UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO CCORIMARCA, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA – CUSCO. 2025

PRESENTADO POR:

Br. ADA LUZ MAMANI HUANCA

Br. ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO

ASESOR:

Mg. PERCY YANQUE YUCRA

CUSCO - PERÚ

2026

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** M.Sc. PERCY YANQUE YUCRA ..... quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO CCORIMARCO, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA – CUSCO. 2025

Presentado por: ADA LUZ MAMANI HUANCA ..... DNI N° 73516926 ;
presentado por: ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN ..... DNI N°: 74021697
Para optar el título Profesional/Grado Académico de BIÓLOGO .....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 **%.**

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 15 de octubre de 2026

.....
Firma

Post firma Percy Yanque Yucra

Nro. de DNI 23827387

ORCID del Asesor 0000-0003-1777-2560

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:639350140

Ada Luz Mamani Huanca Elvira Cusihuaman Chaman

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADO...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:639350140

Fecha de entrega
15 oct 2026, 9:12 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 oct 2026, 9:34 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS - ADA LUZ Y ELVIRA.pdf

Tamaño del archivo
8.2 MB

153 páginas

25.979 palabras

144.680 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación académica.

A mis padres, Bartolomé Mamani Ayala y Gerónima Huanca Soto, quienes son mi modelo de lucha y perseverancia. A mis hermanos, Wagner y Jhoel, por su apoyo y comprensión.

También quiero dedicar este trabajo a la memoria de mi querida abuelita que desde el cielo ilumina mis pasos y vive siempre en mi corazón.

Ada Luz Mamani

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo mi amor y gratitud, a mis padres Zenón Cusihuaman Aller y Juana Chaman Quispe, a mis hermanos Iván, Nilo y Ana María y a mis sobrinas Kelly Milagros, Ivanna Isabella y Mikaela Valentina por su apoyo incondicional que ha sido fundamental en mi formación personal y profesional. Gracias por confiar en mí, por motivarme a seguir adelante y por enseñarme que, con esfuerzo y dedicación, es posible alcanzar nuestros sueños.

Elvira Cusihuaman

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia para seguir adelante y poder culminar este trabajo.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por los conocimientos adquiridos durante nuestra etapa universitaria.

A la Facultad de Ciencias Biológicas y a nuestros docentes, por las enseñanzas y experiencias compartidas, que fueron parte importante de nuestra formación.

A nuestro asesor M.Sc. Percy Yanque Yucra, por su orientación, paciencia y por las sugerencias brindadas durante el desarrollo de esta investigación, las cuales nos ayudaron a mejorar nuestro trabajo.

A nuestras familias, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por acompañarnos durante este proceso, por confiar en nosotras y por darnos ánimos para seguir adelante cuando las cosas se hicieron difíciles.

También agradecemos a todas las personas que, de alguna manera, nos brindaron su apoyo y colaboración durante la realización de esta investigación.

Finalmente, nos agradecemos mutuamente por la paciencia, el esfuerzo y la perseverancia que tuvimos para afrontar este proceso juntas y no rendirnos ante las dificultades.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este camino.

ÍNDICE

RESUMEN i
ABSTRACT ii
INTRODUCCIÓN iii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA iv
JUSTIFICACIÓN vi
OBJETIVOS vii
HIPÓTESIS viii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO
1.1. ANTECEDENTES 1
1.2. BASES TEÓRICAS 4
1.2.1. Los ríos andinos 4
1.2.2. Calidad del agua 5
1.2.3. Bioindicadores 5
1.2.4. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua 6
1.2.5. Índices bióticos 13
1.2.6. Parámetros físicos y químicos del agua 14
CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS
2.1. AREA DE ESTUDIO 18
2.1.1. Ubicación Política 18
2.1.2. Ubicación geográfica 18
2.1.3. Accesibilidad 20
2.1.4. Descripción del área de estudio 20
2.2. MATERIALES 24
2.2.1. Material biológico 24
2.2.2. Materiales de campo 24
2.2.3. Equipos 25
2.2.4. Materiales de gabinete 25
2.3. METODOLOGÍA 26
2.3.1. Tipo de investigación 26
2.3.2. Caracterización de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca 26

2.3.3. Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua 34
2.3.4. Determinación de la calidad de agua a través del Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente 35
2.3.5. Establecimiento de la relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua en el río Ccorimarca..... 37
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
3.1. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca 39
3.1.1. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en época de lluvias 44
3.1.2. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en época de secas 52
3.1.3. Análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS) 61
3.1.4. Análisis de agrupamiento (Dendrograma)..... 63
3.1.5. Análisis de varianza multivariado (PERMANOVA)..... 65
3.1.6. Análisis de similitud (SIMPER)..... 66
3.2. Parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca 67
3.3. Calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente del río Ccorimarca 72
3.4. Relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca 74
3.4.1. Relación de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua (Correlación de Spearman)..... 75
3.4.2. Relación multivariada entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos (Análisis de correspondencia canónica - CCA) 81
DISCUSIONES..... 86
CONCLUSIONES 92
RECOMENDACIONES..... 93
BIBLIOGRAFÍA 94
ANEXOS 99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Temperatura y Precipitación de la estación meteorológica Anta Ancachuro, periodo 2017 - 2025*. 21

Tabla 2 *Especies de flora registradas en la microcuenca de Piuray – Ccorimarca*. 23

Tabla 3 *Especies de fauna registradas en la microcuenca de Piuray – Ccorimarca*..... 24

Tabla 4 *Ubicación, coordenadas UTM, altitud y características generales de los tramos de muestreo del río Ccorimarca.* 28

Tabla 5 *Parámetros físicos y químicos para evaluar en el río Ccorimarca* 35

Tabla 6 *Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el ABI.* 36

Tabla 7 *Calidad del agua según ABI para ríos altoandinos de Perú.* 37

Tabla 8 *Composición y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por categoría taxonómica en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero y abril 2025) y secas (mayo y julio 2025).*..... 40

Tabla 9 *Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por tramos de muestreo. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)*. 46

Tabla 10 *Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por tramos de muestreo. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)* 55

Tabla 11 *Análisis PERMANOVA de una vía para los factores temporal y espacial.* 65

Tabla 12 *Comparaciones por pares del factor espacial (tramos T1- T6). Se muestran los p-valores* 66

Tabla 13 *Contribución de las familias de macroinvertebrados bentónicos a la disimilitud de la comunidad entre los tramos de muestreo del río Ccorimarca según el análisis SIMPER* 67

Tabla 14 *Parámetros físicos y químicos del agua por tramo de muestreo del río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)*. 69

Tabla 15 *Parámetros físicos y químicos del agua por tramo de muestreo del río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025).* 70

Tabla 16 *Clasificación de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECAs) en la categoría 03*..... 71

Tabla 17 *Índice Biótico Andino (ABI) - época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).*..... 73

Tabla 18 *Índice Biótico Andino (ABI) – época de secas (mayo 2025 y julio 2025)*..... 74

Tabla 19 *Correlación entre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)*.75

Tabla 20 *Correlación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del río Ccorimarca - época de lluvias*..... 77

Tabla 21 *Correlación entre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)* 78

Tabla 22 *Correlación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del río Ccorimarca – época de secas.* 80

Tabla 23 *Correlación entre la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)* 81

Tabla 24 *Correlación entre la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados en el río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)* 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ubicación política del río Ccorimarca – Chinchero, Urubamba –Cusco* 19

Figura 2 *Climatodiagrama de la estación meteorológica Anta Ancachuro (2017 – 2025)*..... 22

Figura 3 *Ubicación de los tramos de muestreo en el río Ccorimarca, Chinchero, Urubamba - Cusco*..... 30

Figura 4 *Abundancia absoluta total de las familias de macroinvertebrados bentónicos registradas en el río Ccorimarca durante las épocas de lluvias y época de secas*..... 41

Figura 5 *Abundancia relativa por órdenes de macroinvertebrados bentónicos en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).*..... 42

Figura 6 *Abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos en el río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025).* 43

Figura 7 *Riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).*..... 44

Figura 8 *Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).*..... 45

Figura 9 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T1 en el río Ccorimarca - época de lluvias (febrero y abril)*..... 47

Figura 10 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T2 - época de lluvias (febrero y abril)*.. 48

Figura 11 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T3 - época de lluvias (febrero y abril)*.. 49

Figura 12 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T4- época de lluvias (febrero y abril)*... 50

Figura 13 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T5 - época de lluvias (febrero y abril)*.. 51

Figura14 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T6 - época de lluvias (febrero y abril)*... 52

Figura 15 *Riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca – época de secas (mayo 2025 y julio 2025).* 53

Figura 16 *Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca – época de secas (mayo 2025 y julio 2025).* 54

Figura 17 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T1 – época de secas (mayo y julio)* 56

Figura 18 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T2 – época de secas (mayo y julio)* 57

Figura 19 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T3 – época de secas (mayo y julio)* 58

Figura 20 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T4 - época de secas (mayo y julio)* 59

Figura 21 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T5 – época de secas (mayo y julio)* 60

Figura 22 *Abundancia de familias de MIB en el tramo T6 – época de secas (mayo y julio)* 61

Figura 23 *Análisis NMDS a nivel espacial.* 62

Figura 24 *Análisis NMDS a nivel temporal.* 63

Figura 25 *Dendrograma de similitud (Bray-Curtis) entre unidades de muestreo mediante el método UPGMA* 64

Figura 26 *Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos - época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025*). 83

Figura 27 *Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos - época de secas (mayo2025 y julio 2025).* 85

RESUMEN

La presente investigación evaluó la variación espacial y temporal de los macroinvertebrados bentónicos (MIB) como bioindicadores de la calidad del agua del río Ccorimarca, distrito de Chinchero, Urubamba, Cusco, entre febrero y julio de 2025. Con la finalidad de caracterizar la riqueza y abundancia de los MIB, determinar los parámetros físicos y químicos y la calidad del agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) y establecer su relación con dichos parámetros. Se establecieron seis tramos de muestreo y se realizaron cuatro campañas: dos en época de lluvias y dos en época de secas. Se recolectaron 2330 individuos pertenecientes a 20 familias. La riqueza y abundancia variaron espacialmente, destacando el tramo T4 por su mayor riqueza y el T1 por sus menores valores. El análisis PERMANOVA evidenció diferencias significativas entre tramos ($p<0.05$), destacando el T1 por su diferenciación. Las familias Hyalellidae, Elmidae, Baetidae y Chironomidae contribuyeron principalmente a la variación observada. El ABI indicó una calidad del agua de mala a buena en época de lluvias y de mala a moderada en época de secas. La correlación de Spearman identificó asociaciones significativas entre la riqueza y algunos parámetros físicos y químicos. Se concluye que los MIB presentaron variación espacial significativa y relativa estabilidad temporal en su composición, mientras que la calidad del agua varió entre tramos y épocas.

Palabras clave: *Macroinvertebrados bentónicos, Bioindicador, Calidad de agua, Variación espacio-temporal.*

ABSTRACT

This study evaluated the spatial and temporal variation of benthic macroinvertebrates (BMI) as bioindicators of water quality in the Ccorimarca River, located in the district of Chinchero, Urubamba, Cusco, Peru, between February and July 2025. The study aimed to characterize BMI richness and abundance, determine the physical and chemical parameters of the water and its quality using the Andean Biotic Index (ABI), and establish their relationships. Six sampling reaches were established, and four sampling campaigns were conducted: two during the rainy season and two during the dry season. A total of 2,330 individuals belonging to 20 families were collected. Richness and abundance varied spatially, with the highest richness recorded in reach T4 and the lowest values in T1. PERMANOVA revealed significant differences among reaches ($p < 0.05$), with T1 showing the greatest differentiation. The families Hyalellidae, Elmidae, Baetidae, and Chironomidae contributed most to the observed variation. The ABI indicated that water quality ranged from poor to good during the rainy season and from poor to moderate during the dry season. Spearman's correlation analysis identified significant associations between richness and some physical and chemical water parameters. It is concluded that BMI exhibited significant spatial variation and relative temporal stability in community composition, while water quality varied across reaches and seasons.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, Bioindicators, Water quality, Spatial and temporal variation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los estudios sobre la calidad del agua mediante el uso de bioindicadores han adquirido una importancia creciente debido al incremento de las actividades antrópicas y la contaminación que afectan a los ecosistemas acuáticos, tanto lóticos como lénticos. En este contexto, resulta necesario desarrollar investigaciones que permitan no solo evaluar la calidad hídrica, sino también conocer el estado ecológico de estos ecosistemas. Entre los bioindicadores más utilizados destacan los macroinvertebrados bentónicos, cuya composición y estructura comunitaria responden a las variaciones de las condiciones ambientales. A diferencia de los parámetros físicos y químicos, que reflejan las características del agua únicamente en el momento del muestreo, estos organismos integran los efectos acumulativos de las alteraciones ocurridas en el ecosistema, proporcionando una evaluación más completa y confiable de su estado ecológico (Ladrera, 2012, p.25).

Además, según Covich et al. (1999), estos organismos desempeñan un papel fundamental en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, ya que participan en el procesamiento de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la transferencia de energía dentro de la cadena trófica.

En ese sentido, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar la variación espacio-temporal de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en el río Ccorimarca, considerando además los principales parámetros físicos y químicos durante la época de lluvias y la época de secas, lo que permitió comprender con mayor claridad las condiciones ecológicas actuales del río, identificar posibles alteraciones asociadas a las actividades antrópicas y generar información científica que contribuya al fortalecimiento de las estrategias de conservación, monitoreo y manejo sostenible de este importante recurso hídrico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Ccorimarca, ubicado en el distrito de Chinchero, Urubamba-Cusco, constituye un importante recurso hídrico. Su recorrido se inicia en el ámbito de la laguna Piuray, fuente de agua destinada al consumo humano, y continúa hasta su confluencia con el río Cachimayo. A lo largo de su recorrido, el río es utilizado para actividades agrícolas y pecuarias y recibe diferentes aportes derivados de actividades antrópicas, como descargas de aguas residuales domésticas, deforestación y acumulación de desmonte, condiciones que podrían estar asociadas con modificaciones en las características físicas y químicas del agua y del hábitat acuático, así como con variaciones en la composición, riqueza y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.

A pesar de ello, existe escasa información sobre la variación de los macroinvertebrados bentónicos en el río Ccorimarca, particularmente en relación con la distribución de las comunidades de MIB espacial y temporalmente, así como la relación con las condiciones físicas y químicas del agua. Esta situación adquiere relevancia debido a que el río Ccorimarca conduce sus aguas hacia el río Cachimayo, por lo que las modificaciones de sus condiciones ambientales podrían tener implicancias aguas abajo.

