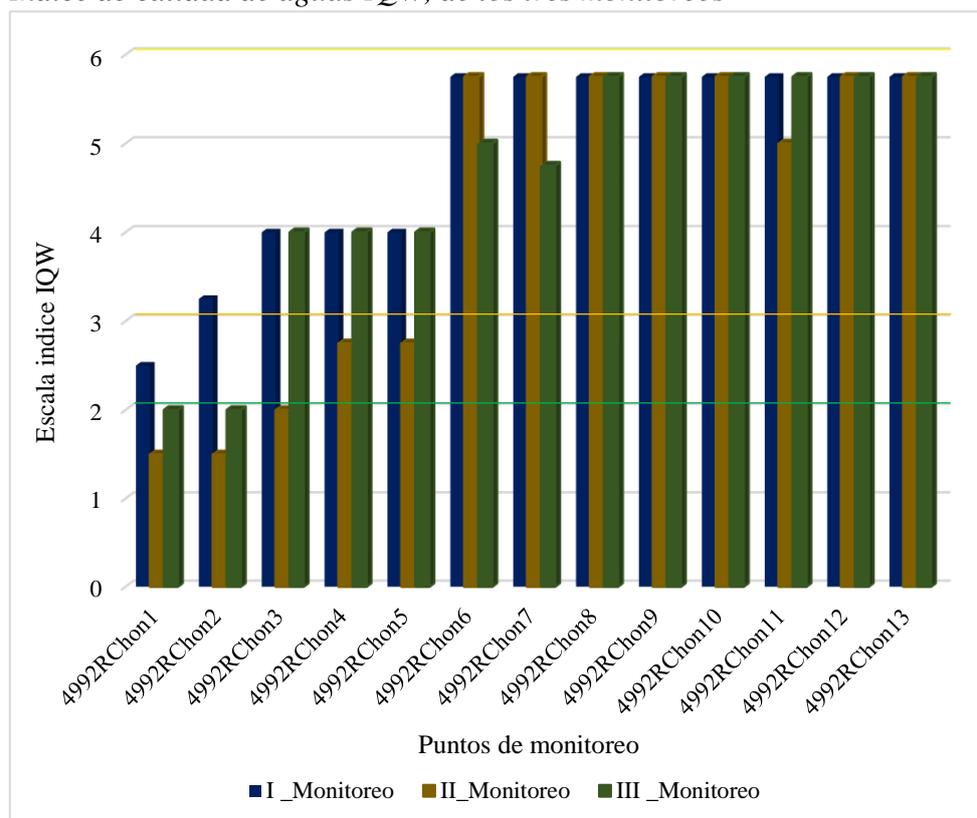
Fuente: elaboración propia.

4.2.4.10. Índice WQI

A partir de los parámetros: oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, DBO₅ y nitrógeno amoniacal, se calculó el Water Quality Index. El IQW, señalando a los puntos de la zona alta con mejores condiciones de calidad, en especial el 1 y 2, a partir del punto 3 la contaminación es mayor, evidenciado fluctuaciones entre moderada y ligeramente contaminada. Los puntos del 6 al 13 presentaron mayor deterioro de su calidad, por su condición de moderadamente contaminada.

Figura 25

Índice de calidad de aguas IQW, de los tres monitoreos



Nota: El rango de calidad del índice IQW: buena ($IQW < 2$), ligeramente contaminada ($2 \leq IQW < 3$), moderadamente contaminada ($3 \leq IQW < 6$) y muy contaminada ($IQW > 6$) (Liou *et al.*, 2004). Fuente: elaboración propia.

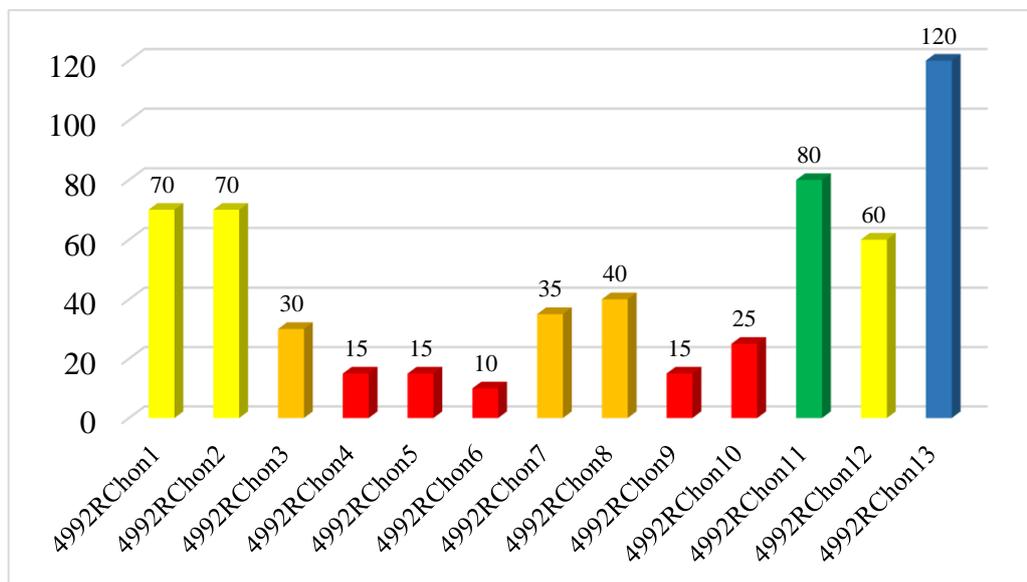
4.2.5. Calidad de bosque de riberas

Solo el punto 13, que se encuentra en el cañón del Huancabamba, presenta un estado de calidad sin alteración que asemeja a las condiciones naturales de un bosque de riberas, el punto 11 presenta ligera perturbación, los puntos 1, 2 y 12 señalan inicios de una alteración importante, el punto 3, 7, 8 y 10 señalan una alteración fuerte y los puntos 4, 5, 6 y 9 son de una degradación extrema.

Analizando las características de los bosques de riberas del río Chorobamba, podemos encontrar un gado de cubierta ribereña suele estar entre el 50 al 80 % en los extremos y en la zona media del río es menor al 10 %, perdiendo su conectividad con el bosque por estar colindando con la zona urbana.

Figura 26.

Índice de Calidad de Bosque de Riberas (IQB_and)



Nota: El rango de calidad del índice IQB_and: estado natural ≥ 96 , calidad buena de 76 a 95, calidad intermedia de 51 a 75, mala calidad de 26 a 50 y calidad pésima ≤ 25 (Trama *et al.*, 2020).

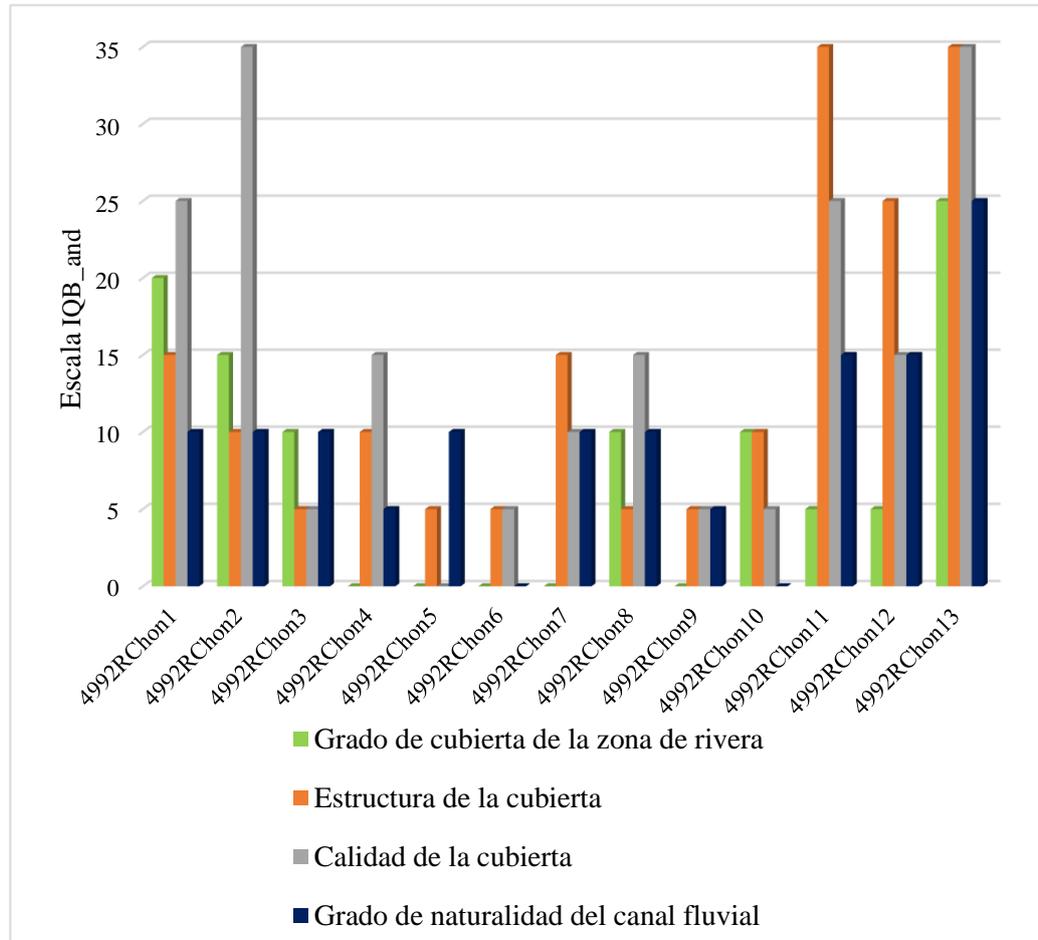
La estructura de la cubierta ribereña se compone del pacay (*Inga edulis*), pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*), caña brava (*Arundo donax*), achira (*Hedychium chrysoleucum*), gramíneas introducidas como la estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), maralfalfas (*Pennisetum purpureum*); es de destacar que estas especies son de rápido crecimiento y por ende cuando suceden periodos de avenidas extremos y se modifican los cauces del río estas especies son las colonizadoras en especial *Tessaria integrifolia* que crece en sustratos muy agrestes y a partir de ello se forman los nuevos bosques ribereños que con el pasar de las crecidas de río los sedimentos acumulativos forman los suelos para *Hedychium chrysoleucum*, *Arundo donax* e *Inga edulis*.

Las zonas ripiarias han presentado un pequeño talud inundable, que han sido en su mayoría reforzados con defensas ribereñas de rocas, en la zona baja a partir del punto 10, las pendientes del talud son verticales con pendientes superiores a 75°;

en la zona alta (puntos 1 al 4) la pendiente de la ribera es menor a 20°, lo que ha posibilitado que el río cambie de cauce constantemente y en muchos sectores se encuentre disgregado el cauce formando islas.

Figura 27.

Valoración de la calidad del bosque de riberas



Fuente: elaboración propia.

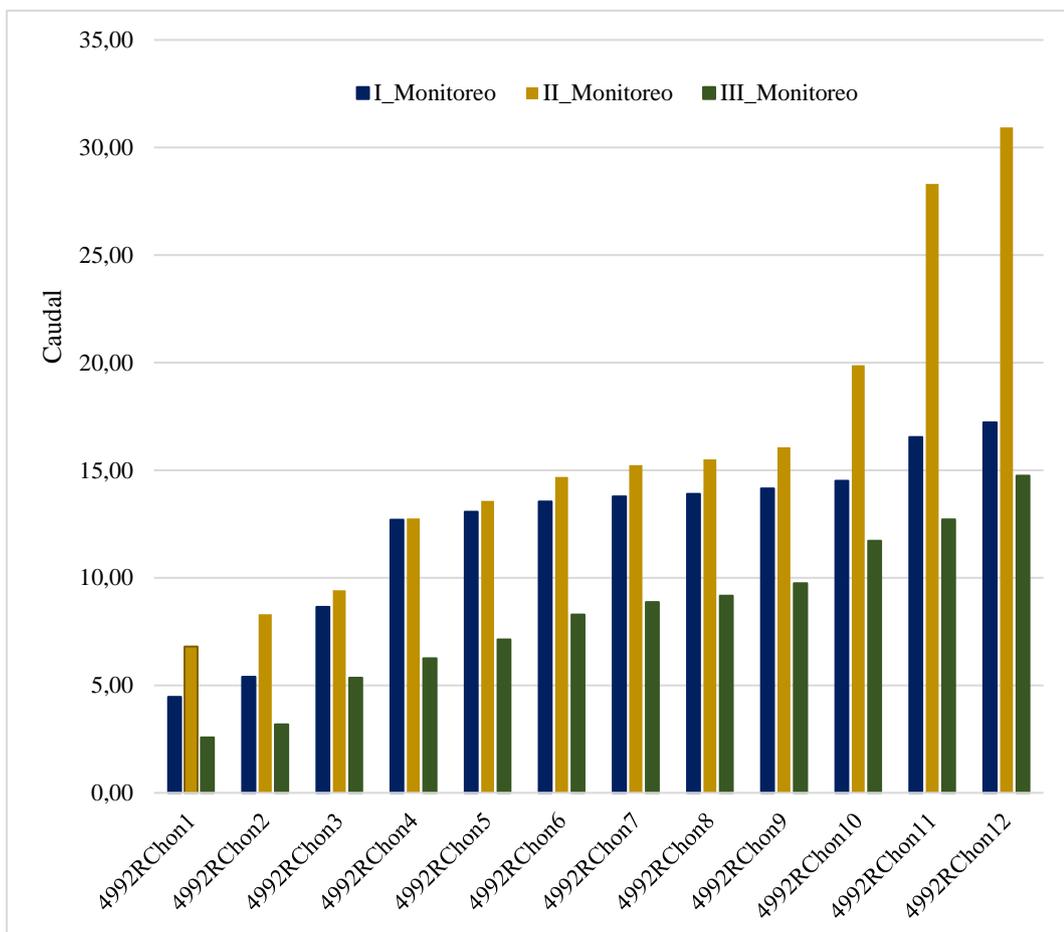
La naturalidad del canal fluvial, está influenciada por las actividades de extracción de agregados de río, en la zona alta las piedras con diámetros mayores a 30 cm, en la zona media hormigón y en la zona baja arenas finas, aunque a partir del año 2020 se viene evidenciado la extracción de hormigón por su escasez ante la alta demanda de la construcción de viviendas y obras públicas.

4.2.6. Caudal

El caudal presenta un cambio estacional, debido a las condiciones climáticas que determinan la precipitación, dado que el primer monitoreo fue en estiaje, los caudales fueron menores, el segundo monitoreo es en época de avenidas y el tercer monitoreo en estiaje. Durante el recorrido del río en el primer monitoreo existió un incremento de 14 m³ de agua, en el segundo monitoreo 25.73 m³ y en tercer monitoreo 12.98 m³; estos incrementos son atribuibles a los efluentes de aguas que vierten sus aguas al río Chorobamba.

Figura 28

Variación del caudal (m³/s)



Nota: el primer monitoreo se desarrolló del 23/08/2021 al 29/08/2021, el segundo monitoreo del 03/01/2022 al 10/01/2022 y el tercer monitoreo del 13/06/2022 al 19/06/2022.

4.2.7. Estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba

Los resultados del estado ecológico, señalan un rango de malo a pésimo, señalando condiciones pésimas en el cauce medio del río, dado que esta zona es la más afectada por los cambios de uso de suelos ante la expansión urbana de Oxapampa, actividades antrópicas y extracción de agregados de río. En el extremo superior e inferior encontramos condiciones de calidad regular y mala dada su condición de intervención y capacidad de resiliencia mayor por su distancia a las zonas medias de alta intervención.

Tabla 12.

Estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba

| Puntos de monitoreo | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo |
|---------------------|-------------|--------------|---------------|
| 4992RChon1 | Regular | Malo | Regular |
| 4992RChon2 | Regular | Pésimo | Regular |
| 4992RChon3 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon4 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon5 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon6 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon7 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon8 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon9 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon10 | Pésimo | Pésimo | Pésimo |
| 4992RChon11 | Regular | Regular | Regular |
| 4992RChon12 | Malo | Pésimo | Malo |
| 4992RChon13 | Regular | Regular | Regular |

Fuente: elaboración propia.

4.3. Prueba de Hipótesis

En función a las hipótesis planteadas, se presenta los hallazgos:

- Hipótesis específica 1: Las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño tienen un decaimiento espacial, durante el comportamiento fluvial.

H₀: No existe variación de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño de forma espacial.

H₁: Existe variación de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño de forma espacial.

Tabla 13

Análisis de varianza de un factor, por puntos de monitoreo

| Indicador | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|----------------------------------|--------------|----------------------|----|---------------------|---------|-------|
| Dominancia Simpson | Inter-grupos | 0,566 | 12 | 0,047 | 4,795 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 0,256 | 26 | 0,010 | | |
| | Total | 0,821 | 38 | | | |
| Diversidad Shannon- Wiener | Inter-grupos | 4,008 | 12 | 0,334 | 5,157 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 1,684 | 26 | 0,065 | | |
| | Total | 5,692 | 38 | | | |
| Margalef | Inter-grupos | 5,342 | 12 | 0,445 | 2,729 | 0,016 |
| | Intra-grupos | 4,241 | 26 | 0,163 | | |
| | Total | 9,583 | 38 | | | |
| Índice_QBR | Inter-grupos | 44623,077 | 12 | 3718,590 | 134,907 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 716,667 | 26 | 27,564 | | |

Nota: datos analizados en SPSS, por la prueba ANOVA de un factor.