En este contexto, se plantearon los siguientes problemas de investigación:

Problema general

¿Cómo varía la comunidad de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente como bioindicadores de calidad de agua del río Ccorimarca, distrito de Chinchero, Urubamba, Cusco?

Problemas específicos

- ¿Cómo varia la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca?

- ¿Cómo varían espacial y temporalmente los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca?
- ¿Cuáles son las condiciones de la calidad de agua en base al Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente del río Ccorimarca?
- ¿Cómo se relaciona la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca?

JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista socioeconómico, resulta importante disponer de información sobre las condiciones de calidad del agua del río Ccorimarca, lo cual permitirá contar con elementos de referencia para valorar el estado actual del recurso y promover su conservación y uso sostenible.

Desde el punto de vista científico, la investigación contribuyó al conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos del río Ccorimarca, considerando su riqueza, abundancia y composición, así como su relación con las condiciones físicas y químicas del agua. Asimismo, la aplicación del Índice Biótico Andino permitió valorar la calidad biológica del agua y ampliar la información sobre el uso de estos organismos como bioindicadores en ríos altoandinos. Los resultados podrán constituir un antecedente para futuras investigaciones en ecosistemas fluviales con características similares.

Metodológicamente, la investigación integró indicadores biológicos y parámetros físicos y químicos para evaluar la calidad del agua, considerando su variación en diferentes tramos y periodos hidrológicos. Esta estrategia permitió analizar conjuntamente las características de las comunidades de macroinvertebrados y las condiciones ambientales del río, incluyendo la relación entre ambas. La metodología empleada podrá servir como referencia para investigaciones posteriores en sistemas fluviales altoandinos.

En ese sentido, la presente investigación proporcionó una línea base sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad biológica del agua del río Ccorimarca durante los periodos evaluados, que puede servir para futuros programas de monitoreo, conservación y gestión sostenible del recurso hídrico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la variación espacial y temporal de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el río Ccorimarca, distrito de Chinchero, Urubamba, Cusco - 2025.

Objetivos Específicos

a. Caracterizar la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca.
b. Determinar los parámetros físicos y químicos del agua espacial y temporalmente del río Ccorimarca.
c. Determinar la calidad del agua a través del Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente del río Ccorimarca.
d. Establecer la relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca.

HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación: Existe una relación significativa de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua en el río Ccorimarca, donde condiciones de mejor calidad del agua se asocian con una mayor diversidad y presencia de organismos sensibles.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes Internacionales

Leal et al. (2021) determinaron la variabilidad temporal y espacial de los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en el río Palena ubicado en la Patagonia Chilena. Los resultados permitieron identificar 30 familias de macroinvertebrados, siendo la orden díptera el más diverso con 8 familias mientras que la familia Leptophlebiidae (Ephemeroptera) registró mayor abundancia a lo largo del periodo evaluado. Asimismo, el análisis de la estructura de las comunidades evidenció diferencias significativas entre las estaciones del año (PERMANOVA, Pseudo-F= 2,6942 p=0,0087).

Escandón & Cáceres (2022) evaluaron la calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río San francisco ubicado en la ciudad de Gualaceo – Ecuador. identificaron 2892 ejemplares de macroinvertebrados bentónicos, agrupados en 25 familias y 11 órdenes, siendo los más predominantes las ordenes Ephemeroptera, Diptera, Coleoptera, Oligochaeta y Trichoptera. Además, registraron mayor abundancia durante de la época lluviosa y una menor abundancia en la época seca. Con respecto al ABI obtuvieron una calidad regular.

Torres (2022) evaluó las variaciones en la calidad del agua en la cuenca del río Arenal ubicado en Medellín, Antioquia – Colombia, mediante macroinvertebrados acuáticos y variables fisicoquímicas. Registró 2136 individuos de macroinvertebrados, 66 géneros, 51 familias y 14 ordenes; identificando a las familias Baetidae, Elmidae y Simuliidae como las más representativas,

además, la estación E2 presentó una mayor diversidad mientras que la estación E5 registro la mayor abundancia.

Suárez (2025) evaluó la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos en el río Silante, ubicado en la parroquia Ingapirca, Cuenca – Ecuador. Los resultados mostraron que las estaciones ubicadas en zonas con menor intervención antrópica registraron una mayor diversidad taxonómica, mejores condiciones del hábitat y mayor cobertura ribereña. Identificó correlaciones positivas y negativas entre la diversidad y ciertos parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto y mineralización. Respecto al índice ABI determinó una calidad de agua que va de buena a muy buena en las 4 estaciones de muestreo a excepción de la estación P5, donde la calidad fue clasificada como mala.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

García (2016) evaluó la diversidad de los macroinvertebrados bentónicos y su uso como bioindicadores biológicos en el río Chillón ubicado en Lima – Perú. Encontrando una mayor riqueza y abundancia en la época seca, el análisis nMDS evidenció el agrupamiento de las estaciones en función de diferentes rangos altitudinales, mostrando una diferenciación espacial de la comunidad bentónica, identificó a la subfamilia Orthocladiinae (Chironomidae) como el grupo con mayor contribución a la estructura comunitaria a lo largo del gradiente altitudinal. El índice ABI indicó que las estaciones de muestreo presentaban un estado ecológico que osciló entre bueno y muy bueno durante los dos periodos de evaluación. Además, registró una relación positiva y significativa entre la riqueza de familias y las variables pH y sólidos totales disueltos**,** mientras que la correlación con el oxígeno disuelto fue negativa y significativa.

Carranza (2020) evaluó la variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un gradiente longitudinal del río Chotano, ubicado en la provincia de Chota,

Cajamarca – Perú. Registró 4 phylum, 4 clases, 11 órdenes, 19 familias y 20 géneros y una mayor riqueza en estaciones con mejores condiciones ambientales y menor grado de perturbación. Evidenció una calidad de agua moderado mediante el ABI. Además, registró una relación negativa entre el número de familias y la concentración de nitratos, temperatura y conductividad, una relación positiva con el pH.

Díaz (2022) investigó la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua del río Doñana, ubicado en la provincia de Chota, Cajamarca – Perú. Evidenciando una menor riqueza y abundancia en la época seca. La calidad del agua varió de pésima a moderada durante la época lluviosa y de moderada a mala en la temporada de estiaje mediante el ABI. Asimismo, los valores de los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica se mantuvieron dentro de los límites permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

Rodríguez (2023) determinó la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun, ubicado en la provincia de Carhuaz, Áncash – Perú. Evidenciaron que las cabeceras del río presentaban mayor presencia de familias sensibles a la contaminación, mientras que aguas abajo predominaban organismos más tolerantes. Asimismo, el índice ABI clasificó la calidad del agua entre muy buena y buena. Mediante el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) identificó, durante la época lluviosa y época seca, una asociación entre diferentes familias de macroinvertebrados y parámetros físicos y químicos del agua.

1.1.3. Antecedentes Locales

Pérez & Quispe (2022) evaluaron la calidad de agua utilizando a los macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Vilcanota, Cusco. Registraron un total de 1631 individuos, distribuidos en 11 órdenes y 25 familias. La evaluación mediante el Índice Biótico Andino (ABI) evidenció que la calidad del agua correspondía a la categoría de calidad dudosa durante la temporada de avenida y calidad mala en la época de estiaje.

Mendoza et al. (2023) evaluaron los macroinvertebrados como bioindicadores de la contaminación del río Huila Huila, tributario de la fuente de agua potable Piuray, ubicado en el distrito de Chinchero, Urubamba -Cusco. Registraron diversos grupos taxonómicos de macroinvertebrados, con predominio de las familias Physidae y Hyalellidae. Asimismo, mediante la aplicación del Índice Biótico Andino (ABI) determinaron que la calidad del agua del río correspondía a la categoría moderada.

Jiménez et al. (2025) evaluaron la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos en el río Cañipia, ubicado en la provincia de Espinar, Cusco. Evidenciaron que Elmidae y Chironomidae fueron las familias predominantes y que, de acuerdo con el Índice Biótico Andino (ABI), la calidad del agua varió entre pobre y buena.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Los ríos andinos

Los ríos altoandinos constituyen ecosistemas de gran relevancia, tanto por la diversidad biológica que albergan como por las funciones ecológicas que desempeñan. Se caracterizan por presentar corrientes rápidas y turbulentas, así como altos niveles de oxigenación, condiciones que favorecen el desarrollo de una amplia variedad de organismos acuáticos esenciales para su equilibrio. Asimismo, estos sistemas hídricos cumplen un papel clave al abastecer de agua a las

poblaciones, siendo utilizada en actividades económicas como la agricultura, la ganadería y la industria, además de cubrir necesidades domésticas y recreativas (Encalada et al., 2011).

1.2.2. Calidad del agua

Se refiere al estado de un ecosistema acuático, el cual está determinado tanto por las características físicas y químicas del agua, como por la composición y condición de los organismos que habitan en ella. Estas características no permanecen constantes, sino que pueden variar espacial y temporalmente debido a la influencia de procesos naturales y de las actividades humanas. Su evaluación puede realizarse mediante la medición de parámetros físicos, químicos y biológicos, o a través de la aplicación de índices de calidad que integran la información del estado del ecosistema (Sierra, 2011).

En ese contexto en los ecosistemas fluviales, la evaluación de la calidad del agua requiere un enfoque integral que combine los parámetros fisicoquímicos y los indicadores biológicos, ya que los parámetros fisicoquímicos describen las condiciones momentáneas del agua, mientras que los indicadores biológicos, integran la respuesta del ecosistema a las alteraciones ambientales ocurridas a lo largo de su ciclo de vida. Por ello, la evaluación conjunta de ambos componentes proporciona una valoración más completa del estado ecológico del río y permite identificar tanto variaciones espaciales como temporales en la calidad del agua (Ladrera, 2012).

1.2.3. Bioindicadores

En la evaluación de la calidad del agua, el término bioindicador se refiere a un conjunto de organismos cuyas exigencias ecológicas están estrechamente vinculadas con determinadas características físicas y químicas del ambiente acuático. Debido a esta relación, las modificaciones que experimentan dichas variables ambientales se reflejan en la respuesta de estos organismos manifestándose mediante cambios en su presencia o ausencia, composición, distribución o

comportamiento, permitiendo identificar cuando las condiciones del ecosistema se aproximan a los límites de tolerancia ecológica que cada especie puede soportar (Gamboa et al., 2008).

En otras palabras, se considera bioindicador a aquel organismo o conjunto de organismos que responde de manera detectable ante alteraciones del entorno. Estas respuestas biológicas permiten identificar y evaluar los cambios ocurridos en la calidad ambiental, así como el nivel de alteración presente en un ecosistema.

Diversos estudios señalan que, entre los organismos utilizados para evaluar las condiciones ambientales, los macroinvertebrados bentónicos constituyen uno de los grupos más representativos como bioindicadores de la calidad del agua, debido a su amplia distribución en los ecosistemas de agua dulce, como ríos y lagunas, siendo muy útiles para monitorear estos ecosistemas acuáticos.

1.2.4. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua

Son organismos invertebrados de tamaño relativamente grande que habitan principalmente en el fondo de los ecosistemas acuáticos. En términos generales, se consideran dentro de este grupo aquellos individuos cuyo tamaño supera los 500 μm (0,5 mm), lo que permite su observación a simple vista durante los procesos de muestreo (Palma, 2013).

Según Roldán (2003) las razones por las cuales los macroinvertebrados son muy empleadas como indicadores de la calidad del agua son las siguientes:

- En primer lugar, suelen encontrarse en altas densidades y poseen una amplia distribución en los ecosistemas acuáticos, lo que favorece su recolección durante los muestreos.
- La mayoría de estas especies tiene hábitos sedentarios, por lo que reflejan las condiciones ambientales propias del lugar donde habitan.
- Su identificación taxonómica resulta relativamente sencilla en comparación con otros organismos, como bacterias o virus.

- Responden de manera rápida a las alteraciones ambientales de corta duración y, debido a que presentan ciclos de vida relativamente largos, permiten evidenciar tanto los efectos inmediatos como los impactos acumulados de la contaminación sobre el ecosistema.
- Pueden observarse sin dificultad a simple vista, ya que su tamaño facilita su reconocimiento durante el trabajo de campo.
- En determinadas especies, también es posible mantenerlos y estudiarlos en condiciones de laboratorio, lo que amplía las posibilidades para investigaciones relacionadas con la evaluación de la calidad del agua.
- Finalmente, los macroinvertebrados reaccionan con rapidez ante diferentes factores de estrés ambiental y presentan escasa variabilidad genética, características que incrementan su confiabilidad como indicadores biológicos de las condiciones ecológicas de los ecosistemas acuáticos.

1.2.4.1. Descripción de los principales órdenes y familias de macroinvertebrados bentónicos

Ephemeroptera

Habitan principalmente en ecosistemas lóticos con aguas limpias, bien oxigenadas y de corriente continua. Debido a su elevada sensibilidad frente a la contaminación, la mayoría de sus especies se asocia con ambientes acuáticos de buena calidad, aunque algunas presentan cierta tolerancia a niveles moderados de alteración. Durante su fase ninfal, estos organismos suelen encontrarse adheridos a diferentes sustratos, como rocas, troncos, hojas y vegetación sumergida. No obstante, algunas especies presentan hábitos distintos y habitan en sedimentos arenosos o fangosos, donde permanecen parcialmente enterradas. Dentro de este orden se encuentra la familia Baetidae, cuyos integrantes son generalmente pequeños, de cuerpo alargado y con branquias

abdominales. Su presencia resulta de interés para la evaluación biológica de los ecosistemas acuáticos, ya que generalmente son indicadores de aguas limpias (Roldán, 1996).



Nota. Autores

Plecoptera

La mayor abundancia de los plecopteros se registra en riachuelos con sustratos pedregosos, corrientes rápidas y condiciones de elevada oxigenación, localizados aproximadamente a los 2 000 m. Debido a su elevada sensibilidad frente a las alteraciones ambientales, su presencia constituye un indicador de cuerpos de agua muy limpios y con características oligotróficas. En este grupo se encuentra la familia Gripopterygidae, los cuales son organismos asociados principalmente a aguas corrientes, generalmente frías y bien oxigenadas. Por esta razón, su presencia puede aportar información importante para interpretar las condiciones ecológicas de los tramos donde fue registrada (Roldán, 1996).



Nota. Autores

Trichoptera

La mayoría de los Trichopteros se caracterizan por habitar en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; aunque ciertas especies también se adaptan a ambientes con escasa corriente, como remansos o sectores de aguas tranquilas. En general, su presencia suele asociarse con ecosistemas acuáticos oligotróficos. En este orden se encuentra la familia Hydropsychidae, este grupo contribuye a la diversidad de organismos asociados a ambientes lóticos (Roldan, 1996).