El grado de significancia menor a 0.005 señala que la dominancia de Simpson, la diversidad de Shannon y el índice QBR, son variables en el cauce principal; mientras que el índice de Margalef no señala variación entre el número de especies presentes del total de individuos durante los puntos de monitoreo.

H₀: No existe variación de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño de forma estacional.

H₁: Existe variación de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño de forma estacional.

Tabla 14

Análisis de varianza de un factor, por estaciones de monitoreo

| Indicador | | Suma de | gl | Media | F | Sig. |
|----------------------------------|--------------|------------------|-----------|-------------------|----------|-------------|
| | | cuadrados | | cuadrática | | |
| Dominancia Simpson | Inter-grupos | 0,086 | 2 | 0,043 | 2,105 | 0,137 |
| | Intra-grupos | 0,735 | 36 | 0,020 | | |
| | Total | 0,821 | 38 | | | |
| Diversidad Shannon- Wiener | Inter-grupos | 0,615 | 2 | 0,308 | 2,182 | 0,128 |
| | Intra-grupos | 5,077 | 36 | 0,141 | | |
| | Total | 5,692 | 38 | | | |
| Margalef | Inter-grupos | 0,684 | 2 | 0,342 | 1,383 | 0,264 |
| | Intra-grupos | 8,899 | 36 | 0,247 | | |
| | Total | 9,583 | 38 | | | |
| QBR | Inter-grupos | 155,128 | 2 | 77,564 | 0,062 | 0,940 |
| | Intra-grupos | 45184,615 | 36 | 1255,128 | | |

Nota: datos analizados en SPSS, por la prueba ANOVA de un factor.

A un nivel de significancia del 0.005, se acepta la hipótesis nula, que considera la no existencia de variación estacional de las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos y del bosque ribereño de forma estacional.

- Hipótesis específica 2: La calidad de las aguas por índices bióticos y parámetros fisicoquímicos señalan condiciones estándares para la conservación del ambiente acuático en el cauce principal del río Chorobamba durante el comportamiento fluvial.

H₀: La calidad de las aguas del río Chorobamba no supera las condiciones estándares para la conservación del ambiente acuático.

H₁: La calidad de las aguas del río Chorobamba no supera las condiciones estándares.

Tabla 15

Prueba T de Studen de los indicadores de calidad de aguas

| Indicador | Valor prueba | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza | |
|-----------|--------------|-------|----|------------------|----------------------|----------------------------|----------|
| | | | | | | Inferior | Superior |
| WQI | 4,69 | 0,103 | 38 | 0,918 | 0,02462 | - 0,4576 | 0,5069 |
| IBA | 34,69 | 0,002 | 38 | 0,998 | 0,002 | -2,15 | 2,15 |
| IBF | 3,59 | -0,01 | 38 | 0,995 | -0,002 | -0,539 | 0,535 |

Nota: Se aplicó independientemente la prueba T de Studen, considerando los valores de prueba condiciones de calidad de aguas.

Se acepta la hipótesis nula con un intervalo de confianza del 95 % y significancia mayor al 0.005 la prueba T de Studen; señalando que la calidad de las aguas en el cauce principal del río Chorobamba cumple con condiciones de calidad para la conservación del ambiente acuático.

- Hipótesis específica 3: Existe una relación significativa entre las condiciones bióticas y la calidad de las en el cauce principal del río Chorobamba, durante el comportamiento fluvial.

H₀: Existe relación entre las condiciones bióticas y la calidad de las aguas del río Chorobamba

H₁: No existe relación entre las condiciones bióticas y la calidad de las aguas del río Chorobamba.

Tabla 16

Correlación de Pearson de las condiciones bióticas y la calidad de aguas

| Parámetros | | IBA | WQI | Caudal | ECOESTRI | QBR |
|------------|------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | N | | | | |
| IBA | Pearson | 1 | 0,043 | - 0,082 | - 0,246 | 0,052 |
| | Sig. (bilateral) | | 0,795 | 0,619 | 0,132 | 0,753 |
| WQI | Pearson | 0,043 | 1 | 0,567** | - 0,051 | - 0,25 |
| | Sig. (bilateral) | 0,795 | | 0,000 | 0,757 | 0,881 |
| Caudal | Pearson | - 0,082 | 0,567** | 1 | - 0,291 | 0,297 |
| | Sig. (bilateral) | 0,619 | 0,000 | | 0,072 | 0,066 |
| ECOESTRI | Pearson | - 0,246 | - 0,051 | -0,291 | 1 | -0,885** |
| | Sig. (bilateral) | 0,132 | 0,757 | 0,72 | | 0,000 |
| QBR | Pearson | 0,052 | - 0,25 | 0,297 | -0,885** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0,753 | 0,881 | 0,066 | 0,000 | |

Nota: **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se acepta la hipótesis nula de que, si existe correlación entre el estado ecológico y la calidad de aguas, presentando relación positiva entre el caudal y el índice WQI, así como el índice ECOESTRI con el índice de QBR.

4.4. Discusión de resultados

De las 39 muestras de macroinvertebrados, señalan la existencia de 21 familias de macroinvertebrados bentónicos en las aguas del cauce principal del río Chorobamba, entre las familias más abundantes estuvieron *Baetidae* (319 individuos), *Leptophlebiidae* (290 individuos), *Perlidae* (275 individuos), *Hyalellidae* (186 individuos) y *Planariidae* (157 individuos); es de resaltar que la presencia de especies como *Anacroneuria sp.*, por su presencia en los tres monitoreos y en la mayoría de puntos, además especies como *Hyallela sp.* que su presencia estuvo marcada a partir del punto 10 al 13 y la *Fasiola sp.* que en zonas de bebida de animales vacunos se encontró gran cantidad de individuos, estos puntos fueron del 6 al 13, concordando con los estudios de Gonçalves y de Menezes (2011) que registro una disminución de EPT durante la temporada de lluvias y los de Moreno y Gutiérrez (2019), quienes encontraron mayor cantidad de individuos en agosto lo cual es concordante, puesto que durante el monitoreo de julio se presentaron mayor cantidad de individuos.

Las condiciones bióticas en promedio del cauce principal señalan el índice de Simpson en 0.315, Shannon Weaver con 1.475 y Margalef en 1.604 lo cual indica no dominancia de una especie, pero si la baja biodiversidad de especies; comparando esto con los resultados en la cuenca San Alberto que es un afluente del cauce principal del río Chorobamba, en donde señala que la biodiversidad del índice de Shannon Weaver es alta con valores de 2.51 en la parte baja y 3.37 en la parte alta (Jaramillo Abad, 2021), se podría afirmar que el cauce principal presenta condiciones más deterioradas que sus afluentes dado que los resultados de Trama *et al.* (2020) lo corroboran.

Si revisamos la dominancia, podemos encontrar en el primer monitoreo al punto 6 y del 8 al 10 con valores de baja dominancia, que se normalizaron en el segundo monitoreo y para el tercer monitoreo se presentaron altos en los puntos 4, 8, 10 y 13, de lo cual podemos inferir la dominancia de especies en las zonas altas y bajas del cauce principal durante el periodo de avenida y estiaje.

Tabla 17

Estadísticos descriptivos de los índices de biodiversidad

| Estadísticos | Simpson | Shannon | Margaleft |
|---------------------|----------------|----------------|------------------|
| Media | 0,314764 | 1,474797 | 1,604113 |
| Desv. típ. | 0,1470104 | 0,3870398 | 0,5021671 |
| Varianza | 0,022 | 0,150 | 0,252 |
| Mínimo | 0,1469 | 0,5138 | 0,6771 |
| Máximo | 0,7319 | 2,1290 | 2,4710 |

Fuente: Elaboración propia

Las evaluaciones de similitud de los puntos de monitoreo indican que las condiciones de alteración afectan en la similitud de los puntos, al verificarse que el punto 13, con los puntos 1 al 4 presentan similitudes, se refiere a su condicionen de alteración, al igual que los puntos intermedios que tienden a asociarse entre próximos, esto se corrobora con lo señalado por Salcedo Gustavson *et al.* (2013), que indica en su trabajo una gradualidad de afectación entre zonas altas, medias y bajas de la cuenca.

La calidad de las aguas señala una gradiente de contaminación orgánica el Índice Biótico de Familias (IBF), donde los puntos del 1 al 5 son excelentes y del 6 al 13 se puede entrar zonas entre muy buenas regulares y malas, destacando los puntos más críticos 9 y 8; comparando las condiciones con el Índice Biótico Andino (IBA),

este presenta condiciones de calidad desde moderada a mala, siendo en su mayoría moderada y mala los puntos 7, 8, 9 y 12, los resultados si son comparados con estudios de las zonas aledañas se aproximan a los de zonas baja de las cuencas San Alberto, Chacos, San Luis, Navarra, Quillazú y San Daniel (Trama *et al.*, 2020).

Tabla 18.

Estadísticos descriptivos de índices biológicos

| Estadísticos | IBF | IBA |
|---------------------|------------|------------|
| Media | 3,588 | 34,69 |
| Desv. típ. | 1,655 | 6,638 |
| Mínimo | 0,7113 | 22 |
| Máximo | 5,875 | 44 |

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros fisicoquímicos de calidad para la conservación del ambiente acuático de ríos en selva (Ministerio del Ambiente, 2017), señalan a los valores de pH están dentro del rango de 6,5 a 9; la conductividad eléctrica es menor a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los sólidos totales disueltos son inferiores a 1000 mg/l, la salinidad es baja, el DBO_5 supera los 10 mg/l a partir del 4 punto, el oxígeno disuelto es superior a 5 mg/l y la temperatura tiene un valor mínimo de 13.9°C y máximo de 22°C, sin variaciones superiores a los 3°C entre punto y punto de monitoreo.

Los parámetros fisicoquímicos en la prueba de normalidad Shapiro Wilk, con una significación del 0.005, resultaron que el potencial de hidrógeno, la conductividad, salinidad, los sólidos totales disueltos y la DBO_5 , no son datos con distribución normal; mientras que los parámetros oxígeno disuelto, temperatura y nitrógeno amoniacal presentan una distribución de datos normales.

Tabla 19*Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos*

| Parámetros | Mínimo | Máximo | Media | Desv. típ. |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|
| PH | 7,266 | 8,900 | 7,759 | 0,262 |
| Cond | 20,900 | 124,000 | 65,479 | 31,948 |
| STD | 16,000 | 83,000 | 43,253 | 20,77 |
| SST | 24,200 | 95,200 | 54,53 | 22,88 |
| Salinidad | 11,000 | 59,000 | 30,665 | 14,979 |
| DBO ₅ | 2,000 | 56,000 | 22,589 | 16,06 |
| Oxígeno disuelto | 6,800 | 9,200 | 8,238 | 0,587 |
| Temperatura | 13,900 | 22,000 | 18,764 | 1,977 |
| N _{amoniaco} | 0,270 | 2,850 | 1,349 | 0,620 |

Fuente: Elaboración propia

Los bosques de riberas señalan condiciones entre muy buenas a buenas en los puntos 13 y 11 respectivamente; las condiciones moderadas en la zona alta los puntos 1, 2 y en la zona baja el 12; las condiciones malas son por la injerencia de actividades antrópicas en los puntos 3, 7, 8 y 10 y pésimas en los 4, 5, 6 y 9 por ser zonas donde no hay vegetación sustancial entre la ribera y la zona urbana.

El grado de cubierta vegetal ribereño, la estructura y calidad de la cubierta en las zonas altas y bajas es superior a la zona media producto del urbanismo, el canal fluvial presenta un grado de naturalidad mayor en la zona, esto se debe a que desde el punto 1 al 10 existe trabajos de encausamiento de río y extracción de agregados. El caudal de las aguas es consecuente con las variaciones de la precipitación, teniendo un máximo de 32.53 m³/s en tópicos de avenida y un mínimo de 15 m³/s en estiaje para el punto último de aforo en el cauce principal del río Chorobamba.

CONCLUSIONES

En función de los objetivos planteados se concluye que:

- Las condiciones bióticas de los macroinvertebrados bentónicos señalan una baja diversidad de especies, destacando los puntos 1, 2, 11 y 12 como los de mayor diversidad; la similitud de composición de especies está asociada a la cercanía de los puntos de monitoreo y condiciones del entorno.
- La calidad de los bosques ribereños es indicativa de un alto grado de cubierta, estructura y calidad, muy superior en las zonas altas y bajas del cauce principal del río Chorobamba; condición que disminuye en la zona media por su continuidad de las riberas a las zonas urbanas.
- La calidad de las aguas tiene una ligera a moderada contaminación según señala el índice WQI, asimismo de los parámetros del ECA en la categoría conservación del ambiente acuático se cumple a excepción de la DBO₅, que muestra niveles elevados a partir del punto 3, lo cual implican un riesgo a la salud del ecosistema.
- El Índice Biótico Andino (IBA) señalo condiciones de calidad entre moderada a mala, y el Índice Biótico de Familias señalo contaminación orgánica moderada, evidenciándose efectos del periodo de avenidas en los índices.
- El estado de calidad ecológica del cauce principal del río Chorobamba muestra fluctuaciones entre regulares a pésimas, siendo en la zona media del tramo evaluado el mayor decaimiento de la calidad; mientras que la zona alta y baja tienden a ser de regulares a malas en épocas de estiaje y con mayor propensión a pésimas en avenidas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar evaluaciones periódicas del estado ecológico del cauce principal del río Chorobamba.
- Realizar investigaciones similares, que involucren más áreas de las cuencas y comparaciones estacionales.
- Utilizar la información del trabajo de investigación para el desarrollo de planes de recuperación y manejo de la calidad ecológica del cauce principal del río Chorobamba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R, González, R., y Cuellar, R. (2020). Determinación de microorganismos presentes en el cauce del río Jordán, sector Peaje Tuta vía Tunja-Paipa. @limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(1), 5-21.
<https://doi.org/10.24054/16927125.V1.N1.2020.4144>
- Acosta, Raúl, Ríos, B., Rieradevall, M., y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.
<https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Aguilar, W., Jesus, B., Delgado, N., Universidad, M., Manizales, D. E., De, F., Contables, C., Administrativas, Y., En, M., Sostenible, D., y Medio, Y. (2019). *Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y contaminación minera en un humedal de la cuenca media del río Atrato* [Universidad de Manizales].
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/4788>
- Alfredo Apaza Ticona, Alexs Arana Olivos, Juan Baluarte Vásquez, Gabriel Clostre Orellana, Ricardo Ernesto De la Cruz Paiva, Eduardo O'Brien Mazzini, José Antonio Salazar Rivero, Christian Sánchez Montesinos, Germán Alex Sánchez Rojas, y David Alejandro Velarde Falconi. (2019). *Informe del inventario nacional forestal y de fauna silvestre del Perú* (Vol. 1).
- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. En *Ministerio de Agricultura y Riego* (p. 92). Autoridad Nacional del Agua. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- Angulo, C. E. (2010). Prueba de hipótesis frente a intervalos de confianza. *Cienc*

Tecnol Salud Vis Ocul, 8(1), 145-149. <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo>

Arias Arroyo, G. C. (2011). Biodiversidad. *Ciencia e Investigación*, 14(1), 8.

<https://doi.org/10.15381/ci.v14i1.3885>

Aybar, C., Lavado, W., Sabino, E., Huerta, A., y Felipe, O. (2017). ATLAS DE

ZONAS DE VIDA DEL PERÚ Guía Explicativa LIMA-PERÚ. En *Senamhi* (Vol.

003). [http://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/259/Atlas-](http://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/259/Atlas-zonas-vida-Perú-guía-explicativa_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[zonas-vida-Perú-guía-explicativa_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/259/Atlas-zonas-vida-Perú-guía-explicativa_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Baena, A., Ayala, J., y Baños, R. (2017). Investigación descriptiva, correlacional o

cualitativa. En *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*

(Vol. 15, Número 1, pp. 1-17). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

https://www.academia.edu/33658533/INVESTIGACION_DESCRIPTIVA_CORR

ELACIONAL

Bayo Bernald, F. (2013). *Índices De Calidad De Aguas* (p. 23).

[file:///C:/Users/HP/Downloads/TEMA_2_INDICES_2013_FEB_13 \(4\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/TEMA_2_INDICES_2013_FEB_13%20(4).pdf)

Beghelli, F. G. D. S., Carvalho, M. E. K., Peche Filho, A., Machado, F. H., Carlos, V.

M., Pompêo, M., Ribeiro, A. I., y De Medeiros, G. A. (2015). Uso do índice de

estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como

indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiaí-Mirim - SP

– BR. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 19(1), 13.

<https://doi.org/10.14210/bjast.v19n1.p13-22>

Beisner, B. E., Haydon, D. T., y Cuddington, K. (2003). Alternative stable states in

ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(7), 376-382.