Nota. Autores

Coleoptera

Los Coleópteros acuáticos habitan una amplia variedad de ambientes dulceacuícolas, incluyendo cuerpos de agua lóticos y lénticos. En los ambientes loticos, se asocian principalmente a sustratos como piedras, grava, arena, troncos, hojas en descomposición y vegetación acuática, tanto sumergida como emergente. Generalmente, alcanzan una mayor diversidad y abundancia en zonas poco profundas con corrientes de baja velocidad, donde predominan aguas limpias, con elevados niveles de oxígeno disuelto y temperaturas moderadas, condiciones que favorecen su desarrollo. La familia Elmidae destaca en este orden (Roldan, 1996).



Nota. Autores

Odonata

Se encuentran con mayor frecuencia en ambientes acuáticos lénticos o de corriente lenta, como humedales, lagunas, pozas y orillas de ríos. Sus larvas ocupan preferentemente zonas someras con abundante vegetación acuática, donde encuentran protección y recursos para su desarrollo. En términos ecológicos, estos organismos suelen habitar cuerpos de agua limpios o con un nivel moderado de eutrofización, lo que los convierte en indicadores de ecosistemas acuáticos con condiciones ambientales estables. Dentro de este orden se encuentra la familia Aeshnidae (Roldan, 1996).



Nota. Autores

Díptera

Las especies pertenecientes al orden Díptera presentan una amplia distribución y colonizan una gran variedad de ambientes acuáticos. La diversidad ecológica de este grupo se refleja en su

distinta tolerancia a las condiciones ambientales: mientras familias como Simuliidae son características de aguas muy limpias, otras, como Chironomidae y Tipulidae, poseen mayor capacidad para sobrevivir en ambientes con diferentes grados de alteración o contaminación (Roldan, 1996).



Nota. Autores

Amphipoda

La abundancia de este grupo suele incrementarse en ambientes con elevada carga de materia orgánica en descomposición, debido a sus hábitos alimenticios detritívoros y son tolerantes a la contaminación (Flores, 2014). Dentro de este orden se encuentra la familia Hyalellidae, Son pequeños crustáceos de agua dulce, con cuerpo comprimido lateralmente, antenas y numerosas patas (Roldan, 1996).



Nota. Autores

1.2.4.2. Variación espacial y temporal de macroinvertebrados bentónicos

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentes en los ríos experimentan cambios en su composición, diversidad y abundancia tanto a lo largo del cauce como en diferentes épocas del año. Estas variaciones responden a las condiciones ambientales propias de cada estación del río y a los cambios hidrológicos que ocurren de manera natural, por lo que constituyen un aspecto fundamental para comprender el estado ecológico de los ecosistemas fluviales.

La variación espacial está relacionada con las diferencias que existen entre los distintos sectores de un río. Factores como la altitud, la pendiente, la velocidad de la corriente, el tipo de sustrato, la profundidad, la cobertura de la vegetación ribereña, el aporte de nutrientes y las características fisicoquímicas del agua generan hábitats con condiciones particulares que favorecen el establecimiento de determinadas especies de macroinvertebrados. Asimismo, la distribución de estas comunidades depende de la capacidad de cada organismo para adaptarse a las condiciones del entorno y aprovechar los recursos disponibles, especialmente las fuentes de alimento y los sitios de refugio (Forero, 2017).

Por otra parte, la variación temporal se encuentra estrechamente asociada a los cambios estacionales que experimenta el régimen hidrológico del río. Las épocas de lluvia y de estiaje modifican el caudal, la velocidad de la corriente y las características físicas y químicas del agua, generando cambios en la composición y abundancia de los macroinvertebrados bentónicas. En respuesta a estos cambios, muchas especies han desarrollado estrategias adaptativas que les permiten sobrevivir y completar su ciclo de vida bajo diferentes condiciones ambientales (Ortiz, 2012).

Asimismo, uno de los factores que ejerce mayor influencia sobre la dinámica temporal de estas comunidades es el caudal. Durante los periodos de mayor descarga, el incremento del flujo

del agua puede ocasionar el arrastre de organismos y la alteración de los sustratos, lo que reduce la abundancia de macroinvertebrados bentónicos. En contraste, cuando el caudal disminuye y las condiciones del hábitat se estabilizan, las poblaciones tienden a recuperarse, incrementando nuevamente el número de individuos presentes (Molina et al., 2008).

1.2.5. Índices bióticos

Los índices bióticos de calidad del agua evalúan aspectos biológicos del entorno acuático que, al cambiar, señalan posibles alteraciones en dicho medio. Estos índices se fundamentan en la relación que existe entre las especies y las condiciones del medio en la que se encuentran (Margalef, 1983). Asimismo, los índices bióticos se basan en la asignación de puntajes a las familias de macroinvertebrados bentónicos según su nivel de tolerancia o sensibilidad a la contaminación. Estos puntajes permiten interpretar la respuesta de las comunidades biológicas frente a las alteraciones ambientales y, en consecuencia, evaluar los cambios en la calidad del agua. Debido a ello, su desarrollo tuvo como propósito disponer de una metodología rápida y confiable para la evaluación de los macroinvertebrados bentónicos en campo, facilitando la estimación de la integridad biótica y del estado ecológico de los ríos (Prat et al., 2009).

Existen varios índices bióticos con las cuales se puede medir la calidad biológica del agua, entre ellas se tiene al Índice de Monitoreo Biológico (BMWP/Bol), Puntaje Promedio por Taxón (ASPT), índice EPT (que se basa en la presencia de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), y el Índice Biótico Andino (ABI), este último es el que se utiliza con mayor frecuencia para evaluar el estado ecológico de los ríos con altitudes mayores a los 2000 m.

1.2.5.1. Índice biótico andino (ABI)

“El Índice Biótico Andino (ABI) constituye un índice biótico de carácter cualitativo ampliamente utilizado en estudios ecológicos y en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, debido a su utilidad para evaluar la calidad biológica de los ecosistemas acuáticos”

(Acosta et al., 2009); “este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los andes con altitudes mayores a 2000 msnm, que cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos representativas de estos ecosistemas” (Prat et al., 2009).

1.2.6. Parámetros físicos y químicos del agua

A. Temperatura

La temperatura es un parámetro clave en la evaluación de la calidad del agua, ya que condiciona el comportamiento de otros indicadores del sistema acuático, como el pH, el oxígeno disuelto, la densidad y la conductividad eléctrica. Además, desempeña un papel fundamental en la distribución y supervivencia de los organismos acuáticos, debido a que cada organismo (estenotérmicos y euritérmicos) presenta un rango específico de tolerancia térmica (Gesta Agua, 2010; Oscoz,2009)

B. Turbidez

La turbidez hace referencia al grado de claridad u opacidad del agua, el cual está determinado por la cantidad de partículas suspendidas presentes en ella. A medida que aumenta la presencia de estos materiales, disminuye el paso de la luz hacia el interior del cuerpo de agua, reduciendo su claridad. Esta condición también favorece el aumento de la temperatura, debido a que las partículas suspendidas absorben parte de la radiación solar, lo que puede ocasionar una disminución del oxígeno disuelto. En consecuencia, se producen cambios en las condiciones del ecosistema acuático que pueden afectar la estructura de las comunidades biológicas, especialmente de los macroinvertebrados bentónicos, cuya distribución está estrechamente relacionada con la calidad del hábitat (Roldán & Ramírez, 2008).

C. pH

El pH es un parámetro que permite determinar el nivel de acidez o alcalinidad del agua. En condiciones naturales, el pH de la mayoría de los cuerpos de agua oscila entre 4 y 9; sin embargo, es común encontrar valores ligeramente alcalinos debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos disueltos. Su variación influye directamente en la composición de las comunidades biológicas presentes en los ecosistemas acuáticos, ya que ciertas especies son más sensibles a cambios en este parámetro (Roldán & Ramírez, 2008).

D. Dureza

La dureza del agua está determinada por la cantidad de calcio y magnesio disueltos constituyendo un parámetro que influye en las características ecológicas de los ecosistemas acuáticos, las aguas con dureza intermedia tienden a favorecer una mayor diversidad de organismos, incluidos los macroinvertebrados bentónicos, mientras que las aguas muy duras suelen caracterizarse por una mayor productividad, pero con predominio de un menor número de especies adaptadas a estas condiciones (Roldán y Ramírez,2008).

E. Oxígeno Disuelto – OD

El oxígeno disuelto representa la cantidad de oxígeno disponible en el agua para los organismos acuáticos. Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad del agua, ya que permite inferir tanto el nivel de contaminación como la capacidad del sistema para sostener la vida vegetal y animal. Además, la disponibilidad de oxígeno está influenciada por diversos factores como la temperatura y la altitud, especialmente la temperatura, ya que las aguas frías tienen una mayor capacidad para disolver y retener oxígeno que las aguas cálidas (Prieto, 2004).

Debido a que el oxígeno disuelto es un parámetro cuya concentración varía en función de la temperatura y la altitud, su evaluación resulta más precisa cuando se expresa como porcentaje

de saturación, donde un valor cercano al 100 % representa condiciones favorables para el desarrollo de la vida acuática. En cambio, valores que se alejan considerablemente de este nivel pueden evidenciar alteraciones en el equilibrio del ecosistema. Cuando la saturación de oxígeno disminuye hasta 50 % o menos, la mayoría de los organismos acuáticos encuentra dificultades para sobrevivir. Sin embargo, algunas especies, como Tubifex y Chironomus, poseen adaptaciones (abundante hemoglobina) que les permiten tolerar ambientes con escasa disponibilidad de oxígeno. Por el contrario, el predominio de macroinvertebrados pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera (EPT**)** suele indicar cuerpos de agua bien oxigenados y con buenas condiciones ecológicas (Roldán, 2003).

F. Nitratos

Los nitratos son una de las principales fuentes de nitrógeno inorgánico en los cuerpos de agua y desempeñan un papel importante en el desarrollo de los productores primarios, como las algas y las plantas acuáticas. Sin embargo, el incremento de su concentración, asociado principalmente al escurrimiento de fertilizantes agrícolas y al aporte de contaminación orgánica, puede provocar un exceso de nutrientes en el agua. Como consecuencia, se desencadenan procesos de eutrofización, caracterizados por un crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas, que alteran el equilibrio ecológico del ecosistema, modifican la dinámica diaria del oxígeno disuelto y reducen la diversidad de especies presentes (Roldán, 2003).

G. Fosfatos

El fosfato es un parámetro que permite estimar la presencia de compuestos provenientes, entre otros, de detergentes sintéticos, los cuales suelen contener entre un 12 % y 13 % de fósforo en su composición. Asimismo, al igual que la concentración de nitratos, su concentración en el agua es relevante debido a su papel en los procesos de eutrofización, ya que el incremento de este

nutriente puede favorecer el crecimiento excesivo de organismos acuáticos y alterar el equilibrio del ecosistema (Sierra, 2011).

1.2.6.1. Relación entre los parámetros fiscos y químicos y los macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados acuáticos presentan diferentes niveles de sensibilidad frente a las variaciones de las condiciones físicas y químicas del agua. En consecuencia, cualquier alteración en la calidad del agua puede provocar cambios en la estructura y composición de sus comunidades. Por esta razón, la diversidad y la composición de los macroinvertebrados constituyen herramientas útiles para evaluar el estado ecológico y estimar la calidad de un cuerpo de agua (Quispe, 2015). Entre los parámetros fisicoquímicos que ejercen mayor influencia sobre estas comunidades se encuentran el pH**,** la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura, ya que estos parámetros determinan las condiciones ambientales del hábitat y favorecen o limitan la presencia de determinadas especies (Roldán, 1996).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. AREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación Política

El río Ccorimarca se encuentra ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y parte del distrito de Cachimayo, provincia de Anta, región Cusco, tiene una longitud de 9.0 km desde la naciente hasta su desembocadura.

2.1.2. Ubicación geográfica

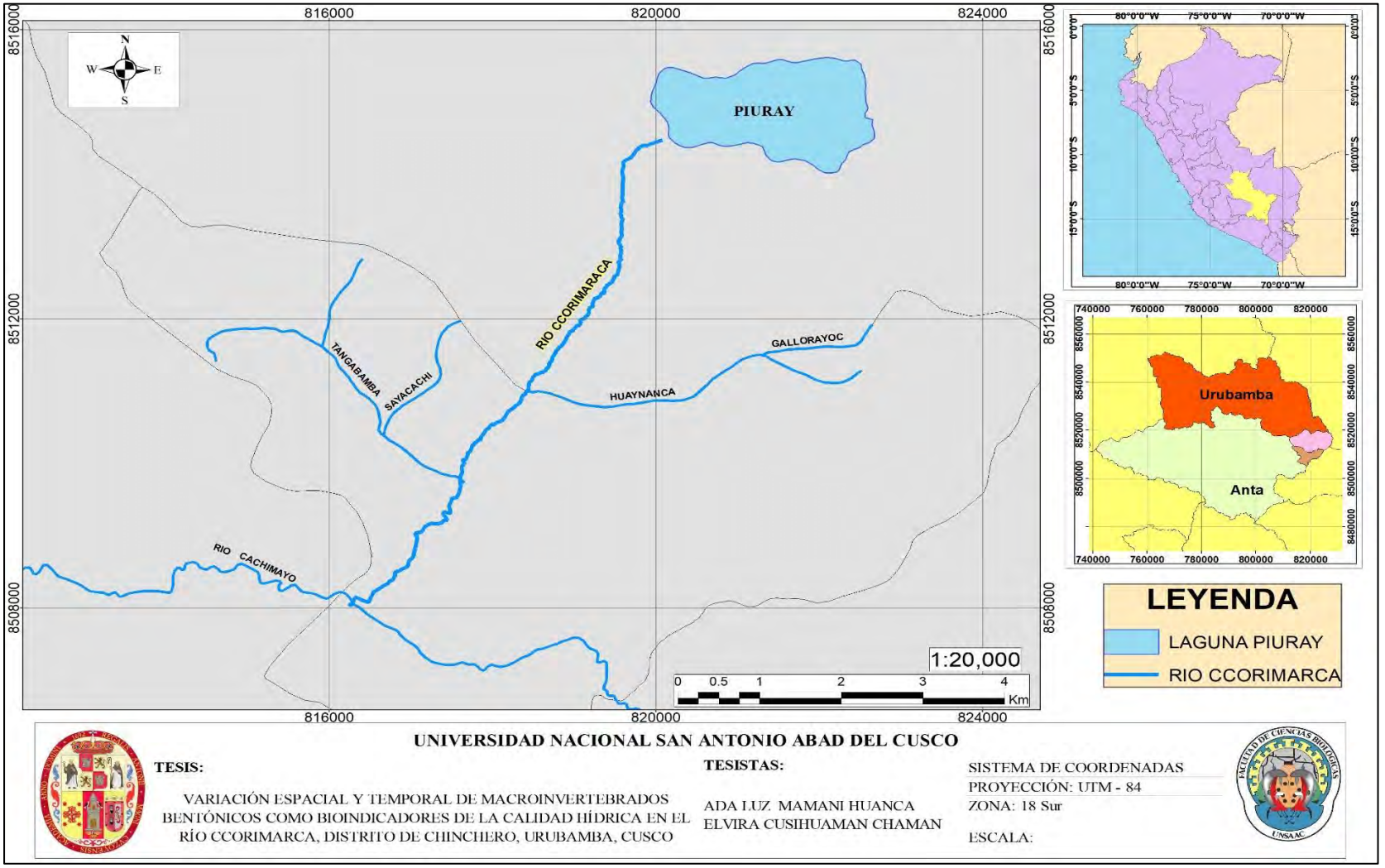
El río Ccorimarca se encuentra en altitudes que oscilan entre los 3720 m en su naciente y 3411 m en la desembocadura, donde confluye con otro curso de agua (río Cachimayo). La naciente del río se ubica en las coordenadas UTM, zona 18L (820104 m Este; 8514483 m Norte), mientras que el punto de confluencia se localiza en las coordenadas UTM, zona 18L (816228 m Este; 8508056 m Norte).