[https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0376:ASSIE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0376:ASSIE]2.0.CO;2)

- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., Cárdenas, A., y Velastegui, A. (2009). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. En *EcoCiencia*,. https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Salgado-3/publication/267964616_Distribucion_espacial_sistemas_ecologicos_y_caracterizacion_floristica_de_los_paramos_en_el_Ecuador/links/548867450cf2ef344790969a/Distribucion-espacial-sistemas-ecologicos-y-cara
- Bermejo, R. (2008). Colapsos y transformaciones socioeconómicas. En *Un futuro sin petróleo* (pp. 1-349). Los libros de la Catarata. <https://www.catarata.org/media/catarata55/files/book-attachment-1244.pdf>
- Blanco, A. (2005). *The impac of solid and liquid wastes from a rural towm om the Chorobamba river, Oxapampa, peruvian Amazon* (Número March) [Florida Internacional University]. <https://documentoskoha.s3-us-west-2.amazonaws.com/7088.pdf>
- Bouza, C. N., y Covarrubias, D. (2005). ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON EN m SITIOS DE MUESTREO. *Revista Investigación Operacional*, 26(2), 187-197.
- Cabello Contreras, T. E. (2019). *Analisis de la sistuación Eco-hidrologica y sus constribuución al diseño de estrategias de manejo y gestión integral del recurso hidrico en la microcuenca Quebrada Bonyic, subcuenca del río Terible, Panama*. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Avalos-de la Cruz, D. A., Asiain-Hoyos, A., y Reta-Mendiola, J. L. (2018). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 939-950.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i5.1300>

Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., y Vargas-Chacoff, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana - Botanica*, 71(1), 1-9.

<https://doi.org/10.4067/S0717-66432014000100002>

Chaux, J. P., Pimentel-Parra, G. A., Murcia-Ordoñez, B., Chaves-Moreno, L. C., Acosta, L. C., y Suárez, L. F. (2019). Biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Río Fragua Chorroso y su papel como bioindicador de calidad de agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 130-137. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3222>

Chong Cáceres, M., Guzmán Córdova, M., y Ulco Rafael, V. (2007). *Química 2: colaboratorio. Estudios generales ciencias* (Pontificia Universidad Católica del Perú (ed.)).

Chutter, F. M. (1972). An empirical biotic index of the quality of water in south African streams and rivers. *Water Research*, 6(1), 19-30. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(72\)90170-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(72)90170-4)

Clemente, O. J. G., Díaz, M. B., Del Valle Millán Boadas, Z., y Carrera, J. M. (2014). Characterization of sands and mineral clays in channel and floodplain deposits of Portuguesa river, Venezuela. *Investigaciones Geográficas*, 85(85), 18-32.

<https://doi.org/10.14350/rig.35291>

Confederación Hidrográfica del Ebro. (2009). *Indicadores hidromorfológicos*. Portal de CHEbro .

<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27697yidMenu=4030>

- Consejo Universitario ULADECH. (2020). Código de Ética Para la Investigación. En *Uladech Católica* (Vol. 003).
<https://campus.uladech.edu.pe/mod/folder/view.php?id=1389408>
- Custodio V., M., Chanamé Z., F., y Bulege G., W. (2017). Evaluación de la calidad del agua del río Cunas índices fisicoquímicos y biológicos, Junín – Perú. *Prospectiva Universitaria*, 10(1). <https://doi.org/10.26490/uncp.1990-7044.2013.1.337>
- Cuyo Mendoza, L. (2017, agosto 29). *La Ciencia del Agua para Escuelas*. Calidad del agua subterránea. <http://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>
- Czerniawska-Kusza, I. (2005). Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. *Limnologica*, 35(3), 169-176.
<https://doi.org/10.1016/j.limno.2005.05.003>
- de Cabo, L., Malignani, E., y Basílico, G. (2020). Los indicadores de calidad de las áreas ribereñas. *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para el análisis de la integridad ecológica*, 24-38.
<https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/handle/11336/133221?show=full>
- De Miguel-Fernández, C., y Vázquez-Taset, Y. M. (2006). Origen De Los Nitratos (No3) Y Nitritos (No2) Y Su Influencia En La Potabilidad De Las Aguas Subterráneas. *Minería y Geología*, 22(3), 1-9.
<https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652002.pdf>
- del Carmen Espinosa-Lloréns, M., León-Hernández, Y., y Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 44, 1-12.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181629303001>

- Díaz P, W. A., Janeth, R., Acosta, O., Martínez, O., y Castellanos, H. (2010).
Composición florística del bosque ribereño del río San José, Reserva Forestal de
Imataca, estado Bolívar, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 33(1), 1-21.
[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0084-
59062010000100001yscript=sci_arttextylng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0084-59062010000100001yscript=sci_arttextylng=en)
- Diaz Rodriguez, P. (2017). *Ecosistemas ribereños de montaña* (G. Cruz Flores y E. A. Guerra Hernández (eds.)). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55322753/2017-ecosistemas_de_mobtanaLIBRO_FINAL_FINAL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1628737746&Signature=eu92PKzsCvM3T9bacO0mAWPc-YdR1cmyqn8AJvp4pbW5F6R4aDCOzK6GYt3YcGb~U~zg48LHphks6oCXZB0FKi7YxVIqfagiW30SfRL78yxHAsC
- Díez Hernández, J. M. (2011). Bases metodológicas para el establecimiento de caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas. *Ingeniería Y Competitividad*, 7(2), 11-18. <https://doi.org/10.25100/iyc.v7i2.2513>
- FEM, F. E. and M. (2008). *Índice de calidad d del bosque de ribera : QB BR. Universidad de Barcelona*. 6. http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBRcast.pdf
- Ferrer Alessi, V., y Torrero, M. P. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 2015(143), 615-643.
<https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2015.143.4941>
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., y 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. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2007000200008>

Galeano Rendón, E., Monsalve Cortes, L. M., y Mancera Rodríguez, N. J. (2017).

Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del Río Magdalena, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 20(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.398>

Gamboa, M., Reyes, R., y Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como

bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 109-120. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001

García de la Fuente, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV Albeitar*, 11,

48-50. <http://albeitar.portalveterinaria.com/imprimir-noticia.asp?noti=12664>

Gerard, K. (1999). *Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión* (A. Brage y J. Veza (eds.); Vol. 1). McGraw-Hill.

Gonçalves, F. B., y de Menezes, M. S. (2011). Un análisis comparativo de índices

bióticos que utilizan macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua en un río costero del estado de Paraná, sur de Brasil. *Biota Neotropica*, 11(4), 27-36.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199122242002>

González, M. A., Gentili, J. O., y Gil, V. (2020). Cambios en la red hidrográfica en un

sector del periurbano noroeste y oeste de Bahía Blanca debido a la influencia urbana. *Geográfica digital*, 17(33), 17. <https://doi.org/10.30972/geo.17334067>

Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., y López-Ríos, G. F. (2006). Ecología

de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del*

Ambiente, 1(12), 55-69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912107>

- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (S. Méndez Valencia y C. P. Mendoza Torres (eds.); 6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(1), 65-68. <https://doi.org/10.2307/1467832>
- Holling, C. S. (2004). From complex region to complex worlds. *Ecology and Society*, 9(1). <https://doi.org/10.5751/es-00612-090111>
- Holling, C. S. (2013). Resilience and stability of ecological systems. *The Future of Nature: Documents of Global Change*, 4(1), 245-256. <https://doi.org/10.12987/9780300188479-023>
- Ince, Z., y Şahin, V. (2021). an Investigation on the Scope of the Concept of Biodiversity in Turkey At High School Geography Curriculum. *European Journal of Education Studies*, 8(1), 347-359. <https://doi.org/10.46827/ejes.v8i1.3544>
- Jaramillo Abad, G. (2021). *Estructura y composición comunitaria de macrinvertebrados bentónicos, como referentes de la calidad del agua – cuenca San Alberto, Oxapampa, Perú*. [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4741>
- Jerves-Cobo, R., Lock, K., Van Butsel, J., Pauta, G., Cisneros, F., Nopens, I., y Goethals, P. L. M. (2018). Biological impact assessment of sewage outfalls in the urbanized area of the Cuenca River basin (Ecuador) in two different seasons. *Limnologica*, 71, 8-28. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.05.003>
- Lafuente Diaz, W. R., y Carvajal Alvarado, M. D. (2021). *Estudios de calidad de agua*

mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Pozo Hondo, Jipijapa [Jipijapa.UNESUM]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2769>

Lara-Del Río AJ, Flores-Ramírez R, Díaz-Barriga Martínez F, García-Chávez E, y Espinosa Reyes G. (2020). Uso de la metabolómica ecológica como herramienta complementaria para el estudio de la salud integral de los ecosistemas. *Rogelio Flores-Ramírez*, 20(1), 3-13.

<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1011/954>

Laura, P. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.

Liou, S. M., Lo, S. L., y Wang, S. H. (2004). A generalized water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1-3), 35-52.

<https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031715.83752.a1>

LLUMIGUSÍN, F. A. T. (2012). Validación De Los Métodos De Ensayo Para Fenoles, Tensoactivos, Sólidos Suspensos Y Total De Sólidos Disueltos (Tds). [Quito: UCE]. En *Universidad central del Ecuador* (Vol. 3, Número September).

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/894>

López, A. S., López, G. G., y Fagilde Espinoza, M. D. C. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semidecidual micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque*, 38(3), 457-466. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>

Magdaleno Mas, F., Martínez, R., y Roch, V. (2010). Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. *Ingeniería Civil*, 157(tabla 1), 85-96.

[http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/157/bosque_ribera.pdf%5Cnhttp://files/180/Cushing et al 1980 Arch Hidrobiol_Comparative](http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/157/bosque_ribera.pdf%5Cnhttp://files/180/Cushing%20et%20al%201980%20Arch%20Hidrobiol%20Comparative)

study.pdf%5Cnhttp://files/41/Magdaleno *et al* 2010 Ingeniería Civil_Índice RFV
para la valoración

Mata-Balderas, J. M., Hernández-Cárdenas, S. E., Alanís-Rodríguez, E., y Mora-Olivo, A. (2020). Riqueza, composición y abundancia de especies en una comunidad vegetal ribereña en el río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León. *CienciaUAT*, 14(2), 06. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1248>

Mauricio Torres, C. R. (2018). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad de agua del río Huayobamba, San Marcos - Cajamarca [Universidad Nacional de Cajamarca]. En *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3375>

Méndez, P., Alvarez, B., Jaramillo, N., y Japa, J. (2021). Diversidad Espacio-Temporal De Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua Del Río Yuquipa. *Perfiles*, 1(25), 11-19. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i25.108>

Mesa, D. J. (2009). Algunos atributos de los factores a favor y en contra de las técnicas y métodos utilizados para la estimación de caudales ambientales en Colombia. *Umbral Científico*, 15, 81-93.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415144010>

Decreto Supremo N°004-2014, El Peruano 1 (2014). <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2013). *Datos y cifras del*. 14 de junio.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>

Ministerio del Ambiente. (2017, junio 7). Estandares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. En *El Peruano*.

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

Molocho, F. (2019). Determinación de la calidad del agua de la quebrada Shitariyacu mediante el uso de macro invertebrados bentónicos como bioindicadores en el distrito de Zapatero – san Martín 2017 [Universidad Peruana Unión]. En *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2025>

Montoya, J. M., Solé, R. V., y Rodríguez, M. (2001). La arquitectura de la naturaleza: Complejidad y fragilidad en redes ecológicas. *Ecosistemas*, 10(2).
<http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/313/0>

Montoya Moreno, Y., y Escobar Gutiérrez, A. F. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Revista Politécnica*, 15(29), 65-81.
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a6>

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. En *MyT - Manuales y Tesis SEA* (Primera, Vol. 1).

Munne, A., Sola, C., y Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 18(175), 20-21+24.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82007>

Muñoz, C. R. (2016). Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celedín - Cajamarca [Universidad Nacional de Cajamarca]. En *Universidad Nacional de Cajamarca*.
[https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp:](https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://)

[//www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106](http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106)

Naiman, R. J., Decamps, H., y Pollock, M. (1993). The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity. *Ecological Applications*, 3(2), 209-212.

<https://doi.org/10.2307/1941822>

Novillo Bustos, M. S., y Chang Gomez, J. V. (2015). Índices De Calidad Del Agua. *Departamento de Ciencias Botánicas y Ambientales*, 76.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6167>

Pardo, I., Abraín, R., Gómez-Rodríguez, C., García-Roselló, E. (2012). *Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico 2010. NIPO 282-12-001-X.*

Perona Alonso, M. (2017). Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación urbana: los ríos urbanos. *Territorios en formación*, 7(12), 73.

<https://doi.org/10.20868/tf.2017.12.3649>

Pimentel Jara, H. F. (2014). Análisis desde la perspectiva de los Índices bióticos, EVCA-Agua y manejo adaptativo; usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos - Camisea 2009-2012 [Universidad Nacional Agraria La Molina]. En *Universidad Nacional Agraria La Molina*.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1906>

Pinheiro, C., Oliveira, U., Rodrigues, T., Oliva-Teles, L., y Vieira, M. N. D. (2020).

Assessing the ecological status of a mediterranean river: Benthic invertebrates and diatoms as complementary bioindicators. *Limnetica*, 39(1), 299-315.

<https://doi.org/10.23818/limn.39.20>

- Pino, E., Tacora, P., Steenken, A., Alfaro, L., Valle, A., Chávarri, E., Ascencios, D., y Mejía Marcacuzco, J. A. (2017). Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(6), 77-99. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-06>
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., y Rieradevall, M. (1989). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 160.
- Pumasupa Banda, J. D., Flores Ramos, Y. I., Huisa Maquera, S. N., Condori Pacoricona, D. A., Centeno, M., Valdez Blaz, T. M., y Yaja Callacondo, A. R. (2021). Índices De Calidad, Estructura Comunitaria Y Diversidad Funcional. *Ciencia y Desarrollo*, 20(1), 41-56. <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.1.1107>
- Raffo Lecca, E., y Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Ramirez, A. (2010). Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 41-50.
- Ramírez, T. (2016). *Análisis síntesis y tesis* (p. 3). Universidad Vasconcelos de Tabasco. https://www.academia.edu/25248046/Analisis_sintesis_y_tesis
- Real, R., y Vargas, J. M. (1996). The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. *Systematic Biology*, 45(3), 380-385. <https://doi.org/10.1093/sysbio/45.3.380>

Rica, U. D. C. (2010). Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922967001>. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 3-37. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922967001>

Righi-Carvalho, K. O., Spies, M. R., y Sieglloch, A. E. (2010). Ensamblajes de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera en la cuenca del río Miranda, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 10(2), 253-260.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199115791028>

Rodríguez-García, S., Carretero-Pinzón, X., Monroy, D., Medellín, F., García, M., y Noriega, J. A. (2021). Influence of gallery forests fragmentation in the Colombian Orinoquia on the diversity and functional structure of the dung beetles' assemblage. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 25(2), 119-137.

<https://doi.org/10.17151/bccm.2021.25.2.8>

Royler, J., Meza, Y., Lopez, R. S., Chuquizuta, L. A., y Cruz, M. O. (2016). Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú Evaluation of the ecological quality of water in the El Chido and Inter micro basin watershed Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Pe. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), 49-59. <https://doi.org/10.25127/indes.20142.75>

Ruiz Pascual, M. (2019). La gestión integrada del recurso hídrico con enfoque de cuenca y la intermunicipalidad como herramienta para el desarrollo local de los municipios, microcuenca Iachigalla-coatecas, Oaxaca, México. *II Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible*, 127-140. <https://www.eumed.net/actas/19/economia-social/9-la-gestion-integrada-del-recurso-hidrico-con-enfoque-de-cuenca.pdf>

- Salcedo Gustavson, S., y Trama, F. A. (2014). *Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, provincia de Oxapampa* (FONDECYT).
- Salcedo, S., Artica, L., y Trama, F. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*, 03(02), 124-139.
<https://doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Sanchez Requejo, V. (2018). *Determinación de parámetros físicos y químicos, y su influencia en las características organolépticas en la quebrada el Herrero, Soritor, 2015* [Universidad Nacional San Martín de Tarapoto].
<http://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/2999>
- Sierra Ramos, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (L. D. López Escobar (ed.); 1.^a ed.). Universidad de Medellín.
https://books.google.com.pe/books?hl=esylr=yid=2fAYEAAAQBAJyoi=fndypg=PA33ydq=calidad++de+agua+riosyots=cdYKlk_H7nysig=FJFLZ63UCIrybErNh6CvdhmfIVgyredir_esc=y#v=onepageyq=calidad+de+agua+riosyf=false
- Soria, J., Romo, S., Vera-Herrera, L., Calvo, S., y Sòria-Perpinyà, X. (2021). Evolución de la conductividad en la Albufera de Valencia entre 1985 y 2018. *Limnetica*, 40(1), 223-232. <https://doi.org/10.23818/limn.40.15>
- Soria Reinoso, I. F. (2016). *Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en las zonas asociadas a la captación Jatunhuayco en la zonas asociada a la captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad* [Escuela Politecnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16736/1/CD-7332.pdf>

- Sthle, L., y Wold, S. (1990). Analysis of Variance. *Computer Methods in the Geosciences*, 8(C), 21-44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-040281-9.50012-5>
- Suárez-Almiñana, S., Paredes-Arquiola, J., Andreu, J., y Solera, A. (2021). Efecto del cambio climático en la calidad del agua de la Cuenca del Júcar. *Ingeniería del agua*, 25(2), 75. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.14644>
- Suárez, J., Jiménez, J., García, E., Neria, M., Vera, A., Muñoz, H., y Orozco, S. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VI(5), 59-74. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353543300005>
- Suárez, M. L., Mellado, A., Sánchez-Montoya, M. M., y Vidal-Abarca, M. R. (2005). Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura. *Limnetica*, 24(3-4), 305-318. <https://doi.org/10.23818/limn.24.30>
- Tánago, M. del, y Jalón, D. de. (2011). Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30(2), 235-254. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne30b/L30b235_Riparian_Quality_Index.pdf
- Torres Bojorges, Á. X., Hernández Razo, N. A., Fausto Urquieta, A. A., y Zurita Martínez, F. (2017). Evaluación de tres sistemas de humedales híbridos a escala piloto para la remoción de nitrógeno. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 37-47. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.03>
- Trama, F. A., Gustavson, S. A. S., Demarcy, L., Cardozo, L. E., Palomino, B. A. J., Ccuro, F. E. M., Alvarado, J. R. R., y Rizo Patrón Viale, F. L. S. (2020). Habitat

quality indexes y macroinvertebrates in seven Basins of the Yanachaga Chemillén National Park and its Buffer Zone: Conservation and management of the riparian forest in Peru. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), 149-168.