La microcuenca Piuray- Ccorimarca presenta los siguientes límites:

- Por el Norte, con la microcuenca de Urquillos
- Por el Sur, con la microcuenca de Poroy y Chaupisuyo
- Por el Este, con la microcuenca de Taray y Toqoqaqa
- Por el Oeste, con la microcuenca de Ayarmaca y Huaypo

Figura 1

Ubicación política del río Ccorimarca – Chinchero, Urubamba –Cusco



2.1.3. Accesibilidad

Se realiza a través de la carretera interprovincial Cusco-Urubamba, llegando al poblado de chinchero. Ubicada a 29 km de la ciudad de Cusco y a 30 km de la ciudad de Urubamba.

2.1.4. Descripción del área de estudio

2.1.4.1. Hidrografía

El río Ccorimarca nace de la laguna de Piuray y constituye el principal colector de drenaje de la microcuenca, ya que recibe las aguas provenientes de la escorrentía superficial y de filtraciones naturales. A lo largo de su recorrido incorpora el aporte de diversos tributarios, entre los que destacan la quebrada Huaynanca y la quebrada Sayacachi, contribuyendo al incremento de su caudal. Finalmente, el río Ccorimarca confluye con el río Cachimayo, el cual desemboca por la margen izquierda al río Vilcanota (Rodríguez, 2004, p.3).

2.1.4.2. Zonas de vida

Según la clasificación de zonas de vida propuesta por Holdridge (1967), el área corresponde a un Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS). Esta se localiza en altitudes que varían aproximadamente entre los 3350 m y 3900 m, y se caracteriza por una cobertura vegetal dominada principalmente por especies arbustivas y herbáceas.

2.1.4.3. Clima

Según el mapa climático del Perú elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el área de estudio presenta un clima lluvioso, con otoño e invierno secos y frío. Este tipo de clima presenta temperaturas máximas que oscilan entre 9°C a 19°C, temperaturas mínimas entre -3°C a 3°C y una precipitación anual aproximada de 500 mm y 1200 mm.

Tabla 1

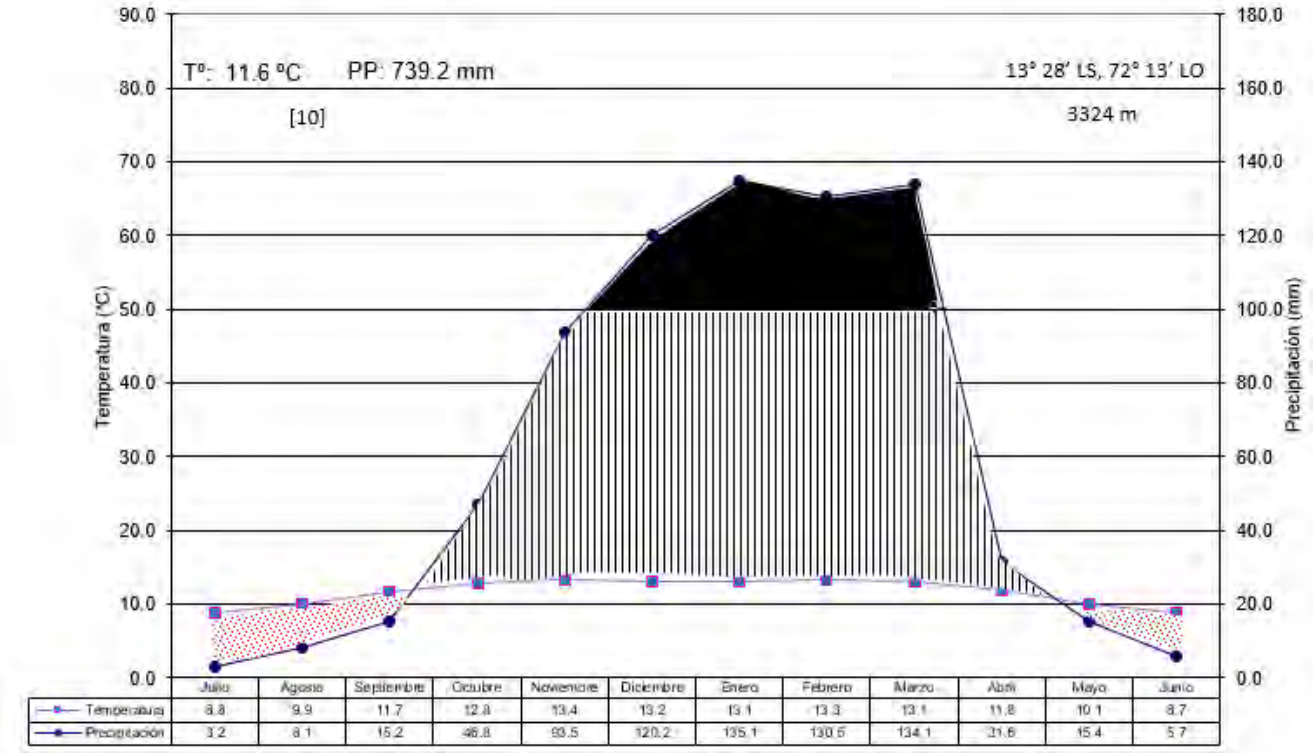
Temperatura y Precipitación de la estación meteorológica Anta Ancachuro, periodo 2017 - 2025.

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Julio	8.8	3.2
Agosto	9.9	8.1
Setiembre	11.7	15.2
Octubre	12.8	46.8
Noviembre	13.4	93.5
Diciembre	13.2	120.2
Enero	13.1	135.1
Febrero	13.3	130.5
Marzo	13.1	134.1
Abril	11.8	31.6
Mayo	10.1	15.4
Junio	8.7	5.7
Promedio	**11.6**	
Total anual		**739.2**

Nota. Datos tomados de SENAMHI, 2025.

Figura 2

Climatodiagrama de la estación meteorológica Anta Ancachuro (2017 – 2025)



Nota. Elaboración propia

En la figura 2 se observa que la temporada de seca o estiaje comienza del mes de abril y se extiende hasta finales de setiembre, durante este periodo la precipitación es escasa. En cambio, la temporada de lluvias inicia en octubre y se prolonga hasta abril. En estos meses, el nivel de precipitación se incrementa gradualmente. Los meses con mayor precipitación, superando los 100 mm, son de diciembre a marzo.

En cuanto a la temperatura, se registra un promedio anual de 11.6 °C, con valores máximos promedio en noviembre (13,4 °C) y mínimos en junio (8,7 °C).

2.1.4.4. Flora

Según estudios realizados por Rosas & Miranda (2015) en la microcuenca Piuray – Ccorimarca se han registrado vegetación acuática y circundantes como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Especies de flora registradas en la microcuenca de Piuray – Ccorimarca.

Especie	Nombre Común
Vegetación Circundante	
Mimulus glabratus	Ocjoruru
Mentha piperita	Menta
Conium maculatum	Asnac - Ccora
Coronopus didymus	Chichicara
Brassica campestris	Yuyo
Rumex cuneifolius	Llampu- Llacque
Muehlenbeckia volcanica	Mullaca
Alchémilla pinnata	Sillu- Sillu
Polylepis incana	Queuña
Baccharis polyantha	Mayu- Chillca
Barnadesia horrida	Llaulli
Senecio rudbeckiaefolius	Maichcha
Senna birostris	Mutuy- Mutuy
Astragalus garbancillo	Jusk'a -Jusk'a
Buddleja coriacea	Kolli
Solanum nitidum	Ñuñumea
Colletia spinosissima	Rocque
Vegetación Sumergida	
Azorella filiculoides	Azolla
Vegetación flotante	
Lemna gibba	Lenteja de agua
Vegetación Emergente	
Scirpus californicus var.	Totora
Juncus arcticus var.Andicola	Totorilla
Hydrocotile bonariensis	Matecllo
Myriophyllum aquaticum	Chinquil
Vegetación introducida	
Eucaliptus globulus	Eucalipto
Cupressus macrocarpa	Ciprés
Pinnus Radiata	pino

Nota. Rosas y Miranda, 2015.

2.1.4.5. Fauna

En cuanto a la fauna, a lo largo de la cuenca, se han observado varias especies circundantes, en especial, aves, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3
Especies de fauna registradas en la microcuenca de Piuray – Ccorimarca.

Especie	Nombre común
Aves residentes visitantes	
Bubulcus ibis	Garza bueyera
Tringa melanoleuca	Chorlito
Rallus sanguinolentus	Gallineta común
Spatula puna	Pato de la puna
Anas flavirostris	Pato jergón peque
Rollandia microptera	Zambullidor pimpollo
Chloephaga melanoptera	Huallata
Vanellus resplendens	Lequecho
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina
Nycticorax nycticorax	Mayu sonso
Plegadis ridgwayii	Yanavico
Theristicus melanopis	Bandurria
Fulica americana	Chocca
Gallinula choloropus	Polla de agua
Anfibios	
Rhinella spinulosa	Sapo común
Gasthroteca marsupiata	Cheqlla

Nota. Rosas y Miranda, 2015.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Material biológico

Macroinvertebrados bentónicos del río Ccorimarca

2.2.2. Materiales de campo

- Red Surber
- Receptor de Sistema de Posicionamiento Global-GPS
- Cámara fotográfica

- Frascos de plástico con capacidad de 100 ml
- Botellas de plástico de 1L
- Cooler
- Pinzas entomológicas
- Botas de jebe
- Guantes quirúrgicos
- Bandejas
- Tamiz de plástico
- Alcohol 70 %
- Libreta de campo
- Lapicero
- Plumón indeleble

2.2.3. Equipos

- Microscopio Estereoscopio
- Medidor óptico portátil de oxígeno disuelto HANNA HI98198
- Termómetro
- pH-metro

2.2.4. Materiales de gabinete

- Pinzas
- Guantes
- Gotero
- Placas Petri
- Cámara fotográfica

- Laptop Lenovo
- Software ArcGis
- Google Earth
- Software SPSS
- Software PAST versión 3

2.3. METODOLOGÍA

2.3.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicativa, nivel descriptivo-correlacional, con enfoque cuantitativo y diseño longitudinal – no experimental. Se consideró descriptiva porque permitió caracterizar la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados bentónicos, así como la calidad del agua en los diferentes tramos del río Ccorimarca. Fue correlacional debido a que se evaluó la relación entre la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros físicos y químicos del agua. Presentó un enfoque cuantitativo, debido a que se trabajó con datos numéricos obtenidos durante los muestreos y analizados mediante procedimientos estadísticos. Asimismo, el diseño fue longitudinal porque la evaluación se realizó en diferentes momentos, considerando las épocas de lluvias y de secas (Hernández et al., 2014).

2.3.2. Caracterización de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca

2.3.2.1. Establecimiento de los tramos de muestreo

Se realizó el reconocimiento del río Ccorimarca en mayo de 2024, durante la etapa de elaboración del perfil de investigación, con la finalidad de establecer los tramos de muestreo.

La selección de los tramos se realizó siguiendo los criterios propuestos por Acosta et al. (2009) en el protocolo CERA (Calidad Ecológica de Ríos Andinos), quienes señalan que el número

de estaciones debe definirse en función de la longitud del río y del nivel de detalle requerido por el estudio. Asimismo, recomiendan ubicar las estaciones en puntos estratégicos para la evaluación de la calidad del agua, mantener una distancia no mayor a 10 km entre ellas y verificar en campo su ubicación definitiva, considerando la accesibilidad del sitio.

En concordancia con estos criterios, se establecieron seis tramos de muestreo distribuidos a lo largo de aproximadamente 9 km del río Ccorimarca, comprendidos entre los 3720 y 3411 m.s.n.m. La ubicación de los tramos consideró el gradiente altitudinal del río y la influencia de actividades antrópicas, como zonas agrícolas, áreas de pastoreo y sectores con evidencia de aportes de aguas residuales de origen doméstico, así como la accesibilidad, con el propósito de representar diferentes condiciones ambientales y distintos niveles de influencia antrópica a lo largo del río. Los tramos se distribuyeron manteniendo una distancia referencial cercana a 1 km entre cada uno; sin embargo, esta fue ajustada cuando fue necesario para garantizar la accesibilidad a cada sitio de muestreo. Posteriormente, los tramos fueron clasificados en zona alta, media y baja de acuerdo con el gradiente altitudinal del río.

Cada tramo fue georreferenciado utilizando un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en el sistema de coordenadas proyectadas UTM (Universal Transverse Mercator) y fue identificado como T1, T2, T3, T4, T5 y T6 (tabla 4).

Durante el estudio se realizaron cuatro campañas de muestreo en los seis tramos establecidos, correspondientes a dos campañas en la época de lluvias (febrero y abril de 2025) y dos campañas en la época de secas (mayo y julio de 2025). En total, se obtuvieron 24 registros de muestreo, correspondientes a la evaluación de los seis tramos en cuatro campañas independientes.

Tabla 4

Ubicación, coordenadas UTM, altitud y características generales de los tramos de muestreo del río Ccorimarca.

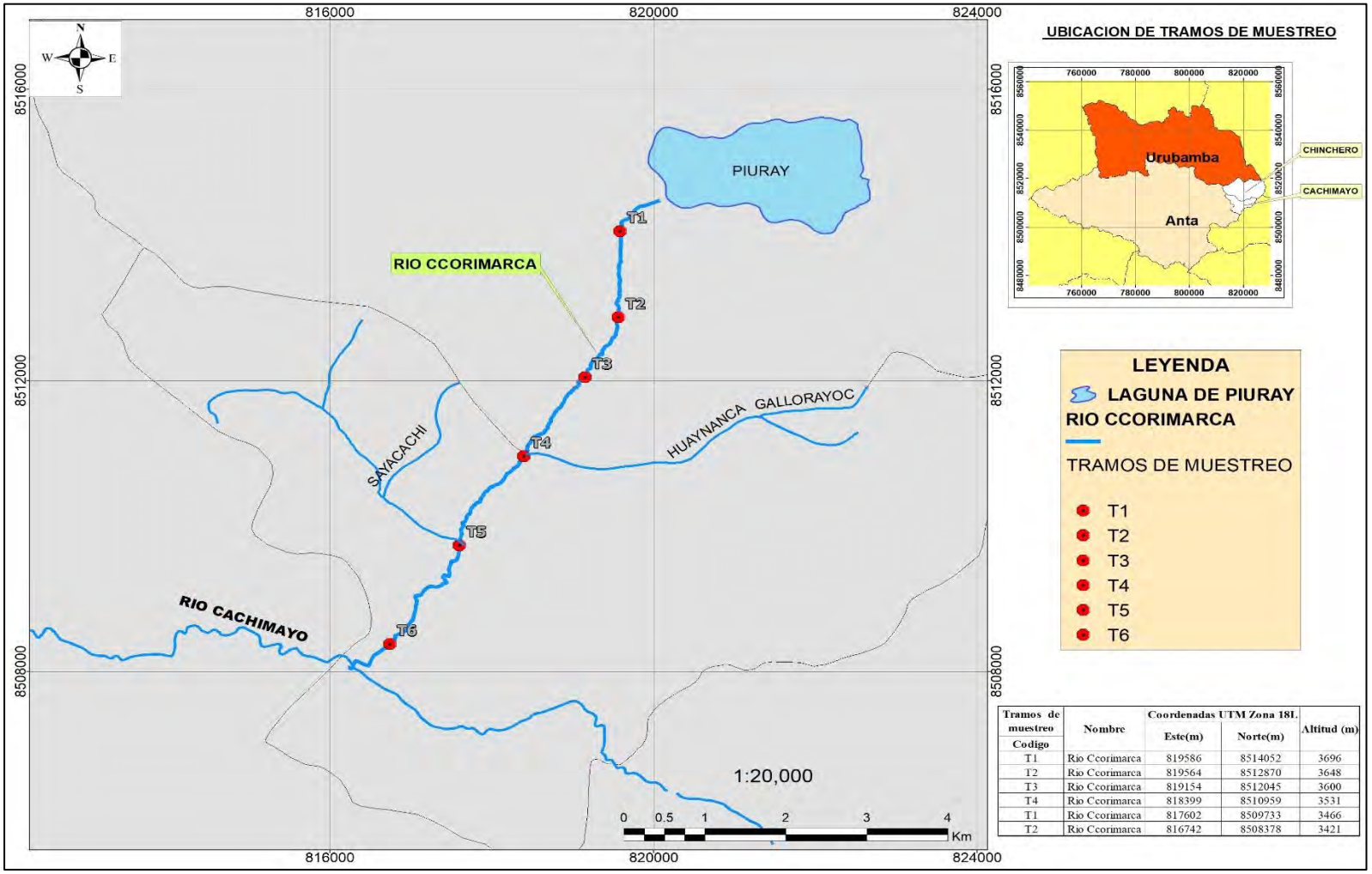
Tramos de muestreo		Coordenadas UTM Zona 18L			Descripción
Código	Nombre	Este(m)	Norte(m)	Altitud (m)	
T1	Río Ccorimarca	819586	8514052	3696	Este tramo se ubica a la altura de la Asociación de Productores de Piuray. Se caracteriza por presentar una menor disposición de agua y abundante vegetación acuática. Aguas arriba del tramo se observó una zona con acumulación de agua y materia orgánica. El entorno presenta vegetación ribereña, áreas destinadas a la actividad agrícola y pastoreo de ganado vacuno, porcino y ovino, cuyos animales utilizan el río como fuente de bebida.
T2	Río Ccorimarca	819564	8512870	3648	Ubicado aguas abajo del tramo T1. El entorno está conformado por vegetación ribereña, algas y plantas acuáticas en menor proporción. Se observó acumulación de restos vegetales (principalmente gramíneas) en proceso de descomposición**,** además de áreas agrícolas y zonas de pastoreo. Durante el reconocimiento de campo se identificaron filtraciones, manantiales y pequeños tributarios que aportan agua al cauce principal. No se registró presencia de viviendas en los alrededores del tramo durante las campañas de muestreo.
T3	Río Ccorimarca	819154	8512045	3600	Ubicado aguas abajo del tramo T2. La vegetación está conformada por especies arbustivas, arbóreas, algas y plantas acuáticas. Se observó deforestación parcial, además de actividad de pastoreo de ganado ovino y vacuno, que utiliza el río como fuente de bebida. No se registró presencia de viviendas cercanas al tramo de muestreo.
T4	Río Ccorimarca	818399	8510959	3531	Ubicado aproximadamente 500 m aguas abajo de la confluencia entre el río Ccorimarca y la quebrada Huaynanca. El entorno presenta vegetación arbórea y arbustiva. Durante las campañas de muestreo no se observaron actividades agrícolas, pastoreo de ganado ni viviendas cercanas al tramo.

Tramos de muestreo		Coordenadas UTM Zona 18L			Descripción
Código	Nombre	Este(m)	Norte(m)	Altitud (m)	
T5	Río Ccorimarca	817602	8509733	3466	Ubicado aguas abajo del tramo T4. Se observaron actividades antrópicas asociadas a la acumulación de desmonte y residuos de materiales de construcción en la ribera del río, además del lavado de ropa. El entorno presenta vegetación arbustiva y escasa vegetación arbórea, así como un reducido número de viviendas aguas arriba del tramo. Aproximadamente 200 m aguas abajo del tramo de muestreo desemboca la quebrada Sayacachi.
T6	Río Ccorimarca	816742	8508378	3421	Ubicado cerca de la desembocadura del río Cachimayo. La vegetación ribereña está conformada por especies arbustivas y algas acuáticas. Durante la época seca se observó, aguas arriba del tramo, una descarga puntual de aguas residuales de aparente origen doméstico que desemboca en el río; sin embargo, este vertimiento no fue evidenciado durante la época de lluvias. Asimismo, se registró el pastoreo de ganado vacuno y ovino que utiliza estas aguas como fuente de bebida.

Nota. Datos tomados en campo, 2025.

Figura 3

Ubicación de los tramos de muestreo en el río Ccorimarca, Chinchero, Urubamba - Cusco



Tramos de muestreo Codigo	Nombre	Coordenadas UTM Zona 18L Este(m)	Norte(m)	Altitud (m)
T1	Rio Ccorimarca	819586	8514052	3696
T2	Rio Ccorimarca	819564	8512870	3648
T3	Rio Ccorimarca	819154	8512045	3600
T4	Rio Ccorimarca	818399	8510959	3531
T1	Rio Ccorimarca	817602	8509733	3466
T2	Rio Ccorimarca	816742	8508378	3421

2.3.2.2. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos

Para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos se utilizó la "Guía sobre: Métodos de colecta, identificación y análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas Continentales del Perú" (MINAM, 2014)

Los macroinvertebrados bentónicos fueron recolectados utilizando una red Surber de aproximadamente 500 micrómetros, la cual es posicionada en sentido opuesto al corriente de agua, posteriormente se removió el sustrato dentro del cuadro metálico manualmente para liberar los macroinvertebrados, de esta manera los organismos quedan atrapados en la red (Samanez et al., 2014).

Este procedimiento se realizó mediante tres (3) repeticiones en cada tramo de muestreo, durante cada campaña, el tiempo total de muestreo por tramo fue de 30 minutos aproximadamente, el muestreo se realizó siguiendo un recorrido en sentido aguas abajo hacia aguas arriba, cubriendo un tramo aproximado de 100 metros. Los organismos fueron separados manualmente del sedimento y material presente en la muestra utilizando pinzas entomológicas para evitar daños en los especímenes; posteriormente las muestras fueron colocadas en frascos de plástico de 100 ml y preservadas con alcohol al 70 % para su determinación en el laboratorio.

Los frascos fueron debidamente etiquetados con información detallada, incluyendo la localización, cuenca, nombre de recolectores, tipo de muestra y fecha.

2.3.2.3. Determinación de macroinvertebrados bentónicos

Las muestras preservadas en alcohol fueron llevadas al laboratorio de Ecología C-316 de la Escuela Profesional de Biología- UNSAAC para su determinación. En el laboratorio se realizó la determinación de los macroinvertebrados bentónicos haciendo uso de un microscopio estereoscópico.

Para la determinación de macroinvertebrados bentónicos en clases, órdenes y familias se utilizaron guías especializadas tales como guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía Roldan (Roldan, 1996), macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología (Domínguez & Fernández, 2009), guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos de Chile (Palma, 2013) y guía de identificación de familias de invertebrados acuáticos indicadores de la calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá (Cornejo et al., 2023).

También se fotografiaron cada uno de los organismos colectados, para facilitar su determinación y tener una base de datos.

2.3.2.4. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente

La riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos se utilizaron como métricas básicas para describir la estructura de la comunidad presente en los tramos de muestreo. La riqueza se calculó mediante el conteo total de las taxas determinadas, lo cual permitió determinar la diversidad taxonómica presente en el área evaluada. En cuanto a la abundancia, se estimó mediante el conteo del número de individuos pertenecientes a cada taxon registrado, lo que permitió estimar la cantidad de organismos que integran la comunidad bentónica en cada tramo de muestreo (Moreno, 2001).

Con el fin de analizar la variación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente, se emplearon los siguientes análisis estadísticos multivariados utilizando el software PAST (Paleontological Statistics) versión 3.

- **Análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS):** Se utilizó esta técnica multivariada para representar de manera gráfica las relaciones de similitud o diferencia entre los distintos tramos de muestreo y épocas del año,

considerando tanto la composición como la abundancia de los organismos registrados. Para ello, se aplicó el índice de disimilitud de Bray-Curtis, ampliamente utilizado en estudios ecológicos por su eficacia al trabajar con datos de abundancia y su baja sensibilidad ante la ausencia de algunos taxones.

Para evaluar la variación espacial, las muestras se agruparon en seis grupos correspondientes a los tramos de muestreo (T1 a T6), los cuales se delimitaron mediante polígonos convexos con el fin de facilitar su interpretación visual. En cuanto a la variación temporal, las muestras se organizaron en dos categorías principales: época de lluvias y época de secas, lo que permitió analizar los posibles cambios en la estructura de la comunidad a lo largo del tiempo.

- **Análisis de agrupamiento:** Este análisis se aplicó con la finalidad de examinar la similitud jerárquica entre los distintos tramos de muestreo. Para su desarrollo, se utilizó el algoritmo UPGMA en conjunto con el índice de similitud de Bray-Curtis, lo que permitió reconocer los patrones de agrupación existentes entre los tramos evaluados.
- **Análisis de varianza multivariado con permutaciones (PERMANOVA):** Este análisis se utilizó con el fin de verificar si las diferencias observadas en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, tanto entre los distintos tramos de muestreo (variación espacial) como entre las épocas del año (variación temporal), resultan estadísticamente significativas. Para su ejecución, se emplearon 9999 permutaciones y se adoptó un nivel de significancia de $p < 0,05$.
- **Análisis de porcentajes de similitud (SIMPER):** Este análisis se aplicó con el objetivo de determinar el aporte porcentual de cada taxón a la disimilitud promedio

entre los grupos evaluados, permitiendo identificar aquellas familias que influyen de manera más significativa en la diferenciación observada en el análisis nMDS.

2.3.3. Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua

Las mediciones de los parámetros físicos y químicos se realizaron considerando la época de lluvias (febrero y abril) y época de secas (mayo y julio) en los 6 tramos de muestreo. Todas las mediciones se realizaron antes de la toma de muestras biológicas.

Los parámetros de temperatura (°C), pH y oxígeno disuelto (mg/L) fueron medidos in situ mediante equipos previamente calibrados, siguiendo los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).

Para la determinación de los parámetros de turbiedad (NTU), dureza total (mg/L), nitratos (mg/L) y fosfatos (mg/L), se recolectaron muestras de agua en botellas plásticas de primer uso con capacidad de 1000 ml, previamente enjuagadas con agua del mismo sitio de muestreo. Posteriormente, las muestras fueron debidamente rotuladas, acondicionadas y transportadas al laboratorio MC QUIMICALAB para su análisis, siguiendo los procedimientos establecidos en el protocolo de la ANA (2016).

Finalmente, los resultados obtenidos para los parámetros físicos y químicos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, correspondientes a la Categoría 3: Riego de Vegetales (D1) y Bebida de Animales (D2).

En la tabla 7 se muestra los parámetros físicos y químicos considerados en este estudio.

Tabla 5

Parámetros físicos y químicos para evaluar en el río Ccorimarca.

Parámetros	Unidad	Método	Instrumento de medición	Determinación
Temperatura	°C	Método de laboratorio y de campo	Termómetro	In situ
Turbiedad	NTU	Nefelométrico	Laboratorio	Laboratorio
pH		Electrométrico	pH-metro HANNA HI98103	In situ
Dureza total	mg/L	Método título métrico de EDTA	Laboratorio	Laboratorio
Oxígeno disuelto	mg/L	Método de sonda óptica	Medidor óptico portátil de oxígeno disuelto HANNA HI98198.	In situ
Nitratos	mg/L	Método de Macro Kjeldahl	Laboratorio	Laboratorio
Fosfatos	mg/L	Método de ácido ascórbico	Laboratorio	Laboratorio

Nota. Elaboración propia.

2.3.4. Determinación de la calidad de agua a través del Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente

Se empleó el Índice Biótico Andino para evaluar la calidad de agua en los tramos de muestreo, utilizando macroinvertebrados bentónicos específicos de los ríos altoandinos (ubicados a más de 2000 m). Su metodología de este índice consiste en asignar a cada familia de macroinvertebrados un puntaje de acuerdo con su grado de sensibilidad frente a la contaminación. Posteriormente, el valor final del índice se obtiene mediante la suma de los puntajes correspondientes a las familias registradas en el sitio de muestreo, permitiendo estimar la calidad del agua y el estado ecológico del río (Rosero & Fossati, 2009). Los macroinvertebrados acuáticos tienen valores de tolerancia que varían de 1 (mayor tolerancia) a 10 (menos tolerantes) (Acosta et al., 2009).