<https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>

UNDAC. (2021). Reglamento de Propiedad Intelectual. En *Reglamento de Propiedad Intelectual*. https://doi.org/10.19052/1900-2335_79

Valladares, Y., Osorto, A., Lanza, A., Valladares, N., y Martínez, D. (2021). Uso y calidad del agua de la Quebrada “El Horno” aplicando el “Índice Holandés” y macroinvertebrados. *Innovare: Revista de ciencia y tecnología*, 10(1), 2-12.

<https://doi.org/10.5377/innovare.v10i1.11405>

Vara Horna, A. A. (2015). *Siete pasos para elaborar una tesis* (C. Arestegui Baca, M. Ramon Quiroz, C. Sotelo Mesias, y L. Moreno Sotoomayor (eds.); Primera). Macro EIRL.

Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 63(63), 63-86.

<https://doi.org/10.4067/s0718-34022016000100005>

Vázquez, R., y García, L. E. (2007). Modelación de la Deriva del pH en Función del Tiempo en Muestras de Agua Potable. *Conciencia Tecnológica*, 33(33), 12-16.

<https://biblat.unam.mx/hevila/Concienciatecnologica/2007/no33/2.pdf>

Vidal-Álvarez, M. (2018). Tratamiento de aguas residuales en México: problemáticas de salud pública y oportunidad de uso de ecotecnologías sustentables. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable (RINDERESU)*, 3(1-2), 41-58.

<http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/32/38>

- Vincenti, R. D. (2004). La incidencia de los factores litológicos en el escurrimiento fluvial on JSTOR. *Revista Geográfica*, 135, 63-78.
<https://www.jstor.org/stable/40996679>
- Vinet, L., y Zhedanov, A. (2011). A «missing» family of classical orthogonal polynomials [Universidad de Santo Tomas]. En *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Número 8). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G. D., y Pritchard, R. (2002). Resilience management in social-ecological systems: A working hypothesis for a participatory approach. *Ecology and Society*, 6(1). <https://doi.org/10.5751/es-00356-060114>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2-3), 213-251. <https://doi.org/10.2307/1218190>
- Xicay Franco, O. R. M. (2016). *Relación agua , comunidades y valoración económica de los beneficios derivados de un programa de tecnologías de cosecha de agua de lluvia en la microcuenca del río Olopa , en la región del trifinio Guatemala*. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza.

ANEXOS

Anexo I: Instrumentos de recolección de datos

Ficha registro de datos de macroinvertebrados bentónicos

Fecha _____ **Hora** _____

N° de punto _____ **Código de zona** 4992RChon _____

Coordenadas UTM _____ **Altitud (m.s.n.m)** _____

Latitud _____ **Longitud** _____ **Sustrato** _____

_____ **Área de colecta** _____

| Família | Género | Espécie | N° de individuos |
|----------------|---------------|----------------|-------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Observaciones _____

Valoración de las familias de macroinvertebrados en el IBA_and y IBF

| Clase/orden | Familia | Valor IBA_and | Valor IBF |
|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| Turbellaria | | 5 | 5 |
| Hirudenia | | 3 | 7 |
| Oligochaeta | | 1 | 9 |
| Gasteropoda | Ancylidae | 6 | 4 |
| | Physidae | 3 | 7 |
| | Hydrobiidae | 3 | 7 |
| | Limnaeidae | 3 | 7 |
| | Planorbidae | 3 | 7 |
| Bivalvia | Sphaeriidae | 3 | 7 |
| Amphipoda | Hyaellidae | 6 | 4 |
| Ostracoda | | 3 | 7 |
| Hydrachnidiae | | 4 | 6 |
| Ephemeroptera | Baetidae | 4 | 6 |
| | Leptophlebiidae | 10 | 0 |
| | Leptohyphidae | 7 | 3 |
| | Oligoneuriidae | 10 | 0 |
| Odonata | Aeshnidae | 6 | 4 |
| | Gomphidae | 8 | 2 |
| | Libellulidae | 6 | 4 |
| | Coenagrionidae | 6 | 4 |
| | Calopterygidae | 8 | 2 |
| | Polythoridae | 10 | 0 |
| Plecoptera | Perlidae | 10 | 0 |
| | Gripoterygidae | 10 | 0 |
| Heteroptera | Veliidae | 5 | 5 |
| | Gerridae | 5 | 5 |
| | Corixidae | 5 | 5 |
| | Notonectidae | 5 | 5 |
| | Belostomatidae | 4 | 6 |
| | Naucoridae | 5 | 5 |
| Megaloptera | Corydalidae | | |
| Trichoptera | Helicopsychidae | 10 | 0 |
| | Calamoceratidae | 10 | 0 |
| | Odontoceridae | 10 | 0 |
| | Leptoceridae | 8 | 2 |
| | Polycentropodidae | 8 | 2 |
| | Hydroptilidae | 6 | 4 |
| | Xiphocentronidae | 8 | 2 |
| | Hydrobiosidae | 8 | 2 |
| | Glossosomatidae | 7 | 3 |
| | Hydropsychidae | 5 | 5 |

| | | | |
|-------------|-----------------------|----|---|
| | Anomalopsychidae | 10 | 0 |
| | Philopotamidae | 8 | 2 |
| | Limnephillidae | 7 | 3 |
| Lepidoptera | Pyralidae | 4 | 6 |
| Coleoptera | Ptilodactylidae | 5 | 5 |
| | Psephenidae | 5 | 5 |
| | Scirtidae (Helotidae) | 5 | 5 |
| | Staphylinidae | 3 | 7 |
| | Elmidae | 5 | 5 |
| | Dryopidae | 5 | 5 |
| | Gyrinidae | 3 | 7 |
| | Hydrophilidae | 3 | 7 |
| Diptera | Blephariceridae | 10 | 0 |
| | Simuliidae | 5 | 5 |
| | Tipulidae | 5 | 5 |
| | Ceratopogonidae | 4 | 6 |
| | Dixidae | 4 | 6 |
| | Psychodidae | 3 | 7 |
| | Empididae | 4 | 6 |
| | Chironomidae | 2 | 8 |
| | Muscidae | 2 | 8 |
| | Ephydriidae | 2 | 8 |

Fuente: (Raúl Acosta *et al.*, 2009; S. A. Salcedo Gustavson *et al.*, 2013; S. Salcedo Gustavson y Trama, 2014).

Valoración de los índices QBR, IBA y ECOSTRIAND

| Nivel de calidad | Qbr-And** | | Nivel de calidad | IBA** | | ECOSTRIAND** | | |
|--|-----------|---|------------------|---------|--|--------------|-----------------|-------------|
| | Rango | Color | | Rango | Color | QBR-And >75 | QBR-And 45 – 75 | QBR-And <45 |
| Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. Estado natural | > 96 |  | Muy Bueno | ≥ 74 |  | Muy bueno | Bueno | Regular |
| Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena | 76 – 95 |  | Bueno | 45 – 74 |  | Bueno | Regular | Malo |
| Inicio de alteración importante. Calidad intermedia | 51 – 75 |  | Moderado | 27 – 44 |  | Regular | Malo | Pésimo |
| Alteración fuerte. Mala Calidad | 26 – 50 |  | Malo | 11 – 26 |  | Malo | Pésimo | Pésimo |
| Degradación extrema. Calidad pésima | < 25 |  | Pésimo | <11 |  | Pésimo | Pésimo | Pésimo |

Fuente: Extraído de “Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento” (Trama *et al.*, 2020).

Ficha para la evaluación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

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

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

| Puntuación | Calidad de la cubierta | Tipo | | |
|------------|---|------|--------|--------|
| | | 1 | Tipo 2 | Tipo 3 |
| 25 | número de especies de especies diferentes de árboles autóctonos | > 1 | > 2 | > 3 |
| 10 | número de especies de especies diferentes de árboles autóctonos | 1 | 2 | 3 |
| 5 | número de especies de especies diferentes de árboles autóctonos | - | 1 | 1 a 2 |
| 0 | sin árboles autóctonos | | | |
| 10 | sí existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río uniforme y ocupado >75 % de la ribera (en toda su anchura) | | | |
| 5 | sí existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75% de la ribera) | | | |
| 5 | sí existe una disposición en galería de diferentes comunidades | > 2 | > 3 | > 4 |
| 5 | si el número de especies diferentes de arbustos es: | > 2 | > 3 | > 4 |
| -5 | sí existen estructuras construidas por el hombre | | | |
| -5 | si existe alguna sp. de árboles introducida por el hombre (alóctono) aislada | | | |
| -10 | sí existe sp. de árboles alóctona formando comunidades | | | |
| -10 | sí existen vertidos de basura | | | |

| Puntuación | Grado de naturalidad del canal fluvial |
|------------|---|
| 25 | el canal del río no ha sido modificado |
| 10 | modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción de canal |
| 5 | signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río |
| 0 | río canalizado en la totalidad del tramo |
| -10 | si existe alguna estructura solida dentro del lecho del río |

Fuente: extraído de Freshwater Ecology and Management (FEM), 2008, Universidad de Barcelona.

Ficha de registro de parámetros metrológicos

| N° de monitoreo | Código de punto | Muestreo | | Parámetros | | | Parámetros in situ | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|------|------------|------|---------------------|--------------------|-------------|---------------|-----------|---------------|------------------|-----|
| | | Fecha | Hora | SST | DBO5 | Nitrógeno amoniacal | pH | Temperatura | Conductividad | Salinidad | caudal (m3/s) | Oxígeno disuelto | STD |
| I | 4992RChon1 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon2 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon3 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon4 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon5 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon6 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon7 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon8 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon9 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon10 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon11 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon12 | | | | | | | | | | | | |
| I | 4992RChon13 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon1 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon2 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon3 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon4 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon5 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon6 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon7 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon8 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon9 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon10 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon11 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon12 | | | | | | | | | | | | |
| II | 4992RChon13 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon1 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon2 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon3 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon4 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon5 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon6 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon7 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon8 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon9 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon10 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon11 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon12 | | | | | | | | | | | | |
| III | 4992RChon13 | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Cadena de custodia del primer monitoreo (época de estiaje)

| | | | | | | | | | | Pag. 1 de 3 | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|--------------|---------------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------|------------------|---------------------------------|------------|---|---|--|--|
| INVESTIGADOR (tesista) | | Danilo Dusan Bukvich Echevarria | | | | | | Preserv. | SP | X | X | X | | | | | | | | |
| FILIACIÓN | | Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion | | | | | | | pH>9 | | | | | | | | | | | |
| TELEFONO/e-mail | | dbukviche@undac.edu.pe | | | | | | | pH<2 | | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL PROYECTO | | | | | | | | Emase | E | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL PROYECTO | | "Evaluación de la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021" | | | | | | | P | X | X | X | | | | | | | | |
| LUGAR DE MUESTREO (Lugar/Area) | | CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO CHOROBAMBA - distritos de Chontabamba, Oxapampa y Huancabamba - Oxapampa - Pasco - Perú | | | | | | | V | | | | | | | | | | | |
| Codigo de Laboratorio | Punto de Muestreo | Muestreo | | Tipo de Muestra* Sub tipo ** | Coordenadas UTM WGS84 (E-N-HUSO) | Número de alícuotas-frascos por punto de muestreo | PARÁMETROS | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fecha (dd-mm-aa) | Hora (24:00) | | | | Sólidos Suspendedos Totales (SST) | | | | | | Parametros In Situ | | | | | | | |
| | | | | | | | SST | DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) | Nitrógeno amoniacal | pH | Temperatura | Conductividad | Salinidad | Oxígeno disuelto | Sólidos Totales Disueltos (STD) | Caudal (Q) | | | | |
| Indicar con una (x) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4992RChon1 | 23/08/2021 | 09:24 | 3/A | 18L E: 442880.92, N: 8828228.61 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon2 | 23/08/2021 | 10:35 | 3/A | 18L E: 444319. , N: 8827596.29 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon3 | 23/08/2021 | 11:06 | 3/A | 18L E: 448747.74 , N: 8828149.46 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon4 | 23/08/2021 | 12:23 | 3/A | 18L E: 451920.9 , N: 8828301.83 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon5 | 24/08/2021 | 09:11 | 3/A | 18L E: 453885.56 , N: 8828069.14 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon6 | 24/08/2021 | 10:47 | 3/A | 18L E:455007.98 , N: 8829425.02 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon7 | 24/08/2021 | 11:20 | 3/A | 18L E:455485.1 , N: 8829896.7 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon8 | 24/08/2021 | 12:01 | 3/A | 18L E:455380.76 , N: 8830629.95 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon9 | 24/08/2021 | 15:58 | 3/A | 18L E:454653.3 , N: 8831995.75 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon10 | 25/08/2021 | 09:46 | 3/A | 18L E:451340.4 , N: 8836108.73 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon11 | 25/08/2021 | 10:18 | 3/A | 18L E: 447701.78 , N: 8842046.45 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon12 | 25/08/2021 | 11:32 | 3/A | 18L E: 443631.96, N: 8845183.13 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon13 | 25/08/2021 | 12:44 | 3/A | 18L E: 440568.61, N: 8851074.22 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| *Tipo de Muestra (Categoría) | | **Sub Tipo (Sub categoría) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.Agua Residual | | Domestica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.Agua Natural Subterranea | | Manantial/Pozo = (A); Termal = (B) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.Agua Natural Superficial | | Rio = (A); Lago/Laguna = (B); Deposicion atmosferica - Lluvia = © | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.Agua de Consumo Humano | | Bebida Potable = (A); Bebida Envasada = (B); Piscina = ©; Laguna Artificial = (D) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Cadena de custodia del segundo monitoreo (época de avenidas)

| | | | | | | | | | | Pag. | 2 | de | 3 | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------------|---|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|----------------|--|------------------|---------------------------------|------------|---|---|---|--|--|
| INVESTIGADOR (tesista) | | Danilo Dusan Bukvich Echevarria | | | | | | | | Preserv. | SP | X | X | X | | | | | | | |
| FILIACIÓN | | Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión | | | | | | | | | Envase | pH>9 | | | | | | | | | |
| TELEFONO/e-mail | | dbukviche@undac.edu.pe | | | | | | | | | | pH<2 | | | | | | | | | |
| DATOS DEL PROYECTO | | "Evaluación de la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021" | | | | | | | | Envase | E | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL PROYECTO | | CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO CHOROBAMBA - distritos de Chontabamba, Oxapampa y Huancabamba - Oxapampa - Pasco - Perú | | | | | | | | | P | X | X | X | | | | | | | |
| LUGAR DE MUESTREO (Lugar/Area) | | | | | | | | | | V | | | | | | | | | | | |
| Código de Laboratorio | Punto de Muestreo | Muestreo | | Tipo de Muestra* Sub tipo ** | Coordenadas UTM WGS84 (E-N-HUSO) | Número de alícuotas/frascos por punto de muestreo | PARÁMETROS | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fecha (dd-mm-aa) | Hora (24:00) | | | | Sólidos Suspensivos Totales (SST) | DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) | Nitrogeno amoniacal | pH | Temperatura | Conductividad | Salinidad | Oxígeno disuelto | Sólidos Totales Disueltos (STD) | Caudal (Q) | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | Indicar con una (x) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra | | | | | | | | |
| | 4992RChon1 | 03/01/2022 | 08:57 | 3/A | 18L E: 442880.92, N: 8828228.61 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon2 | 03/01/2022 | 09:15 | 3/A | 18L E: 444319, N: 8827596.29 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon3 | 03/01/2022 | 10:35 | 3/A | 18L E: 448747.74, N: 8828149.46 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon4 | 03/01/2022 | 11:26 | 3/A | 18L E: 451920.9, N: 8828301.83 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon5 | 04/01/2022 | 08:28 | 3/A | 18L E: 453885.56, N: 8828069.14 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon6 | 04/01/2022 | 09:36 | 3/A | 18L E:455007.98, N: 8829425.02 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon7 | 04/01/2022 | 10:07 | 3/A | 18L E:455485.1, N: 8829896.7 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon8 | 04/01/2022 | 11:21 | 3/A | 18L E:455380.76, N: 8830629.95 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon9 | 04/01/2022 | 12:16 | 3/A | 18L E:454653.3, N: 8831995.75 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon10 | 05/01/2022 | 08:31 | 3/A | 18L E:451340.4, N: 8836108.73 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon11 | 05/01/2022 | 09:54 | 3/A | 18L E: 447701.78, N: 8842046.45 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon12 | 05/01/2022 | 10:28 | 3/A | 18L E: 443631.96, N: 8845183.13 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon13 | 05/01/2022 | 11:17 | 3/A | 18L E: 440568.61, N: 8851074.22 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| *Tipo de Muestra (Categoría) | | **Sub Tipo (Sub categoría) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.Agua Residual | | Domestica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.Agua Natural Subterránea | | Manantial/Pozo = (A); Termal = (B) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.Agua Natural Superficial | | Rio = (A); Lago/Laguna = (B); Deposición atmosférica - Lluvia = © | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.Agua de Consumo Humano | | Bebida Potable = (A); Bebida Envasada = (B); Piscina = ©; Laguna Artificial = (D) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Cadena de custodia del tercer monitoreo (época de estiaje)

| | | | | | | | | | | Pag. 3 de 3 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|---|---------|---------------------------------|--|--|--------------------|---|---|-------------|------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|----|-------------|---------------|-----------|------------------|---------------------------------|
| INVESTIGADOR (tesista) | | Danilo Dusan Bukvich Echevarria | | | | | | | | Preserv. | SP | X | X | X | | | | | | | |
| FILIACIÓN | | Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion | | | | | | | | | pH>9 | | | | | | | | | | |
| TELEFONO/e-mail | | dbukviche@undac.edu.pe | | | | | | | | | pH<2 | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL PROYECTO | | | | | | | | | | Envase | E | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL PROYECTO | | "Evaluación de la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021" | | | | | | | | | P | X | X | X | | | | | | | |
| LUGAR DE MUESTREO (Lugar/Area) | | CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO CHOROBAMBA - distritos de Chontabamba, Oxapampa y Huancabamba - Oxapampa - Pasco - Perú | | | | | | | | | V | | | | | | | | | | |
| Codigo de Laboratorio | Punto de Muestreo | Muestreo | | Tipo de Muestra* Sub tipo ** | Coordenadas UTM WGS84 (E-N-HUSO) | Número de alcuotas/frascos por punto de muestreo | PARÁMETROS | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fecha (dd-mm-aa) | (24:00) | | | | Parametros In Situ | | | | | | Sólidos Suspendedos Totales (SST) | DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) | Nitrogeno amoniacal | pH | Temperatura | Conductividad | Salinidad | Oxigeno disuelto | Sólidos Totales Disueltos (STD) |
| analisis requeridos por cada muestra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4992RChon1 | 13/06/2022 | 08:12 | 3/A | 18L E: 442880.92, N: 8828228.61 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon2 | 13/06/2022 | 09:47 | 3/A | 18L E: 444319. , N: 8827596.29 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon3 | 13/06/2022 | 10:15 | 3/A | 18L E: 448747.74, N: 8828149.46 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon4 | 13/06/2022 | 11:31 | 3/A | 18L E: 451920.9, N: 8828301.83 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon5 | 14/06/2022 | 09:25 | 3/A | 18L E: 453885.56, N: 8828069.14 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon6 | 14/06/2022 | 10:26 | 3/A | 18L E:455007.98, N: 8829425.02 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon7 | 14/06/2022 | 11:22 | 3/A | 18L E:455485.1, N: 8829896.7 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon8 | 14/06/2022 | 12:05 | 3/A | 18L E:455380.76, N: 8830629.95 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon9 | 14/06/2022 | 14:53 | 3/A | 18L E:454653.3, N: 8831995.75 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon10 | 15/06/2021 | 08:26 | 3/A | 18L E:451340.4, N: 8836108.73 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon11 | 15/06/2021 | 09:43 | 3/A | 18L E: 447701.78, N: 8842046.45 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon12 | 15/06/2021 | 10:21 | 3/A | 18L E: 443631.96, N: 8845183.13 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | 4992RChon13 | 15/06/2021 | 11:47 | 3/A | 18L E: 440568.61, N: 8851074.22 | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| *Tipo de Muestra (Categoría) | | **Sub Tipo (Sub categoría) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Agua Residual | | Domestica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Agua Natural Subteranea | | Manantial/Pozo = (A); Termal = (B) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Agua Natural Superficial | | Rio = (A); Lago/Laguna = (B); Deposicion atmosferica - Lluvia = © | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Agua de Consumo Humano | | Bebida Potable = (A); Bebida Envasada = (B); Piscina = ©; Laguna Artificial = (D) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. Datos generales

- 1.1. Nombres y apellidos del profesional experto:** Lady Carol Cáceres OroSCO
- 1.2. Grado académico:** MSc. Hydrogeological Engineering
- 1.3. Profesión:** Ingeniería Ambiental
- 1.4. Institución donde labora y cargo que desempeña:** University of Miskolc, Hungary.
Junior Researcher in the Project Brines of Regional Innovation Scheme countries as a source of Critical Raw Materials and energy supply (BrineRIS) at the Institute of Mineralogy and Geology.
- 1.5. Nombre del Proyecto de Investigación:** “Evaluación de la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021”
- 1.6. Autor del instrumento:** Danilo Dusan Bukvich Echevarria
- 1.7. Nombre de los instrumentos**
 - Índices de diversidad: Margalef, Simpson, Shannon-Wiener, Coeficiente de Jaccard.
 - Índices bióticos (macroinvertebrados): Índice Biótico Andino (IBA), Índice Biótico de Familias (IBF).
 - Índice de calidad de aguas LIOU WQI.
 - Índice de Calidad de Estado Ecológico (ECOSTRIAND).

II. Aspectos de validación

| Indicadores | Criterio | EscalaS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|------------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|-----------|----|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | Deficiente | | | | Regular | | | | Buena | | | | Muy buena | | | | Excelente | | | |
| | | 0-20 % | | | | 21-40 % | | | | 41-60 % | | | | 61-80 % | | | | 81-100 % | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| Claridad | Están formulados con lenguaje apropiado y formulas exactas. | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Objetividad | Están expresados en condiciones observables. | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Actualidad | Usa índices y métodos actuales. | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Organización | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Suficiencia | Comprende los aspectos idóneos de aplicación. | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. Datos generales

1.1. Nombres y apellidos del profesional experto: Miriam Elizabeth Medina Condorchoa

1.2. Grado académico: Licenciada

1.3. Profesión: Bióloga con especialidad en Hidrobiología y Pesquería

1.4. Institución donde labora y cargo que desempeña: Walsh Perú, Especialista en Estudios Ambientales – Hidrobiología.

1.5. Nombre del Proyecto de Investigación: “Evaluación de la calidad del estado ecológico en el cauce principal del río Chorobamba, Oxapampa-Perú, 2021”

1.6. Nombre de los instrumentos

- Índices de diversidad: Margalef, Simpson, Shannon-Wiener, Coeficiente de Jaccard.
- Índices bióticos (macroinvertebrados): Índice Biótico Andino (IBA), Índice Biótico de Familias (IBF).
- Índice de calidad de aguas LIOU WQI.
- Índice de Calidad de Estado Ecológico (ECOSTRIAND).

II. Aspectos de validación

| Indicadores | Criterio | Escala | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|-----------|----|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | Deficiente | | | | Regular | | | | Buena | | | | Muy buena | | | | Excelente | | | |
| | | 0-20 % | | | | 21-40 % | | | | 41-60 % | | | | 61-80 % | | | | 81-100 % | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| Claridad | Están formulados con lenguaje apropiado y formulas exactas. | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| Objetividad | Están expresados en condiciones observables. | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Actualidad | Usa índices y métodos actuales. | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| Organización | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Suficiencia | Comprende los aspectos idóneos de aplicación. | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Intencionalidad | Adecuado para abordar el estudio. | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |

Análisis de significancia de los datos de pH

| Punto de monitoreo | pH | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c^1 | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 7,94 | 7,76 | 8,02 | 7,91 | 0,17 | 1,04 | 1,04 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 7,81 | 7,73 | 7,81 | 7,78 | 0,05 | 0,30 | 0,30 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 7,60 | 7,37 | 7,65 | 7,54 | - 0,19 | - 1,18 | 1,18 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 7,54 | 7,49 | 7,56 | 7,53 | - 0,20 | - 1,24 | 1,24 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 7,54 | 7,31 | 7,55 | 7,47 | - 0,27 | - 1,62 | 1,62 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 7,85 | 7,27 | 7,74 | 7,62 | - 0,12 | - 0,70 | 0,70 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 7,66 | 7,62 | 7,75 | 7,68 | - 0,06 | - 0,35 | 0,35 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 8,04 | 7,99 | 7,69 | 7,91 | 0,17 | 1,04 | 1,04 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 7,73 | 7,68 | 7,74 | 7,72 | - 0,02 | - 0,11 | 0,11 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 7,80 | 7,73 | 7,82 | 7,78 | 0,05 | 0,30 | 0,30 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 7,77 | 7,74 | 7,73 | 7,75 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 7,86 | 7,82 | 7,89 | 7,86 | 0,12 | 0,75 | 0,75 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 8,06 | 7,90 | 8,09 | 8,02 | 0,28 | 1,71 | 1,71 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 7,736 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,165 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de significancia de los datos de conductividad (uS).

| Punto de monitoreo | Conductividad | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|---------------|--------------|---------------|---------------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 22,00 | 16,00 | 24,00 | 20,67 | -22,59 | - 1,16 | 1,16 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 21,00 | 19,50 | 22,00 | 20,83 | -22,42 | - 1,15 | 1,15 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 20,00 | 16,00 | 21,00 | 19,00 | -24,25 | - 1,25 | 1,25 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 20,00 | 18,00 | 19,00 | 19,00 | -24,25 | - 1,25 | 1,25 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 20,00 | 66,00 | 28,00 | 38,00 | - 5,25 | - 0,27 | 0,27 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 42,00 | 21,33 | 41,50 | 34,94 | - 8,31 | - 0,43 | 0,43 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 44,00 | 44,00 | 44,00 | 44,00 | 0,75 | 0,04 | 0,04 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 73,00 | 73,00 | 83,00 | 76,33 | 33,08 | 1,70 | 1,70 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 60,67 | 73,00 | 43,00 | 58,89 | 15,64 | 0,80 | 0,80 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 64,25 | 50,00 | 61,00 | 58,42 | 15,16 | 0,78 | 0,78 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 63,67 | 67,00 | 62,00 | 64,22 | 20,97 | 1,08 | 1,08 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 53,67 | 37,00 | 62,00 | 50,89 | 7,64 | 0,39 | 0,39 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 59,30 | 45,00 | 67,00 | 57,10 | 13,85 | 0,71 | 0,71 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 43,25 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 19,461 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de significancia de los datos de salinidad (mg/l).

| Punto de monitoreo | Salinidad | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Zc | | | si Zc > 1,96 se descarta |
|------------------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|-------------------------------------|---------------------|------|--------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Zc | |
| 4992RChon1 | 15,00 | 11,00 | 16,00 | 14,00 | -16,67 | - 1,17 | 1,17 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 15,00 | 14,00 | 15,00 | 14,67 | -16,00 | - 1,12 | 1,12 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 13,00 | 11,00 | 15,00 | 13,00 | -17,67 | - 1,24 | 1,24 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 13,00 | 13,00 | 14,00 | 13,33 | -17,33 | - 1,22 | 1,22 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 13,00 | 43,00 | 19,00 | 25,00 | -5,67 | -0,40 | 0,40 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 29,00 | 17,67 | 28,50 | 25,06 | -5,61 | -0,39 | 0,39 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 31,00 | 31,00 | 31,00 | 31,00 | 0,33 | 0,02 | 0,02 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 51,00 | 51,00 | 59,00 | 53,67 | 23,00 | 1,61 | 1,61 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 42,33 | 51,00 | 30,00 | 41,11 | 10,45 | 0,73 | 0,73 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 48,75 | 50,00 | 43,00 | 47,25 | 16,58 | 1,16 | 1,16 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 44,33 | 47,00 | 43,00 | 44,78 | 14,11 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 37,67 | 25,00 | 44,00 | 35,56 | 4,89 | 0,34 | 0,34 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 41,70 | 32,00 | 47,00 | 40,23 | 9,57 | 0,67 | 0,67 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 30,67 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 14,252 | | | | |

Nota: ¹ El Zc es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de significancia de los datos de oxígeno disuelto (mg/l).

| Punto de monitoreo | Oxígeno disuelto | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|------------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 9,20 | 9,20 | 8,90 | 9,10 | -0,86 | -1,86 | 1,86 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 9,18 | 8,90 | 8,70 | 8,93 | -0,69 | -1,48 | 1,48 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 8,70 | 7,80 | 7,80 | 8,10 | 0,14 | 0,30 | 0,30 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 8,50 | 7,60 | 7,50 | 7,87 | 0,37 | 0,80 | 0,80 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 8,10 | 7,40 | 7,90 | 7,80 | 0,44 | 0,95 | 0,95 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 8,02 | 7,70 | 8,40 | 8,04 | 0,20 | 0,43 | 0,43 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 8,70 | 8,20 | 8,00 | 8,30 | -0,06 | -0,13 | 0,13 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 8,50 | 6,80 | 7,70 | 7,67 | 0,57 | 1,23 | 1,23 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 8,10 | 7,80 | 7,10 | 7,67 | 0,57 | 1,23 | 1,23 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 7,80 | 8,60 | 7,80 | 8,07 | 0,17 | 0,37 | 0,37 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 8,15 | 8,80 | 8,30 | 8,42 | -0,18 | -0,38 | 0,38 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 9,00 | 8,10 | 9,00 | 8,70 | -0,46 | -1,00 | 1,00 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 8,25 | 8,70 | 8,40 | 8,45 | -0,21 | -0,46 | 0,46 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 8,24 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,463 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de la DBO₅.

| Punto de monitoreo | DBO ₅ | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Zc | | | si Zc > 1,96 se descarta |
|------------------------------------|------------------|--------------|---------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|------|--------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Zc | |
| 4992RChon1 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,33 | -20,26 | - 1,26 | 1,26 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,67 | -19,92 | - 1,24 | 1,24 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 8,00 | 4,00 | 8,00 | 6,67 | -15,92 | - 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 9,00 | 7,00 | 10,00 | 8,67 | -13,92 | - 0,86 | 0,86 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 11,00 | 14,00 | 6,00 | 10,33 | -12,26 | - 0,76 | 0,76 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 22,00 | 19,00 | 26,00 | 22,33 | - 0,26 | - 0,02 | 0,02 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 25,00 | 17,00 | 14,00 | 18,67 | - 3,92 | - 0,24 | 0,24 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 46,00 | 38,00 | 47,00 | 43,67 | 21,08 | 1,31 | 1,31 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 56,00 | 44,00 | 53,00 | 51,00 | 28,41 | 1,76 | 1,76 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 37,00 | 38,00 | 35,00 | 36,67 | 14,08 | 0,87 | 0,87 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 39,00 | 29,00 | 41,00 | 36,33 | 13,74 | 0,85 | 0,85 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 31,00 | 34,00 | 26,00 | 30,33 | 7,74 | 0,48 | 0,48 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 29,00 | 25,00 | 18,00 | 24,00 | 1,41 | 0,09 | 0,09 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 22,59 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 16,13 | | | | |

Nota: ¹ El Zc es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de los datos de temperatura (°C).

| Punto de monitoreo | Temperatura | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 17,38 | 13,90 | 16,30 | 15,86 | - 2,91 | - 1,86 | 1,86 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 18,95 | 15,80 | 16,80 | 17,18 | - 1,58 | - 1,01 | 1,01 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 22,00 | 19,10 | 19,10 | 20,07 | 1,30 | 0,83 | 0,83 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 20,55 | 19,90 | 21,50 | 20,65 | 1,89 | 1,21 | 1,21 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 20,55 | 19,57 | 20,50 | 20,21 | 1,44 | 0,92 | 0,92 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 19,18 | 21,95 | 19,16 | 20,10 | 1,33 | 0,85 | 0,85 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 18,90 | 19,10 | 15,16 | 17,72 | - 1,04 | - 0,67 | 0,67 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 18,75 | 20,15 | 14,42 | 17,77 | - 0,99 | - 0,63 | 0,63 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 20,96 | 20,10 | 21,63 | 20,89 | 2,13 | 1,36 | 1,36 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 17,33 | 19,40 | 19,60 | 18,78 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 18,56 | 18,60 | 19,13 | 18,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 18,82 | 18,80 | 18,83 | 18,81 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 17,10 | 18,60 | 15,70 | 17,13 | - 1,63 | - 1,04 | 1,04 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 18,76 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 1,563 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de los datos de SST (mg/l).

| Punto de monitoreo | SST | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 30,20 | 24,20 | 32,20 | 28,87 | -25,66 | - 1,15 | 1,15 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 29,20 | 27,70 | 30,20 | 29,03 | -25,50 | - 1,14 | 1,14 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 28,20 | 24,20 | 29,20 | 27,20 | -27,33 | - 1,22 | 1,22 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 28,20 | 26,20 | 27,20 | 27,20 | -27,33 | - 1,22 | 1,22 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 28,20 | 34,20 | 36,20 | 32,87 | -21,66 | -0,97 | 0,97 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 50,20 | 59,53 | 49,70 | 53,14 | -1,39 | - 0,06 | 0,06 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 52,20 | 62,20 | 52,20 | 55,53 | 1,00 | 0,04 | 0,04 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 81,20 | 81,20 | 61,20 | 74,53 | 20,00 | 0,89 | 0,89 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 68,87 | 81,20 | 71,20 | 73,76 | 19,23 | 0,86 | 0,86 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 72,45 | 88,20 | 69,20 | 76,62 | 22,09 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 71,87 | 85,20 | 70,20 | 75,76 | 21,23 | 0,95 | 0,95 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 61,87 | 95,20 | 70,20 | 75,76 | 21,23 | 0,95 | 0,95 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 67,50 | 93,20 | 75,20 | 78,63 | 24,10 | 1,08 | 1,08 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 54,53 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 22,387 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de los datos de SDT (mg/l).