Tabla 6

Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el ABI.

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Turbellaria		5		Hydrobiosidae	8
Hirudinea		3		Glossomatidae	7
Oligochaeta		1	Trichoptera	Hydropsychidae	5
	Ancylidae	6		Anomalopsychidae	10
	Physidae	3		Philopotamidae	8
Gasteropoda	Hydrobiidae	3		Limnephilidae	7
	Limnaeidae	3	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Planorbidae	3		Ptilodactylidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Lampyridae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Psephenidae	5
Ostracoda		3		Scirtidae (Helodidae)	5
Hydracarina		4		Staphylinidae	3
	Baetidae	4	Coleoptera	Elmidae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Dryopidae	5
	Leptohyphidae	7		Gyrinidae	3
	Oligoneuridae	10		Dytiscidae	3
	Aeshnidae	6		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Hydraenidae	5
Odonata	Libellulidae	6		Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Simuliidae	5
	Calopterygidae	8		Tabanidae	4
	Polythoridae	10		Tipulidae	5
Plecoptera	Perlidae	10		Limoniidae	4
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
	Veliidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Psychodidae	3
Heteroptera	Corixidae	5	Diptera	Dolichopodidae	4
	Notonectidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4		Empididae	4
	Naucoridae	5		Chironomidae	2
	Helicopsychidae	10		Culicidae	2
	Calamoceratidae	10		Muscidae	2
	Odontoceridae	10		Ephydridae	2
Trichoptera	Leptoceridae	8		Athericidae	10
	Polycentropodidae	8		Syrphidae	1
	Hydroptilidae	6			
	Xiphocentronidae	8			

Nota. Acosta et al., 2009.

Una vez obtenido el puntaje ABI, se realizó la clasificación para determinar la calidad de agua en los diferentes tramos de muestreo. La siguiente tabla establece los rangos de calidad del recurso hídrico:

Tabla 7

Calidad del agua según ABI para ríos altoandinos de Perú.

Estado ecológico	Rangos
Muy bueno	>74
Bueno	45-74
Moderado	27-44
Malo	11-26
Pésimo	<11

Nota. Acosta et al., 2009.

2.3.5. Establecimiento de la relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua en el río Ccorimarca

2.3.5.1. Relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua

Con la finalidad de analizar la relación entre los parámetros físicos y químicos del agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, se llevaron a cabo diversos procedimientos estadísticos empleando hojas de cálculo en Microsoft Excel y los programas especializados SPSS y PAST.

Se aplicaron los siguientes análisis para ambas épocas de estudio (secas y lluvias):

- Primero se aplicó un análisis de correlación no paramétrica mediante el coeficiente Rho de Spearman, con la finalidad de evaluar la relación existente entre los parámetros físicos y químicos del agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en los diferentes tramos de muestreo. Este análisis fue

seleccionado debido a que resulta apropiado para datos que no necesariamente presentan una distribución normal, así como por su capacidad para detectar relaciones monotónicas entre las variables. El procesamiento de este análisis se realizó mediante el software SPSS, bajo un nivel de significancia de $p < 0.05$**.**

- Posteriormente, se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para identificar la influencia de cada parámetro físico y químico sobre la distribución de las familias de macroinvertebrados bentónicos registrados en cada tramo de muestreo. Este procedimiento se desarrolló mediante el uso del software PAST, versión 3.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente del río Ccorimarca

Considerando ambas épocas de estudio se determinaron un total de 20 familias, siendo el orden Díptera el más representativo con 6 familias, seguido por Coleoptera con 3 familias. En cuanto a la abundancia, se contabilizaron 2330 individuos de macroinvertebrados bentónicos, destacando nuevamente el orden Díptera como el más abundante, con 602 individuos. Dentro de este grupo, la familia Chironomidae fue la más predominante, alcanzando un total de 557 individuos. El orden Amphipoda ocupó el segundo lugar en abundancia, con la familia Hyalellidae registrando 532 individuos. Por su parte, el orden Coleoptera ocupó el tercer lugar con un total de 452 individuos, donde la familia Elmidae fue claramente predominante al registrar 447 individuos (Tabla 8; Figura 4).

El predominio del orden Díptera, particularmente de la familia Chironomida*e*, puede estar asociado a su alta tolerancia a variaciones en la calidad del agua y a la presencia de perturbación en algunos tramos del río. Asimismo, la abundancia de Hyalellidae podría estar asociada con la disponibilidad de detritos vegetales y microhábitat de refugio en el lecho del río. Por otro lado, la presencia de la familia Elmidae sugiere tramos con buenas condiciones de oxigenación.

Estos resultados evidencian que el río Ccorimarca presenta una variabilidad en la calidad del agua, donde coexisten organismos tolerantes y sensibles.

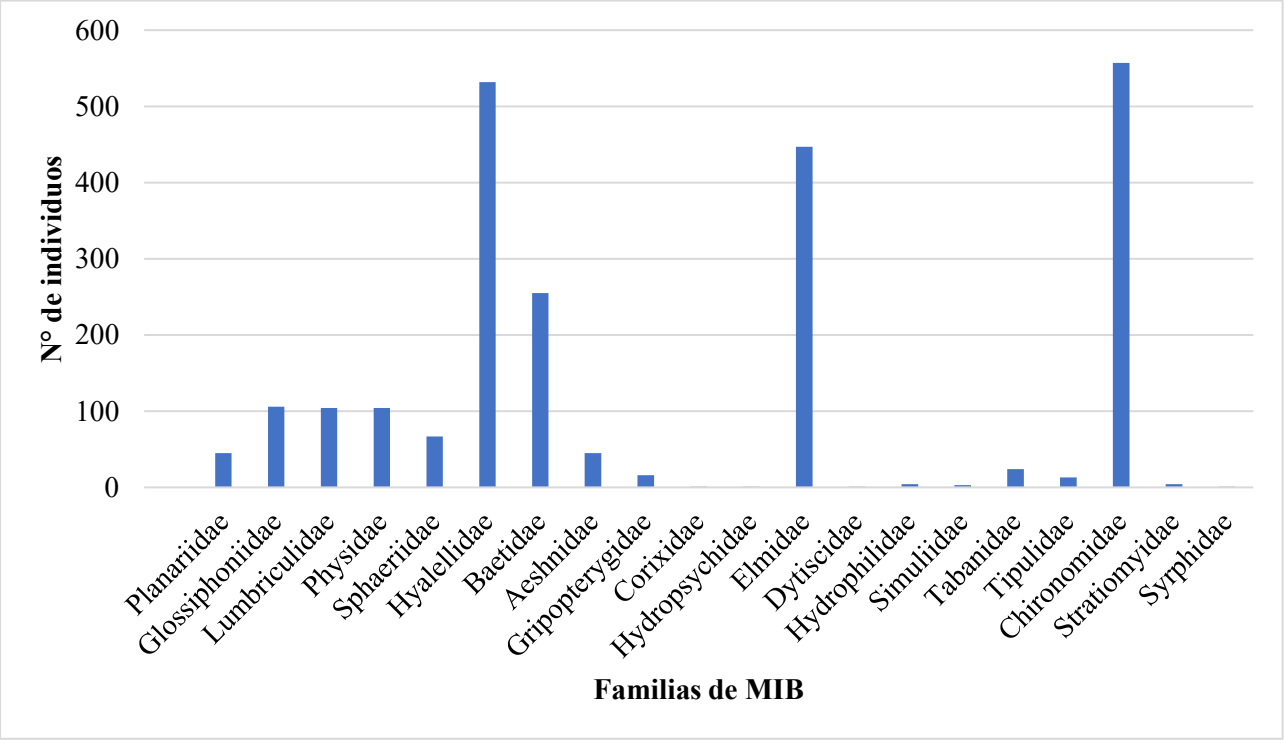
Tabla 8

Composición y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por categoría taxonómica en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero y abril 2025) y secas (mayo y julio 2025).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Época de lluvias	Época de secas	Abundancia absoluta total
				Abundancia absoluta	Abundancia absoluta	
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	13	32	45
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	35	71	106
	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbriculidae	69	35	104
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	73	31	104
	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	42	25	67
Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	261	271	532
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	85	170	255
		Odonata	Aeshnidae	31	14	45
		Plecoptera	Gripopterygidae	16	0	16
		Heteroptera	Corixidae	0	1	1
		Trichoptera	Hydropsychidae	1	0	1
		Coleoptera	Elmidae	198	249	447
			Dytiscidae	1	0	1
			Hydrophilidae	0	4	4
		Diptera	Simuliidae	0	3	3
			Tabanidae	2	22	24
			Tipulidae	1	12	13
			Chironomidae	196	361	557
			Stratiomyidae	4	0	4
			Syrphidae	1	0	1
Riqueza de familias				**17**	**15**	**20**
Abundancia total				**1029**	**1301**	**2330**

Figura 4

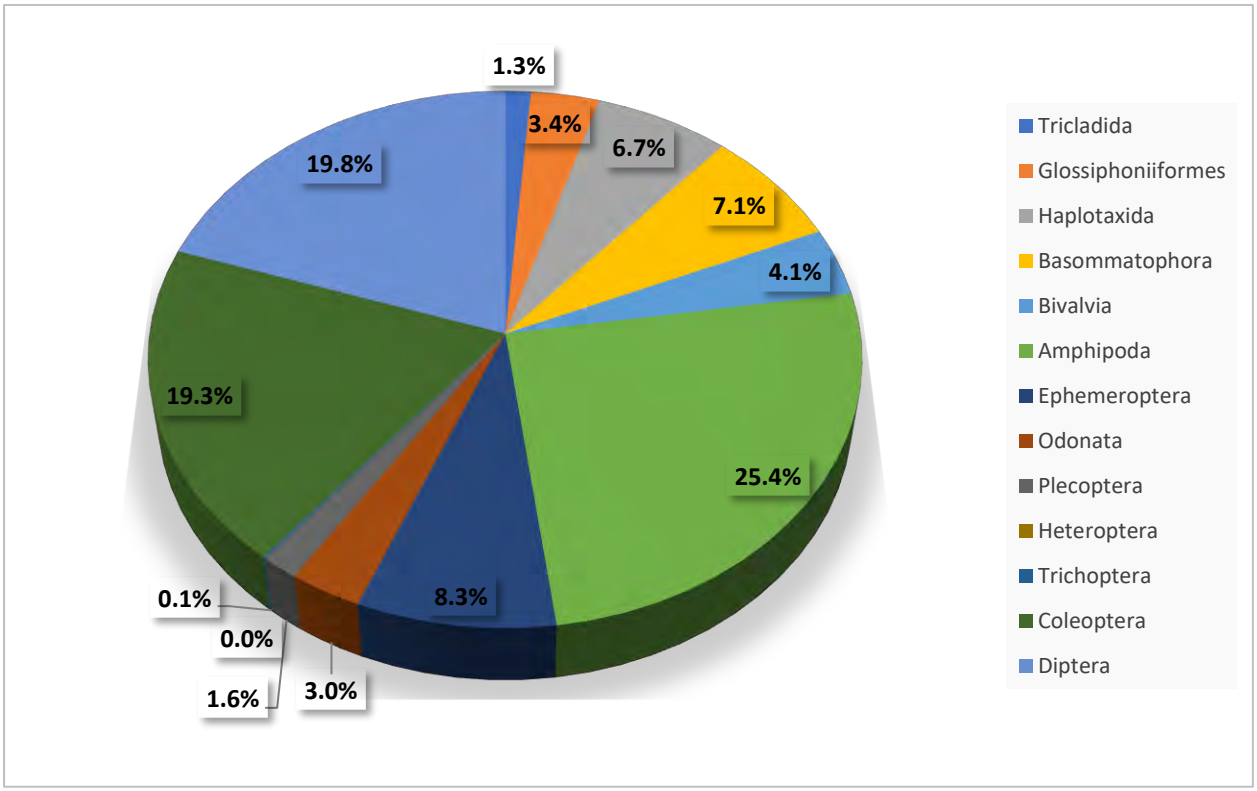
Abundancia absoluta total de las familias de macroinvertebrados bentónicos registradas en el río Ccorimarca durante las épocas de lluvias y época de secas



Según se observa en la tabla 8 y la figura 5 durante la época de lluvias (febrero y abril de 2025) se determinaron 17 familias distribuidos en 13 órdenes, alcanzando una abundancia total de 1029 individuos, siendo el orden Amphipoda la más abundante con 261 individuos, lo que representa el 25.4% del total de macroinvertebrados bentónicos reportados para esta época de estudio. Asimismo, el orden Diptera y Coleoptera ocuparon el segundo y tercer lugar en abundancia representando el 19.8 % y 19.3% respectivamente.

Figura 5

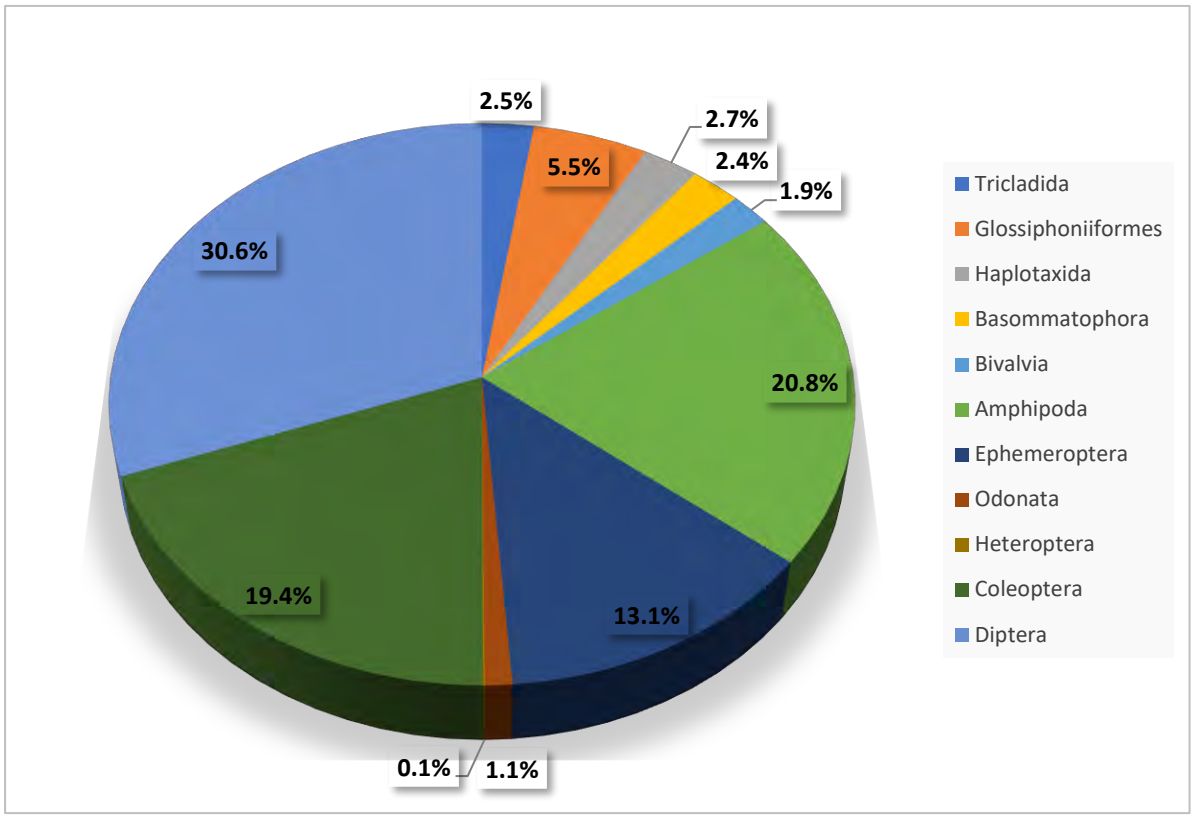
Abundancia relativa por órdenes de macroinvertebrados bentónicos en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).