| Punto de monitoreo | SDT | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 22,00 | 16,00 | 24,00 | 20,67 | -22,59 | -1,16 | 1,16 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 21,00 | 19,50 | 22,00 | 20,83 | -22,42 | -1,15 | 1,15 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 20,00 | 16,00 | 21,00 | 19,00 | -24,25 | -1,25 | 1,25 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 20,00 | 18,00 | 19,00 | 19,00 | -24,25 | -1,25 | 1,25 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 20,00 | 66,00 | 28,00 | 38,00 | -5,25 | -0,27 | 0,27 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 42,00 | 21,33 | 41,50 | 34,94 | -8,31 | -0,43 | 0,43 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 44,00 | 44,00 | 44,00 | 44,00 | 0,75 | 0,04 | 0,04 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 73,00 | 73,00 | 83,00 | 76,33 | 33,08 | 1,70 | 1,70 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 60,67 | 73,00 | 43,00 | 58,89 | 15,64 | 0,80 | 0,80 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 64,25 | 50,00 | 61,00 | 58,42 | 15,16 | 0,78 | 0,78 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 63,67 | 67,00 | 62,00 | 64,22 | 20,97 | 1,08 | 1,08 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 53,67 | 37,00 | 62,00 | 50,89 | 7,64 | 0,39 | 0,39 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 59,30 | 45,00 | 67,00 | 57,10 | 13,85 | 0,71 | 0,71 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 43,25 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 19,461 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de nitrógeno amoniacal.

| Punto de monitoreo | Nitrógeno amoniacal | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|---------------------|--------------|---------------|--------------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 0,64 | 0,29 | 0,6 | 0,51 | - 0,84 | - 1,74 | 1,74 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 1,4 | 0,37 | 0,27 | 0,68 | - 0,67 | - 1,39 | 1,39 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 1,63 | 0,46 | 1,63 | 1,24 | - 0,11 | - 0,23 | 0,23 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 1,3 | 0,48 | 1,3 | 1,03 | - 0,33 | - 0,67 | 0,67 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 1,35 | 0,43 | 1,3 | 1,03 | - 0,33 | - 0,67 | 0,67 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 1,41 | 2,85 | 1,24 | 1,83 | 0,48 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 1,61 | 2,45 | 1,44 | 1,83 | 0,48 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 2,01 | 2,25 | 1,58 | 1,95 | 0,59 | 1,22 | 1,22 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 1,58 | 1,26 | 1,58 | 1,47 | 0,12 | 0,25 | 0,25 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 1,63 | 1,53 | 2,26 | 1,81 | 0,45 | 0,93 | 0,93 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 1,01 | 0,51 | 1,58 | 1,03 | - 0,32 | - 0,66 | 0,66 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 1,14 | 1,58 | 1,14 | 1,29 | - 0,07 | - 0,14 | 0,14 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 1,96 | 1,77 | 1,96 | 1,90 | 0,54 | 1,12 | 1,12 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 1,354 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,485 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad de los datos de caudal (m³/s).

| Punto de monitoreo | Caudal | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Zc | | | si Zc > 1,96 se descarta |
|------------------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|------|--------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Zc | |
| 4992RChon1 | 4,46 | 6,80 | 2,57 | 4,61 | -8,35 | -1,54 | 1,54 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 5,40 | 8,30 | 3,18 | 5,63 | -7,34 | -1,35 | 1,35 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 8,65 | 9,41 | 5,35 | 7,80 | -5,16 | -0,95 | 0,95 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 12,70 | 12,75 | 6,26 | 10,57 | -2,39 | -0,44 | 0,44 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 13,06 | 13,57 | 7,13 | 11,25 | -1,71 | -0,32 | 0,32 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 13,54 | 14,68 | 8,29 | 12,17 | -0,80 | -0,15 | 0,15 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 13,78 | 15,23 | 8,87 | 12,63 | -0,34 | -0,06 | 0,06 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 13,90 | 15,51 | 9,16 | 12,86 | -0,11 | -0,02 | 0,02 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 14,15 | 16,06 | 9,74 | 13,32 | 0,35 | 0,06 | 0,06 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 14,51 | 19,88 | 11,72 | 15,37 | 2,41 | 0,44 | 0,44 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 16,54 | 28,30 | 12,71 | 19,18 | 6,22 | 1,15 | 1,15 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 17,22 | 30,93 | 14,75 | 20,97 | 8,00 | 1,48 | 1,48 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 18,46 | 32,53 | 15,55 | 22,18 | 9,22 | 1,70 | 1,70 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 12,96 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 5,425 | | | | |

Nota: ¹ El Zc es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice WQI.

| Punto de monitoreo | WQI | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|--------------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 2,50 | 1,50 | 2,00 | 2,00 | -2,61 | -1,81 | 1,81 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 3,25 | 1,50 | 2,00 | 2,25 | -2,36 | -1,64 | 1,64 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 4,00 | 2,00 | 4,00 | 3,33 | -1,28 | -0,89 | 0,89 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 4,00 | 2,75 | 4,00 | 3,58 | -1,03 | -0,71 | 0,71 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 4,00 | 2,75 | 4,00 | 3,58 | -1,03 | -0,71 | 0,71 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 5,75 | 5,75 | 5,00 | 5,50 | 0,89 | 0,62 | 0,62 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 5,75 | 5,75 | 4,75 | 5,42 | 0,81 | 0,56 | 0,56 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 1,14 | 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 1,14 | 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 1,14 | 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 5,75 | 5,00 | 5,75 | 5,50 | 0,89 | 0,62 | 0,62 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 1,14 | 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 1,14 | 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 4,61 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 1,439 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice IBA.

| Punto de monitoreo | IBA | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 3,31 | 0,76 | 0,76 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 36,00 | 25,00 | 30,00 | 30,33 | - 4,36 | - 1,00 | 1,00 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 32,00 | 25,00 | 25,00 | 27,33 | - 7,36 | - 1,68 | 1,68 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 36,00 | 43,00 | 37,00 | 38,67 | 3,97 | 0,91 | 0,91 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 42,00 | 36,00 | 41,00 | 39,67 | 4,97 | 1,14 | 1,14 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 37,00 | 33,00 | 42,00 | 37,33 | 2,64 | 0,60 | 0,60 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 22,00 | 38,00 | 22,00 | 27,33 | - 7,36 | - 1,68 | 1,68 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 25,00 | 38,00 | 33,00 | 32,00 | - 2,69 | - 0,62 | 0,62 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 36,00 | 22,00 | 40,00 | 32,67 | - 2,03 | - 0,46 | 0,46 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 39,00 | 33,00 | 42,00 | 38,00 | 3,31 | 0,76 | 0,76 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 37,00 | 29,00 | 37,00 | 34,33 | - 0,36 | - 0,08 | 0,08 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 44,00 | 23,00 | 42,00 | 36,33 | 1,64 | 0,38 | 0,38 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 38,00 | 37,00 | 42,00 | 39,00 | 4,31 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 34,69 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 4,372 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice IBF.

| Punto de monitoreo | IBF | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 2,17 | 0,71 | 1,51 | 1,46 | - 2,13 | - 1,36 | 1,36 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 1,32 | 1,13 | 1,06 | 1,17 | - 2,42 | - 1,55 | 1,55 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 1,15 | 1,74 | 1,64 | 1,51 | - 2,08 | - 1,33 | 1,33 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 3,54 | 2,14 | 3,06 | 2,91 | - 0,67 | - 0,43 | 0,43 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 1,53 | 2,92 | 2,65 | 2,36 | - 1,22 | - 0,79 | 0,79 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 2,76 | 4,90 | 5,71 | 4,46 | 0,87 | 0,56 | 0,56 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 4,71 | 4,32 | 5,70 | 4,91 | 1,32 | 0,85 | 0,85 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 5,88 | 5,24 | 4,64 | 5,25 | 1,66 | 1,07 | 1,07 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 5,31 | 5,57 | 5,31 | 5,40 | 1,81 | 1,16 | 1,16 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 5,10 | 4,89 | 4,77 | 4,92 | 1,33 | 0,85 | 0,85 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 4,24 | 3,95 | 4,04 | 4,07 | 0,49 | 0,31 | 0,31 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 4,06 | 1,29 | 4,45 | 3,26 | -0,32 | -0,21 | 0,21 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 4,42 | 5,65 | 4,81 | 4,96 | 1,37 | 0,88 | 0,88 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 3,59 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 1,558 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice de dominancia de Simpson.

| Punto de monitoreo | Dominancia de Simpson | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Z_c | | | si $Z_c > 1,96$ se descarta |
|---|-----------------------|--------------|---------------|--------------|--|---------------------|-------|-----------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Z_c | |
| 4992RChon1 | 0,46 | 0,59 | 0,27 | 0,44 | 0,12 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 0,42 | 0,73 | 0,47 | 0,54 | 0,22 | 1,78 | 1,78 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 0,32 | 0,35 | 0,37 | 0,34 | 0,03 | 0,23 | 0,23 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 0,23 | 0,25 | 0,18 | 0,22 | - 0,09 | - 0,74 | 0,74 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 0,42 | 0,33 | 0,32 | 0,36 | 0,04 | 0,34 | 0,34 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 0,19 | 0,22 | 0,20 | 0,21 | - 0,11 | - 0,86 | 0,86 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 0,28 | 0,28 | 0,23 | 0,26 | - 0,05 | - 0,42 | 0,42 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 0,17 | 0,23 | 0,16 | 0,19 | - 0,13 | - 1,03 | 1,03 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 0,17 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | - 0,02 | 0,13 | 0,13 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 0,19 | 0,24 | 0,15 | 0,19 | - 0,12 | - 0,97 | 0,97 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 0,53 | 0,55 | 0,51 | 0,53 | 0,22 | 1,72 | 1,72 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 0,22 | 0,59 | 0,20 | 0,34 | 0,02 | 0,19 | 0,19 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 0,22 | 0,17 | 0,15 | 0,18 | - 0,14 | - 1,10 | 1,10 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 0,31 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,125 | | | | |

Nota: ¹ El Z_c es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice de diversidad de Shannon.

| Punto de monitoreo | Diversidad_Shannon | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Zc | | | si Zc > 1,96 se descarta |
|------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|------|--------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Zc | |
| 4992RChon1 | 0,98 | 0,88 | 1,46 | 1,11 | - 0,37 | - 1,10 | 1,10 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 1,22 | 0,51 | 1,04 | 0,92 | - 0,55 | - 1,65 | 1,65 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 1,33 | 1,15 | 1,13 | 1,21 | - 0,27 | - 0,81 | 0,81 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 1,82 | 1,55 | 1,75 | 1,71 | 0,23 | 0,70 | 0,70 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 1,36 | 1,40 | 1,42 | 1,39 | - 0,08 | - 0,25 | 0,25 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 1,71 | 1,62 | 1,84 | 1,72 | 0,25 | 0,74 | 0,74 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 1,39 | 1,58 | 1,54 | 1,51 | 0,03 | 0,09 | 0,09 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 1,87 | 1,81 | 1,96 | 1,88 | 0,40 | 1,21 | 1,21 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 1,91 | 1,16 | 1,52 | 1,53 | 0,06 | 0,17 | 0,17 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 1,78 | 1,58 | 2,00 | 1,79 | 0,31 | 0,94 | 0,94 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 1,02 | 0,94 | 1,06 | 1,01 | - 0,47 | - 1,41 | 1,41 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 1,79 | 0,80 | 1,82 | 1,47 | - 0,01 | - 0,02 | 0,02 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 1,78 | 1,91 | 2,13 | 1,94 | 0,46 | 1,38 | 1,38 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 1,47 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,333 | | | | |

Nota: ¹ El Zc es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Análisis de sensibilidad del índice de Margaleft.

| Punto de monitoreo | Margaleft | | | \bar{X} | Prueba de significancia de datos Zc | | | si Zc > 1,96 se descarta |
|---|-------------|--------------|---------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|------|--------------------------|
| | I Monitoreo | II Monitoreo | III Monitoreo | | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)/S$ | Zc | |
| 4992RChon1 | 0,94 | 1,31 | 1,26 | 1,17 | - 0,43 | - 1,12 | 1,12 | Si cumple |
| 4992RChon2 | 1,41 | 0,68 | 1,00 | 1,03 | - 0,57 | - 1,49 | 1,49 | Si cumple |
| 4992RChon3 | 1,34 | 0,85 | 0,93 | 1,04 | - 0,56 | - 1,47 | 1,47 | Si cumple |
| 4992RChon4 | 2,46 | 1,69 | 1,44 | 1,86 | 0,26 | 0,67 | 0,67 | Si cumple |
| 4992RChon5 | 2,20 | 1,80 | 1,66 | 1,89 | 0,28 | 0,73 | 0,73 | Si cumple |
| 4992RChon6 | 1,49 | 1,64 | 1,87 | 1,67 | 0,06 | 0,16 | 0,16 | Si cumple |
| 4992RChon7 | 1,20 | 2,04 | 1,34 | 1,52 | - 0,08 | - 0,21 | 0,21 | Si cumple |
| 4992RChon8 | 1,89 | 2,22 | 1,85 | 1,98 | 0,38 | 0,99 | 0,99 | Si cumple |
| 4992RChon9 | 2,10 | 1,02 | 1,95 | 1,69 | 0,09 | 0,22 | 0,22 | Si cumple |
| 4992RChon10 | 1,97 | 1,50 | 2,18 | 1,89 | 0,28 | 0,73 | 0,73 | Si cumple |
| 4992RChon11 | 1,21 | 0,93 | 1,26 | 1,13 | - 0,47 | - 1,22 | 1,22 | Si cumple |
| 4992RChon12 | 2,47 | 0,90 | 2,20 | 1,86 | 0,25 | 0,66 | 0,66 | Si cumple |
| 4992RChon13 | 2,04 | 1,99 | 2,35 | 2,12 | 0,52 | 1,35 | 1,35 | Si cumple |
| Promedio (X_i) | | | | 1,60 | | | | |
| Desviación estándar (S) | | | | 0,385 | | | | |

Nota: ¹ El Zc es valor crítico del estadístico Z, en donde a un nivel de significancia del 95%, la hipótesis de que los datos no son significativos se rechaza valores superiores a 1,96.

Anexo III: Evidencias fotográficas

Fotografía 1.

Zona de monitoreo 4992RChon1.



Fuente propia.

Fotografía 2.

Zona de monitoreo 4992RChon2.



Fuente propia.

Fotografía 3.

Zona de monitoreo 4992RChon3.



Fuente propia.

Fotografía 4.

Zona de monitoreo 4992RChon4.



Fuente propia.

Fotografía 5.

Zona de monitoreo 4992RChon5.



Fuente propia.

Fotografía 6.

Zona de monitoreo 4992RChon6.



Fuente propia.

Fotografía 7.

Zona de monitoreo 4992RChon7.



Fuente propia.

Fotografía 8.

Zona de monitoreo 4992RChon8.



Fuente propia.

Fotografía 9.

Zona de monitoreo 4992RChon9.



Fuente propia.

Fotografía 10.

Zona de monitoreo 4992RChon10.



Fuente propia.

Fotografía 11.

Zona de monitoreo 4992RChon11.



Fuente propia.

Fotografía 12.

Zona de monitoreo 4992RChon12.



Fuente propia.

Fotografía 13.

Zona de monitoreo 4992RChon13.



Fuente propia.

Fotografía 14.

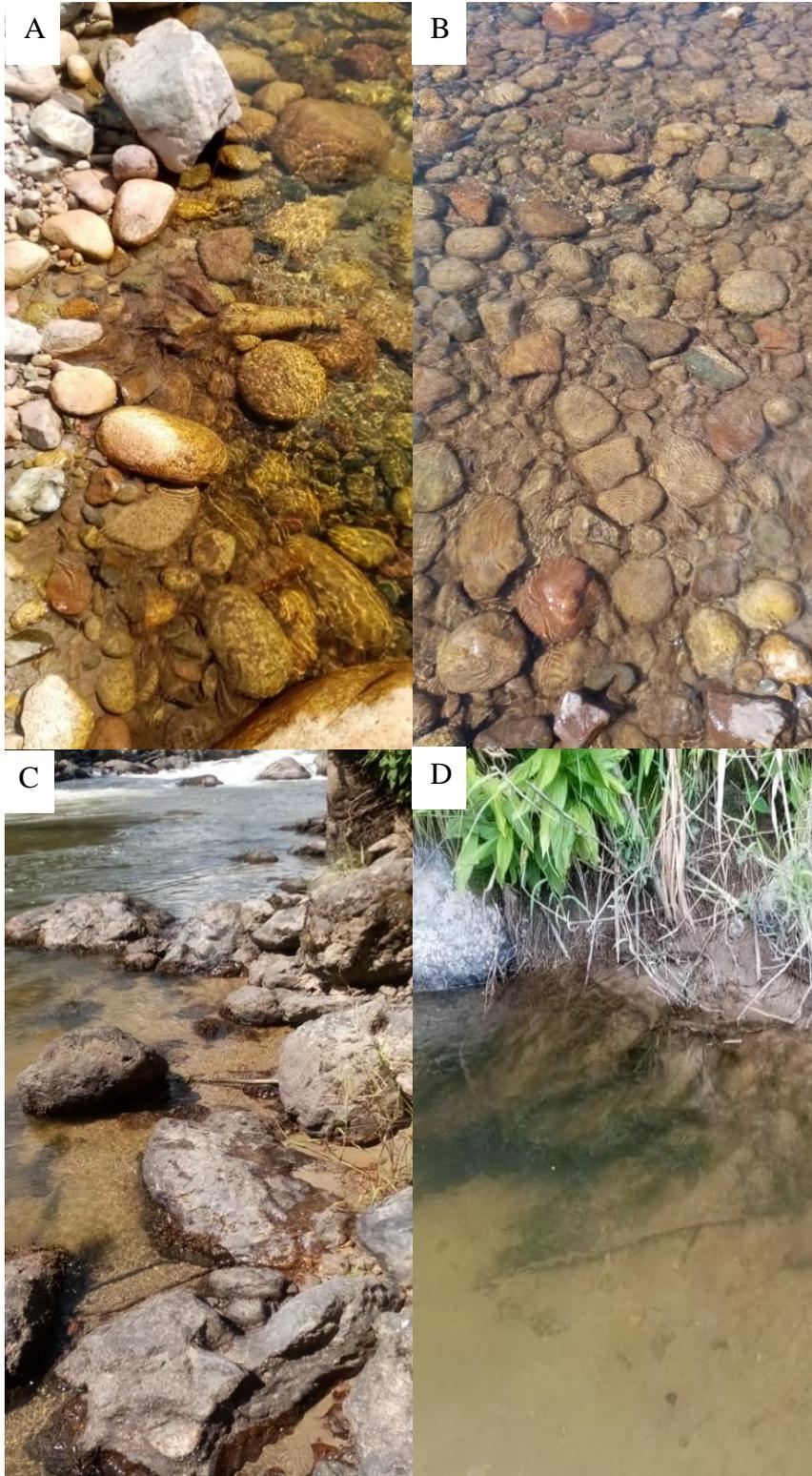
Colecta de macroinvertebrados bentónicos.



Fuente propia.

Fotografía 15.

Substratos de colectas de macroinvertebrados bentónicos



Fuente propia. Nota: A.-Sustrato rocoso de la zona alta del tramo, B.-Sustrato rocoso con sedimentos de la parte media del tramo, C.-Sustrato rocoso de la zona baja de la cuenca, D.-Sustrato arenoso de la zona baja de la cuenca.

Fotografía 16.

Colectas de macroinvertebrados bentónicos



Fuente propia.

Fotografía 17.

Muestras de macroinvertebrados bentónicos colectadas



Fuente propia.

Fotografía 18.

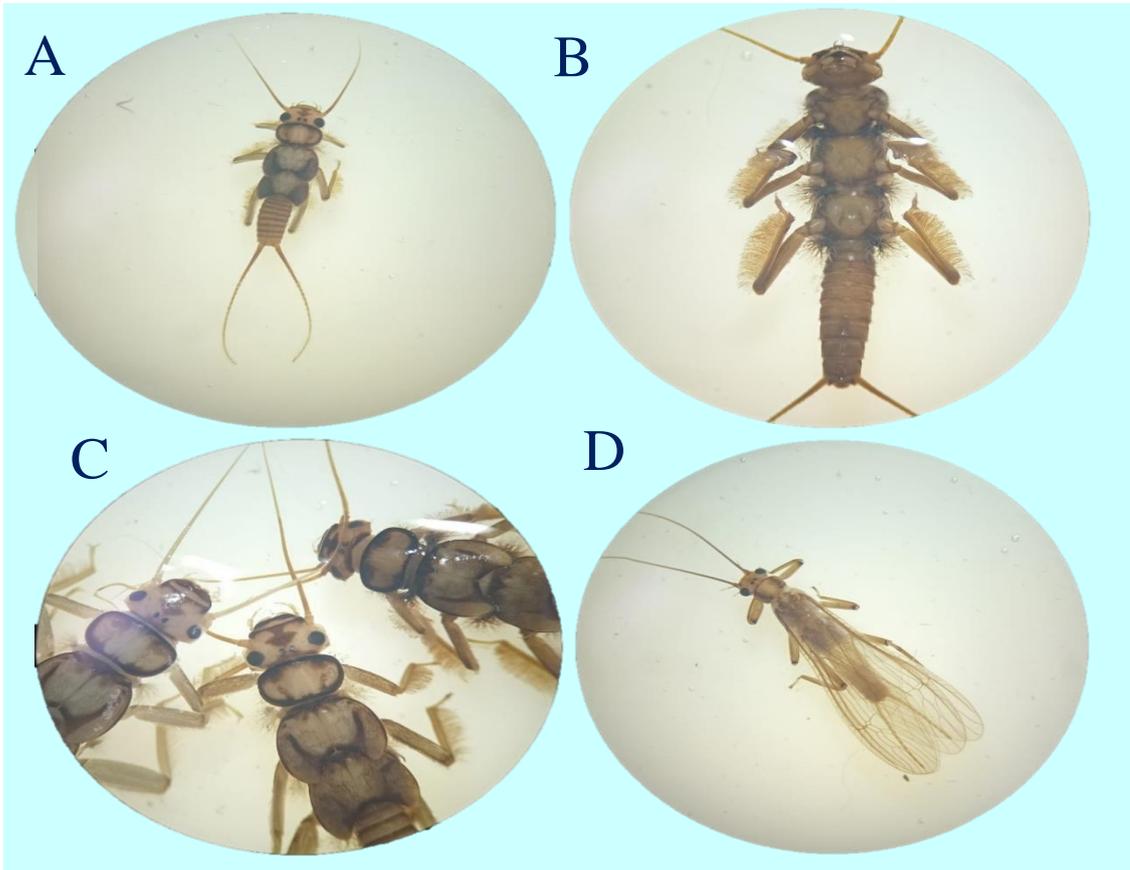
Identificación de macroinvertebrados con ayuda de un estereoscopio



Fuente propia.

Fotografía 19.

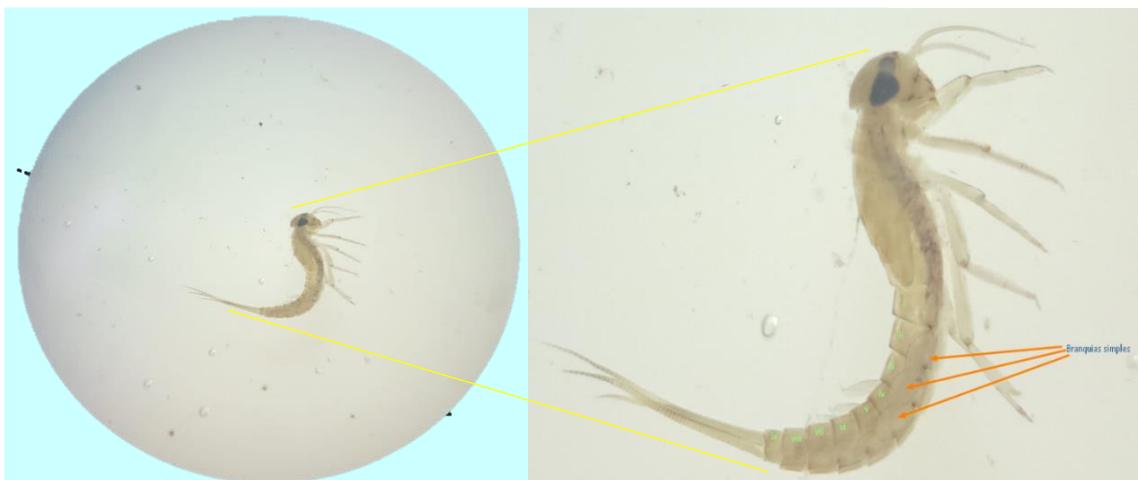
Ninfas de *Anacroneuria sp.* (orden Plecoptera, familia Perlidae)



Fuente propia. Nota: A.- vista superior de ninfa con sus distintivos dos cercos terminales en forma de “Λ”, B.-vista de branquias ramificadas en los segmentos torácicos y par de uñas en cada pata, C.- tres individuos con los dos ocelos distintivos, D.- ninfa adulta con alas, típico de las moscas de piedra.

Fotografía 20.

Ninfa de *Zelucia sp.* (orden Ephemeroptera, familia Baetidae)



Fuente propia. Nota: los segmentos abdominales ix y viii no presentan branquias, sus branquias son simples en los segmentos i al vii, sus mandíbulas sin setas entre la prosteca y la mola.

Fotografía 21.

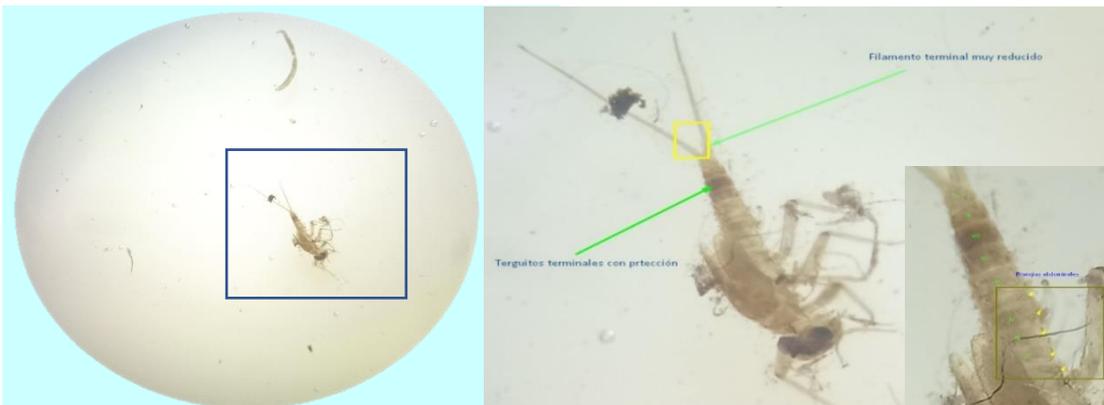
Ninfa de *Andesiops sp.* (orden Ephemeroptera, familia Baetidae)



Fuente propia. Nota: Branquias abdominales en los segmentos i al vii, uñas tarsales con un par de setas débiles y dos hileras de dendrículos.

Fotografía 22.

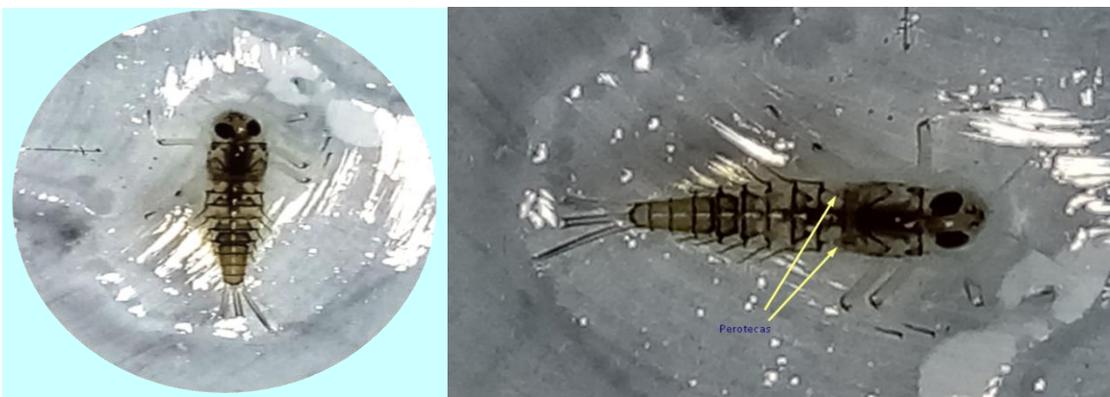
Ninfa de *Baetodes sp.* (orden Ephemeroptera, familia Baetidae)



Fuente propia. Nota: branquias en los segmentos i al v, terguitos abdominales con protección, filamento terminal muy reducido.

Fotografía 23.

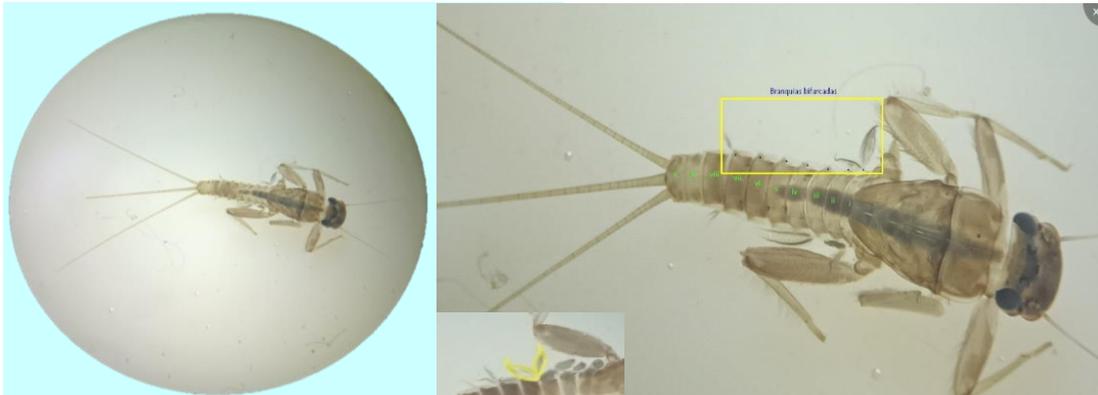
Ninfa de *Nanomis sp.* (orden Ephemeroptera, familia Baetidae)



Fuente propia. Nota: perotecas posteriores presentes, branquias abdominales presentes.

Fotografía 24.

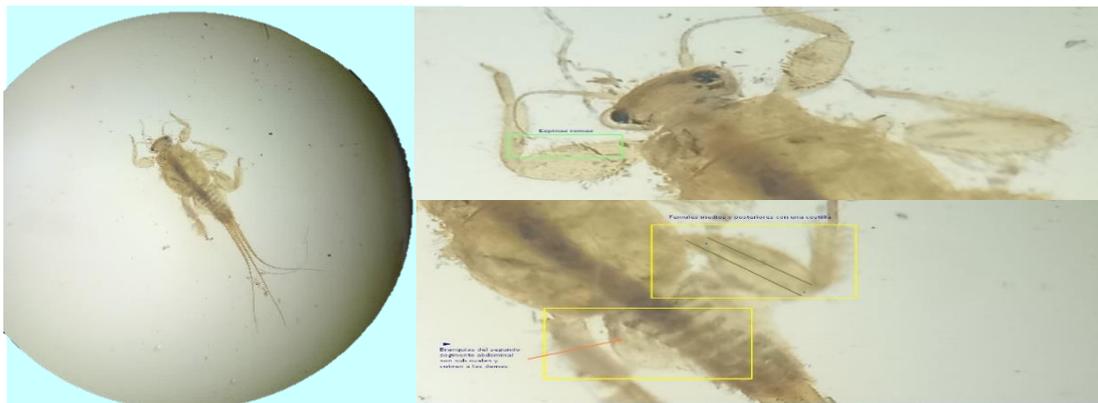
Ninfa de *Thraulodes sp.* (orden Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae)



Fuente propia. Nota: Branquias bifurcadas, con disminución de tamaño progresivo en los segmentos abdominales.

Fotografía 25.

Ninfa de *Leptohyphes sp.* (orden Ephemeroptera, familia Leptohyphidae)



Fuente propia. Nota: hilera de espinas romas en el primer fémur, costilla longitudinal elevada en los fémures medios y posteriores, las branquias en el segundo abdomen son sub ovales y cubren las demás.

Fotografía 26.

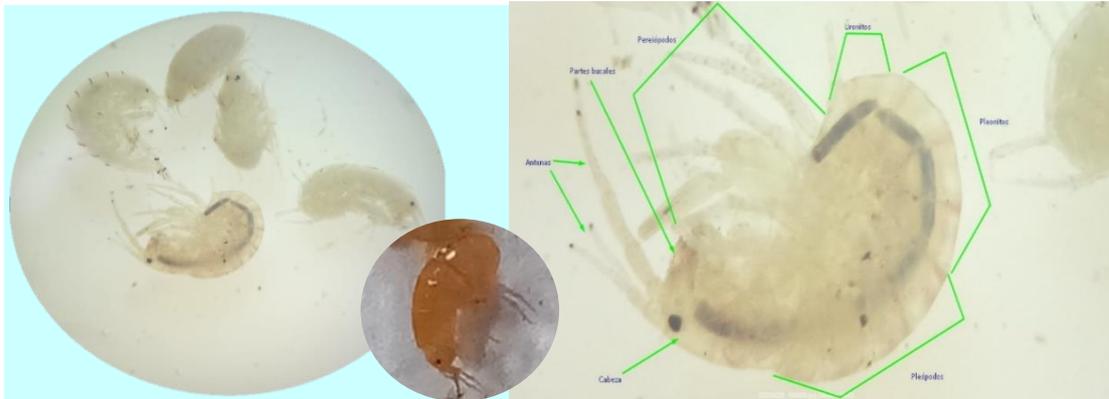
Ninfa de *Haplohyphes sp.* (orden Ephemeroptera, familia Leptohyphidae)



Fuente propia. Nota: Las branquias sub-trianguares del segundo segmento abdominal cubren las demás, los fémures de la primera pata tienen setas dorsales.

Fotografía 27.