En la tabla 8 y la figura 6 se aprecia que durante la época de secas (mayo y julio) la comunidad de macroinvertebrados bentónicos tuvo un incremento en comparación con la época de lluvias (febrero y abril de 2025) determinándose una abundancia de 1301 individuos, distribuidos en 11 órdenes y 15 familias, siendo el orden Díptera el más destacado de todos los órdenes registrados, con 398 individuos, lo que equivale al 30.6 % de toda la comunidad, siguiendo el orden Amphipoda y el orden Coleoptera con 20.8 % y 19.4 % respectivamente.

Figura 6

Abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos en el río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025).



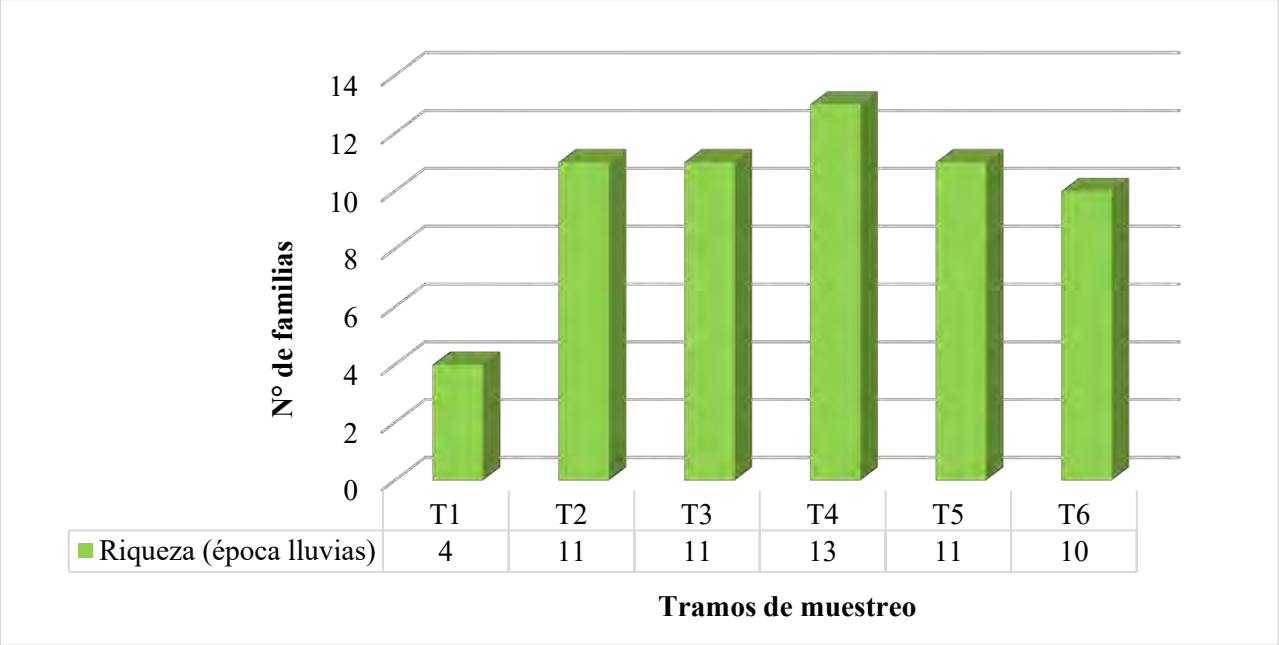
La riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos se mantuvo relativamente estable entre ambas épocas de estudio (17 familias durante la época de lluvias y 15 familias en la época de secas), lo que demuestra la persistencia de la mayoría de las familias a lo largo del ciclo estacional. En cuanto a la abundancia el incremento registrado durante la época de secas podría estar asociado a una mayor estabilidad del caudal y menor arrastre de organismos, lo que favorece el establecimiento de las comunidades bentónicas. Por el contrario, durante la época de lluvias, el aumento del caudal y la mayor turbulencia del agua generaron el desplazamiento de los organismos, reduciendo su abundancia.

3.1.1. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en época de lluvias

Según lo presentado en la tabla 9 y la figura 7, durante la época de lluvias (febrero y abril), el tramo de muestreo T4 registró la mayor riqueza de familias, alcanzando un total de 13 familias, lo que sugiere la presencia de condiciones ambientales más favorables, una mayor heterogeneidad del hábitat y una menor intervención antrópica directa, permitiendo el establecimiento de una comunidad más diversa. En contraste, el tramo T1 presentó la menor riqueza, con solo 4 familias determinadas.

Figura 7

Riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).

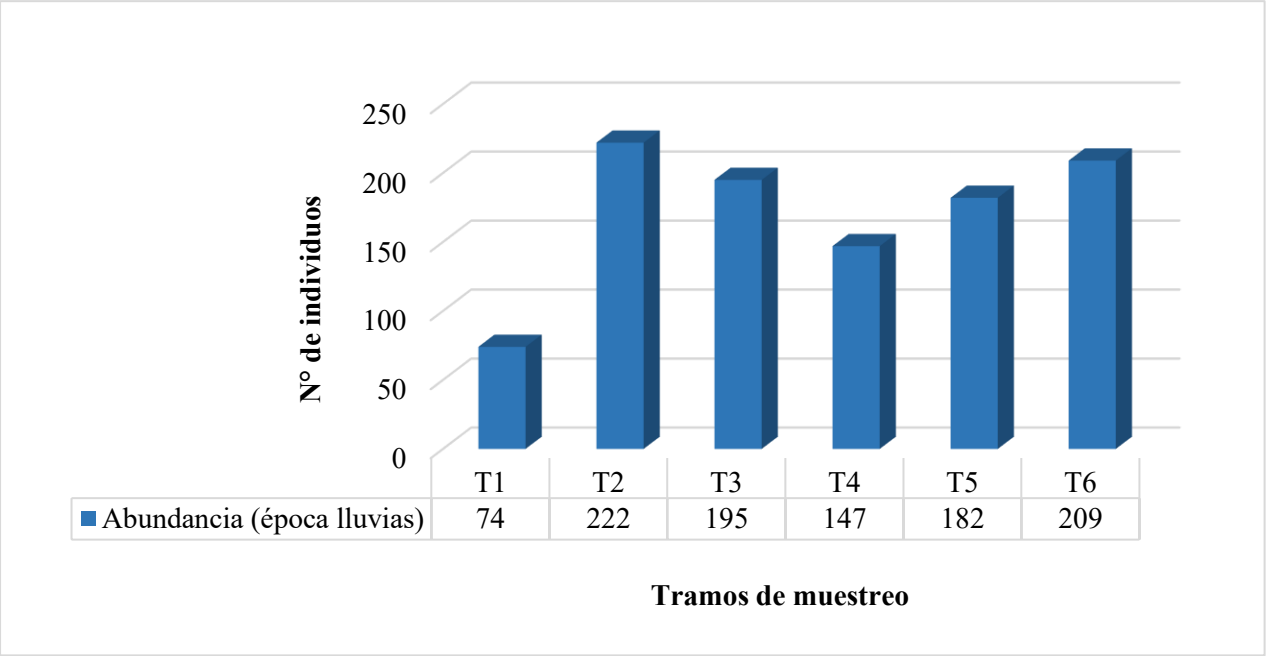


Con respecto a la abundancia absoluta, los datos mostrados en la tabla 9 y la figura 8 indican que el tramo T2 fue el que presentó la mayor abundancia, con un total de 222 individuos, lo cual está asociado a la dominancia de ciertas familias con alta capacidad de adaptación a las

condiciones del entorno, posiblemente relacionadas con una mayor disponibilidad de materia orgánica, por otro lado, el tramo T1 registró la menor abundancia, con 74 individuos.

Figura 8

Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).



La baja riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos registrada en el tramo T1 podría estar asociada a las condiciones ambientales presentes en este sector, caracterizado por un caudal reducido, acumulación de agua y materia orgánica, así como por actividades agrícolas y pecuarias en las orillas del río. Estas condiciones podrían generar un ambiente menos favorable para el establecimiento de familias sensibles.

Tabla 9

Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por tramos de muestreo. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).

	TRAMOS DE MUESTREO											
	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
Familia	**Aa**	**Ar**	**Aa**	**Ar**	**Aa**	**Ar**	**Aa**	**Ar**	**Aa**	**Ar**	**Aa**	**Ar**
Planariidae	0	0%	7	3%	2	1%	1	1%	3	2%	0	0%
Glossiphoniidae	26	35%	1	0%	2	1%	2	1%	1	1%	3	1%
Lumbriculidae	7	9%	7	3%	19	10%	6	4%	1	1%	29	14%
Physidae	0	0%	24	11%	26	13%	4	3%	0	0%	19	9%
Sphaeriidae	0	0%	38	17%	2	1%	0	0%	1	1%	1	0%
Hyalellidae	12	16%	104	47%	36	18%	36	24%	6	3%	67	32%
Baetidae	0	0%	0	0%	5	3%	11	7%	62	34%	7	3%
Aeshnidae	0	0%	7	3%	17	9%	6	4%	1	1%	0	0%
Gripopterygidae	0	0%	0	0%	6	3%	3	2%	7	4%	0	0%
Hydropsychidae	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%
Elmidae	0	0%	18	8%	40	21%	49	33%	57	31%	34	16%
Dytiscidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%	0	0%
Tabanidae	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%	0	0%	1	0%
Tipulidae	0	0%	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Stratiomyidae	0	0%	3	1%	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%
Chironomidae	29	39%	12	5%	40	21%	26	18%	42	23%	47	22%
Syrphidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%
Riqueza de familias	4		11		11		13		11		10	
Abundancia total	74	100%	222	100%	195	100%	147	100%	182	100%	209	100%

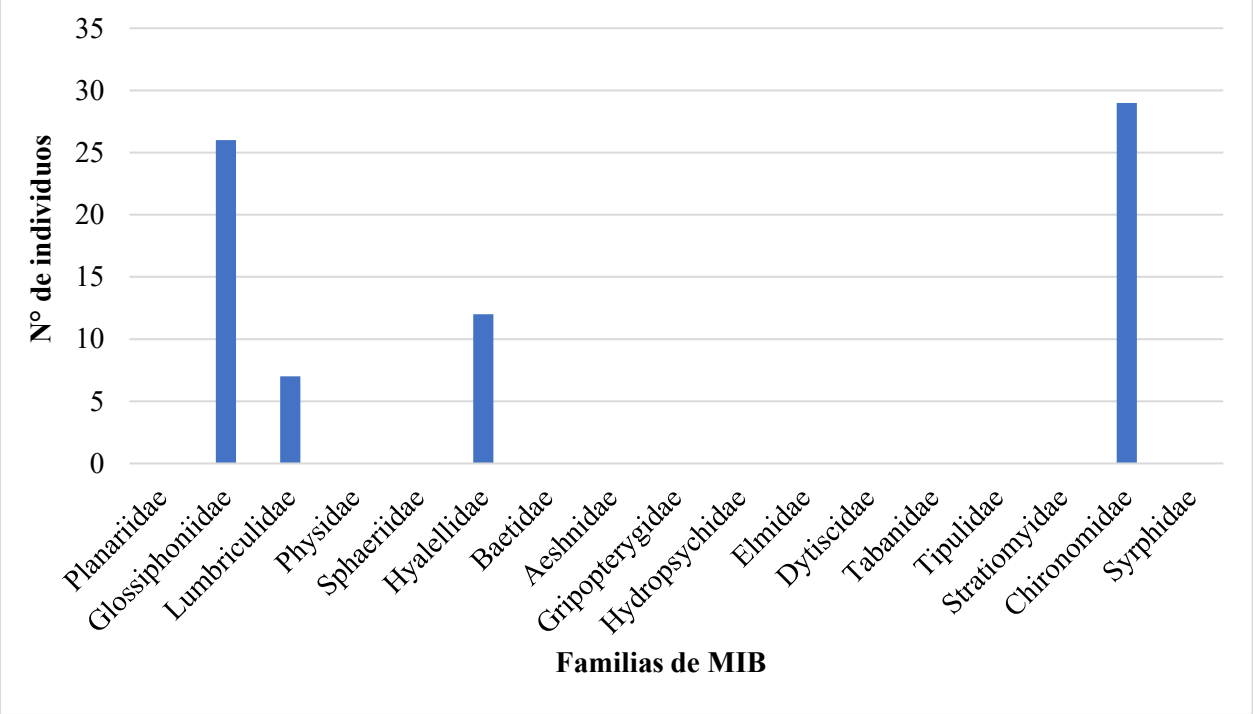
Nota. Aa: Abundancia absoluta, Ar: Abundancia relativa.

3.1.1.1. Abundancia de familias de macroinvertebrados por tramo de muestreo

En la figura 9 se observó que el tramo T1 presentó un predominio de las familias Chironomidae, Glossiphoniidae e Hyalellidae, reconocidas por su tolerancia a condiciones ambientales alteradas. La dominancia de estas familias sugiere que la comunidad bentónica de este tramo se encuentra adaptada a ambientes con mayor grado de perturbación.