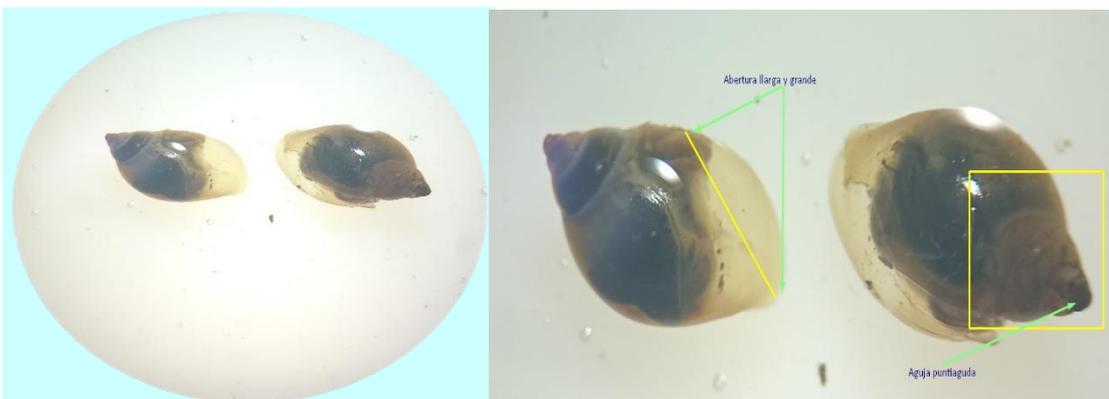
Individuos de *Hyallela sp.* (orden Amphipoda, familia Hyalellidae)



Fuente propia. Nota: coloración amarillenta, telson entero, mandíbulas sin palpos, segmentos del tórax con un par de apéndices (7 pares de pereiópodos), donde los dos primeros pares son quelados.

Fotografía 28.

Individuos de *Physidae sp.* (caracoles de vejiga)



Fuente propia. Nota: pequeños caracoles de agua dulce, conchas sintrales y transparentes.

Fotografía 29.

Individuos de *Corydalus sp.* (orden Megaloptera, familia Corydalidae)



Fuente propia. Nota: patrón de coloración moteado en cabeza y pronoto, presencia de filamentos largos y puntiagudos a lo largo del abdomen en los segmentos i al vii, presentan hasta 10 mudas anuales.

Fotografía 30.

Individuos de *Fasiola sp.* (orden Tricladida, familia Planariidae)



Fuente propia. Nota: cuerpo alargado y plano, con cabeza triangular, con ojos.

Fotografía 31.

Capullos de larvas de *Brachysetodes sp.* (orden Trichoptera, familia Leptoceridae)



Fuente propia. Nota: capullos arqueados de piedritas.

Fotografía 32.

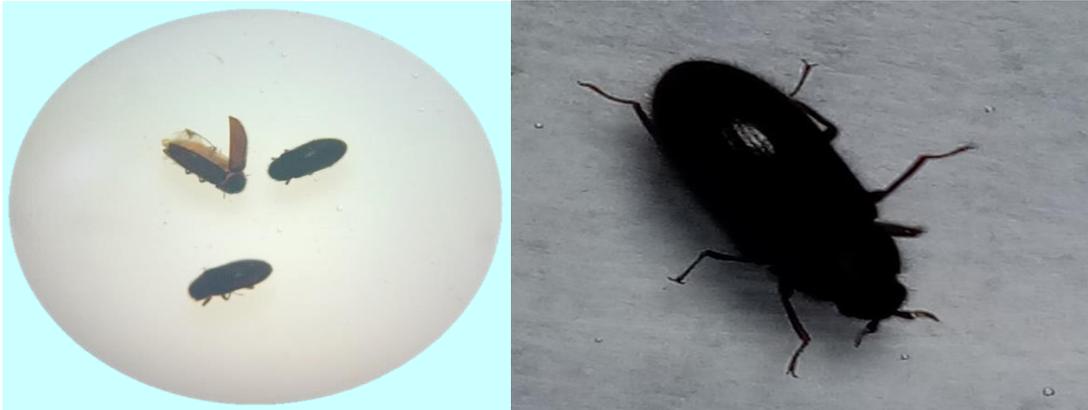
Individuo de *Leptonema sp 1.* (orden Trichoptera, familia Hydropsychidae)



Fuente propia. Nota: Cabeza alargada, dos escleritos ventrales en el último segmento ventral.

Fotografía 33.

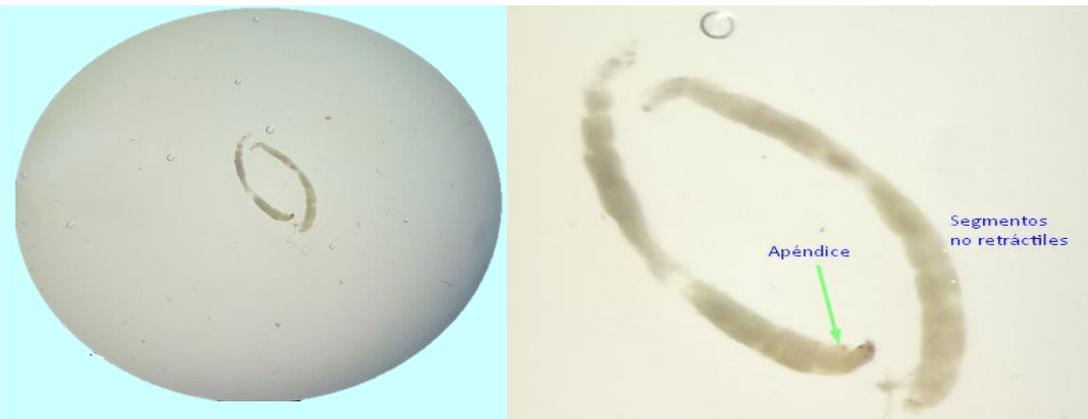
Individuos de *Macrelmis sp.* (orden Coleóptera, familia Elmidae)



Fuente propia. Nota: Las alas anteriores están modificadas en élitros, los cuales cubren dorsalmente el tórax y el abdomen.

Fotografía 34.

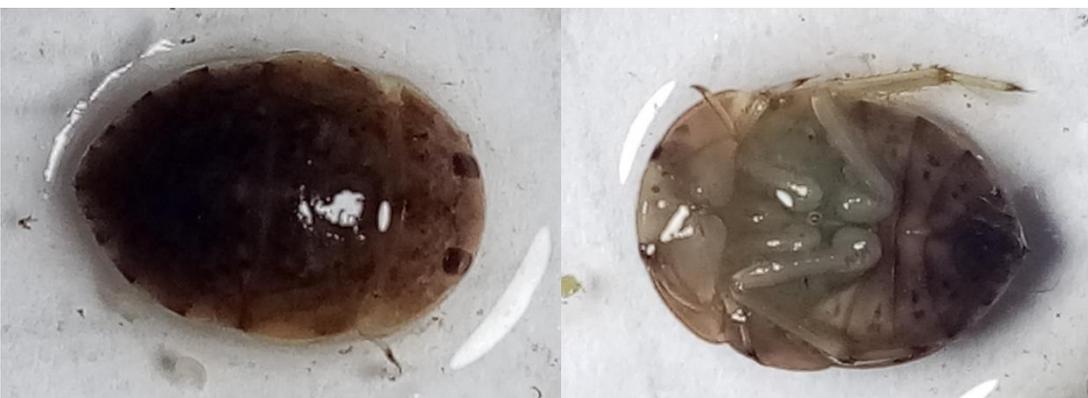
Individuos de *Chironominae sp.* (Orden Diptera, familia Chironomidae)



Fuente propia. Nota: Antenas de 5 a más segmentos no retractilinos, con apéndice que sobresale del segundo segmento.

Fotografía 35.

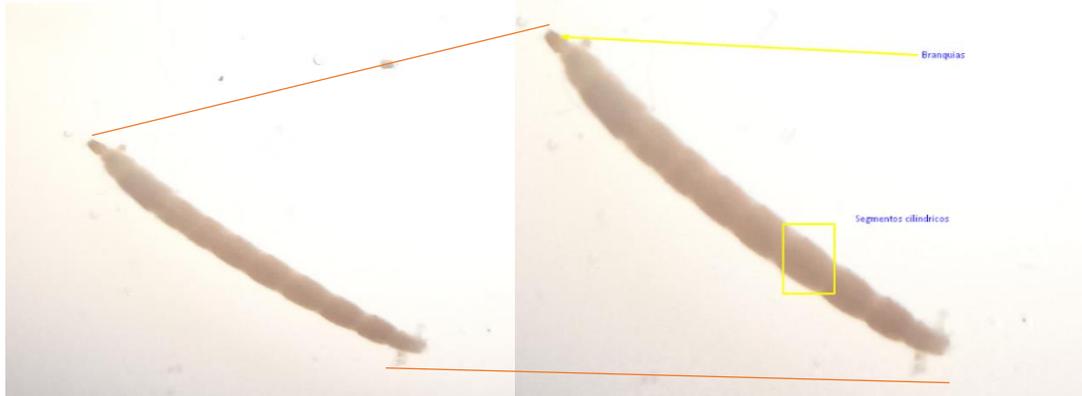
Larvas de *Pheneps sp.* (orden Coleoptera, familia Psephenidae)



Fuente propia. Nota: Abdomen con cuatro pares de branquias, larvas con forma ovalada.

Fotografía 36.

Individuo de *Anchytarsus sp.* (Orden Coleoptera, familia Ptilodactylidae)



Fuente propia. Nota: Larvas de cuerpos cilíndricos, alargados, color ladrillo y antenas filiformes.

Fotografía 37.

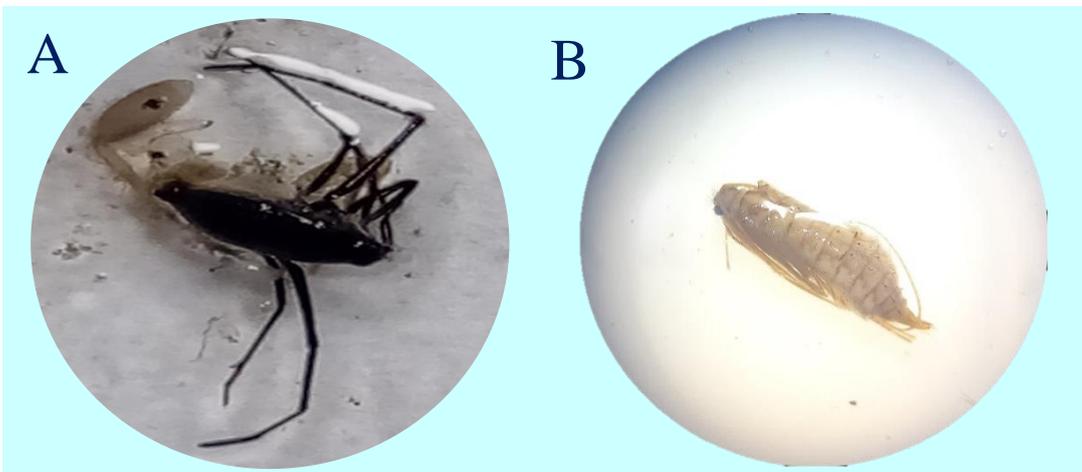
Larva de *Smicridema sp.* (Orden Trichoptera, familia Hydropsychidae)



Fuente propia. Nota: Branquias abdominales poco filamentosas.

Fotografía 38.

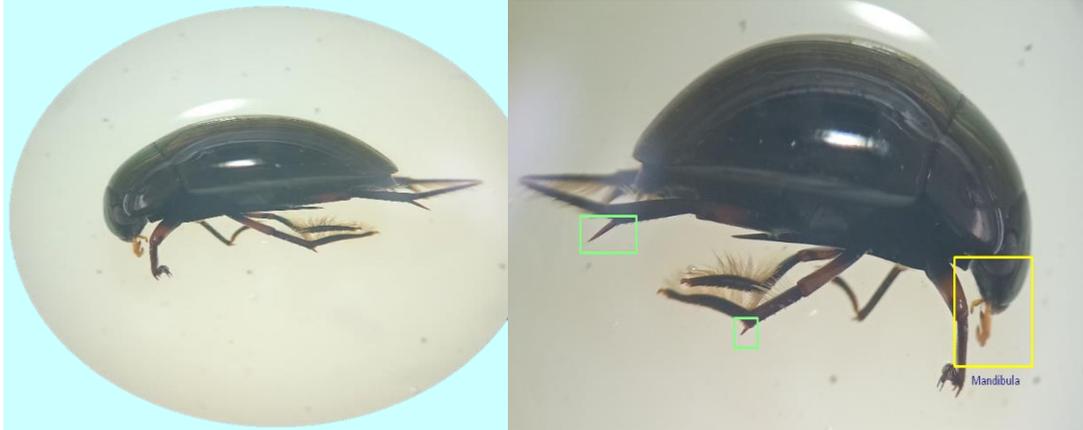
Individuo de *Rhagovelia sp.* (orden Hemiptera, familia veliidae)



Fuente propia. Nota: A.- Trazos medios profundamente hendidos, con abanico plumoso, B.-pupa de orden Hemiptera.

Fotografía 39.

Individuo de *Phaenonotum sp.* (orden Coleoptera, familia Hydrophilidae)



Fuente propia. Nota: Coleópteros edafólogos de cuerpo compacto.

Fotografía 40.

Larva de *Policentropus sp.* (orden Trichoptera, familia Polycentropodidae)



Fuente propia. Nota: Puntos oscuros en la cabeza alargada, cuerpo en forma de coma.

Fotografía 41.

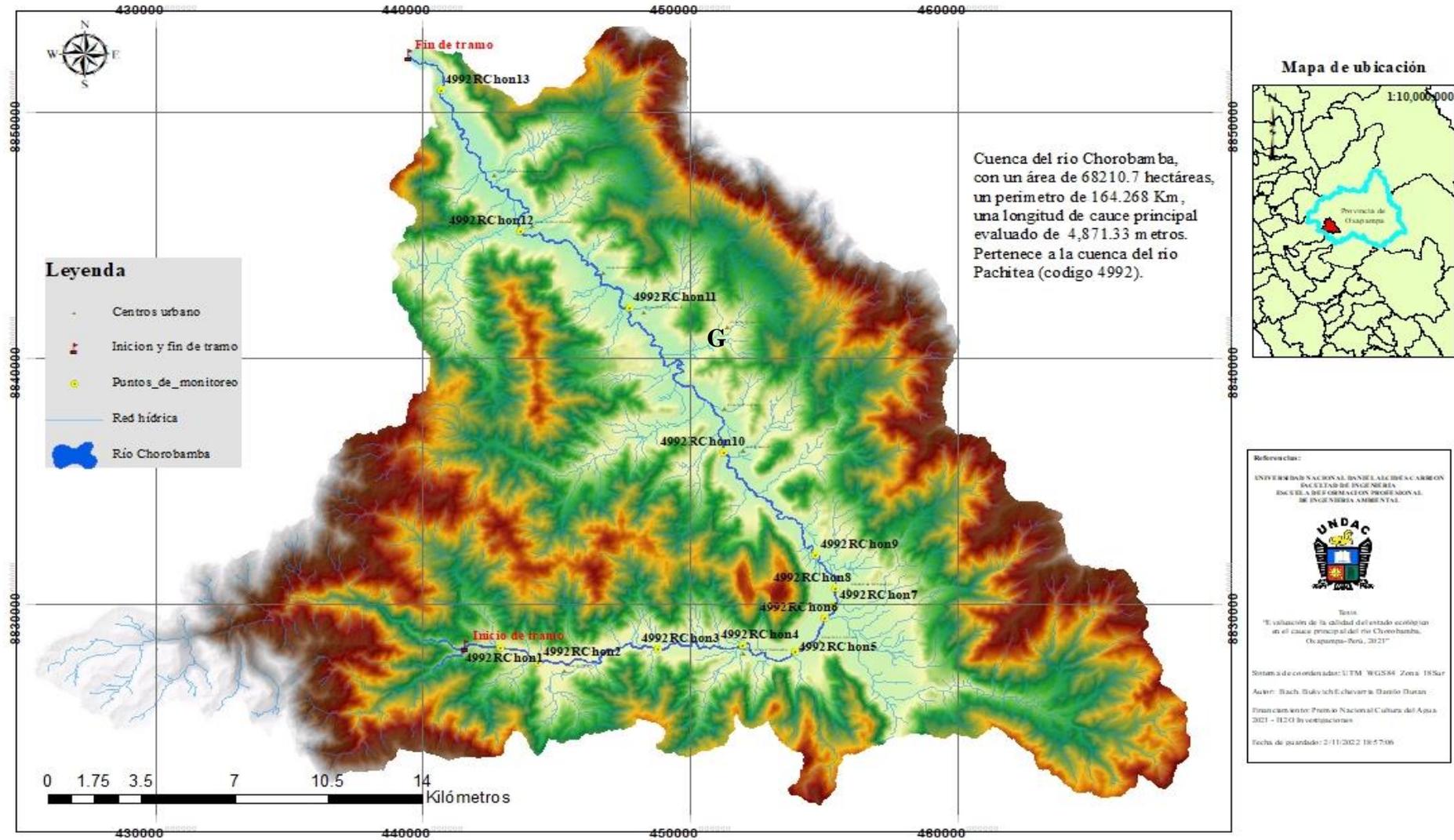
Larva de *Anchytarsus sp.* (orden Coleoptera, familia Ptilodactylidae)



Fuente propia. Nota: habitan debajo de piedras y restos vegetales.

Fotografía 42.

Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.



Fuente: elaboración propia.