Figura 9

Abundancia de familias de MIB en el tramo T1 en el río Ccorimarca - época de lluvias (febrero y abril)

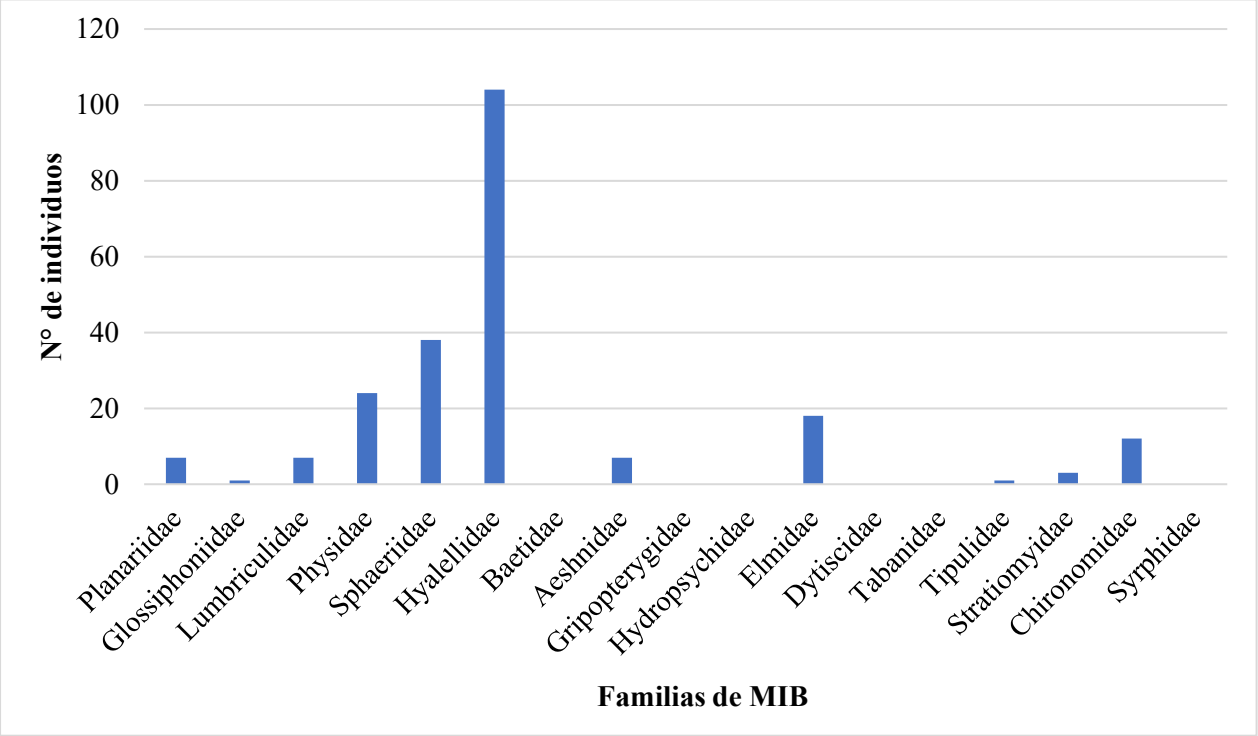


En la figura 10 se observó que en el tramo T2, las familias más representativas fueron Hyalellidae, Sphaeriidae y Physidae; asimismo, se registró la presencia de familias como Planariidae, Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Aeshnidae, Elmidae, Tipulidae, Stratiomyidae y Chironomidae. La presencia conjunta de familias con diferentes niveles de tolerancia podría estar asociada a las condiciones ambientales del tramo, donde se observó un aumento progresivo del

caudal debido al aporte de filtraciones naturales y pequeños tributarios, además de la influencia de actividades agrícolas y de pastoreo presentes en el entorno. Estas condiciones podrían favorecer el establecimiento de una comunidad bentónica con mayor riqueza de familias en comparación con el tramo T1.

Figura 10

Abundancia de familias de MIB en el tramo T2 - época de lluvias (febrero y abril)

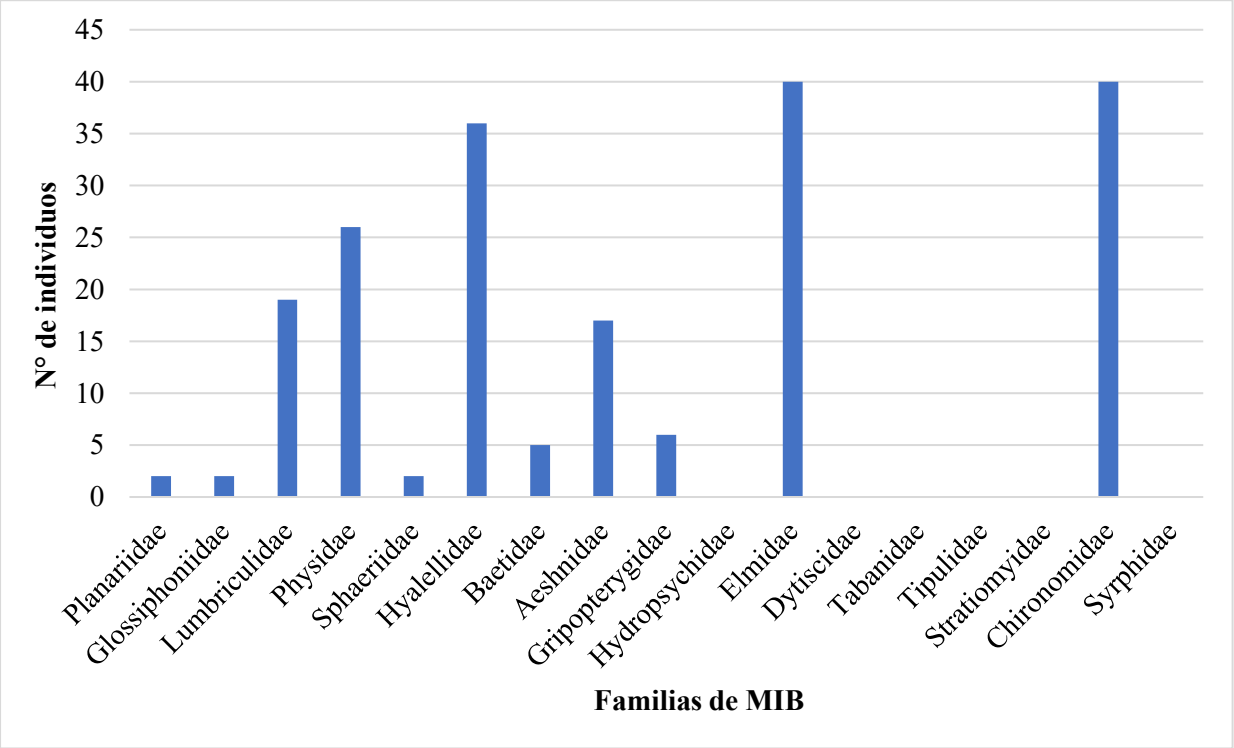


Por su parte, la figura 11 evidencia la abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos en el tramo T3, donde destacaron principalmente Chironomidae, Elmidae, Hyalellidae, Physidae, Lumbriculidae y Aeshnidae; además, se registró la presencia de las familias Planariidae, Glossiphoniidae, Sphaeriidae, Baetidae y Gripopterygidae. Al igual que en el tramo T2, la comunidad estuvo conformada por familias con distintos niveles de tolerancia a las condiciones ambientales. La presencia simultánea de familias tolerantes y sensibles, como Gripopterygidae, sugiere que este tramo presenta condiciones ambientales que favorecen el establecimiento de una

comunidad bentónica más diversa. Este patrón podría estar relacionado con las características del entorno, donde se observaron áreas deforestadas y actividad de pastoreo.

Figura 11

Abundancia de familias de MIB en el tramo T3 - época de lluvias (febrero y abril)

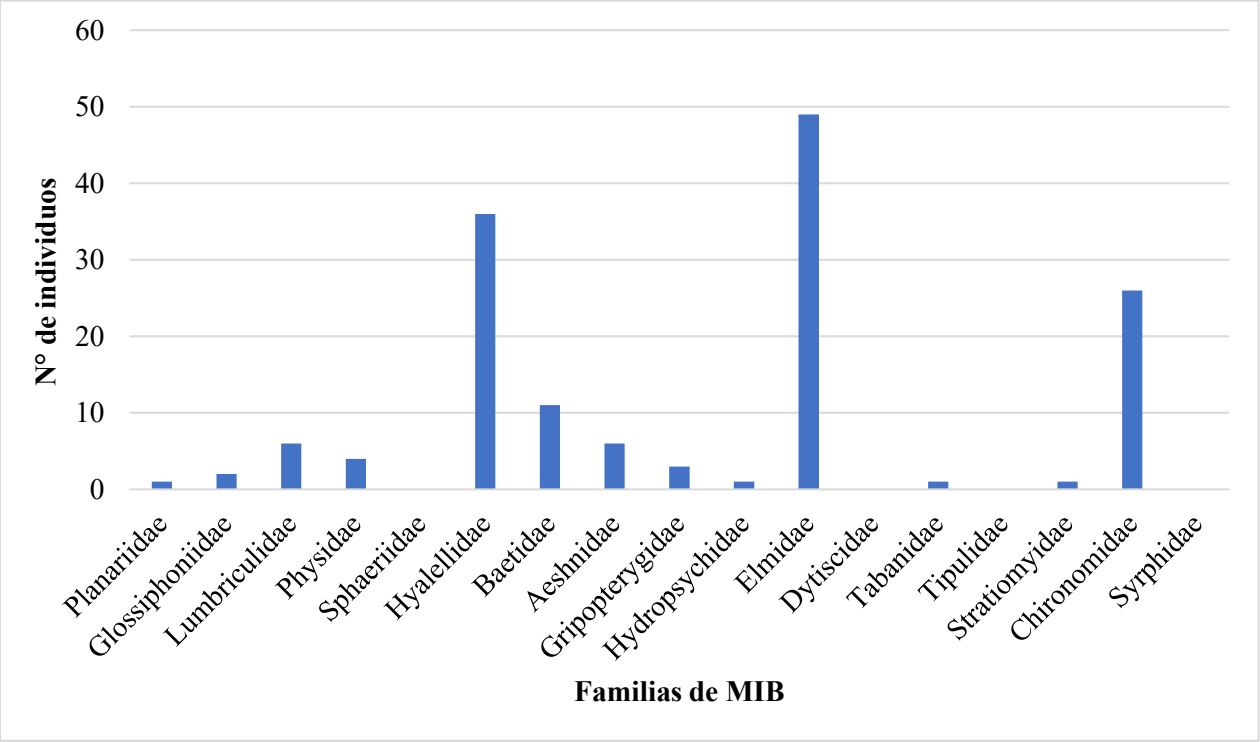


En la figura 12 se muestra que en el tramo T4, las familias con mayor abundancia fueron Elmidae, Hyalellidae y Chironomidae; de igual manera se registró a las familias Baetidae, Aeshnidae, Lumbriculidae, Physidae, Gripopterygidae, Glossiphoniidae, Planariidae, Hydropsychidae, Tabanidae y Stratiomyidae. La elevada riqueza de familias y el predominio de *Elmidae* podrían evidenciar la escasa intervención antrópica observada en este tramo, donde durante las campañas de muestreo no se registraron actividades agrícolas, pastoreo de ganado ni viviendas cercanas. Por otra parte, la presencia de familias sensibles, como Gripopterygidae,

sugiere condiciones ambientales favorables para el establecimiento de una comunidad bentónica diversa.

Figura 12

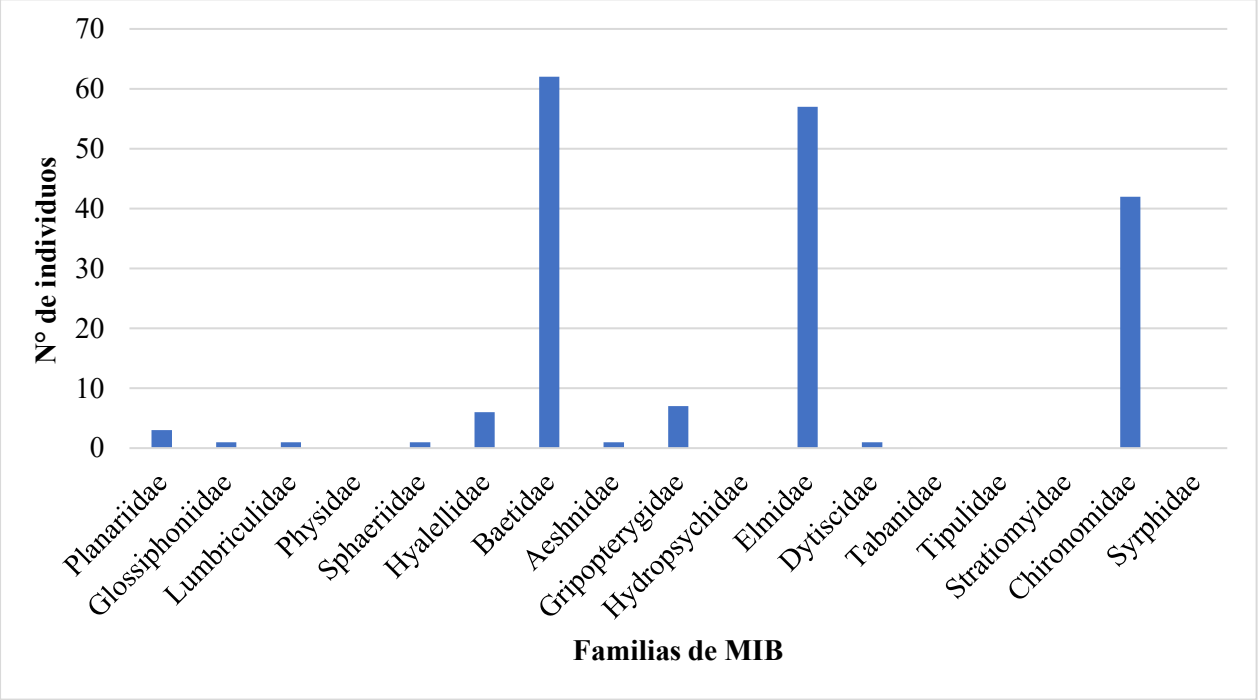
Abundancia de familias de MIB en el tramo T4- época de lluvias (febrero y abril)



La figura 13 evidencia que en el tramo T5, las familias con mayor abundancia fueron Baetidae, Elmidae y Chironomidae; asimismo, se registraron las familias como Planariidae, Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Sphaeriidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Gripopterygidae y Dytiscidae. Esta composición podría estar asociada a la presencia de actividades antrópicas observadas en el sector, como la acumulación de desmonte de construcción en la ribera del río y el lavado de ropa, las cuales podrían influir en las condiciones del hábitat acuático. La presencia simultánea de familias sensibles, como Gripopterygidae, y de familias más tolerantes, como Chironomidae, sugiere una comunidad bentónica conformada por organismos con diferentes niveles de tolerancia frente a las condiciones ambientales del tramo.

Figura 13

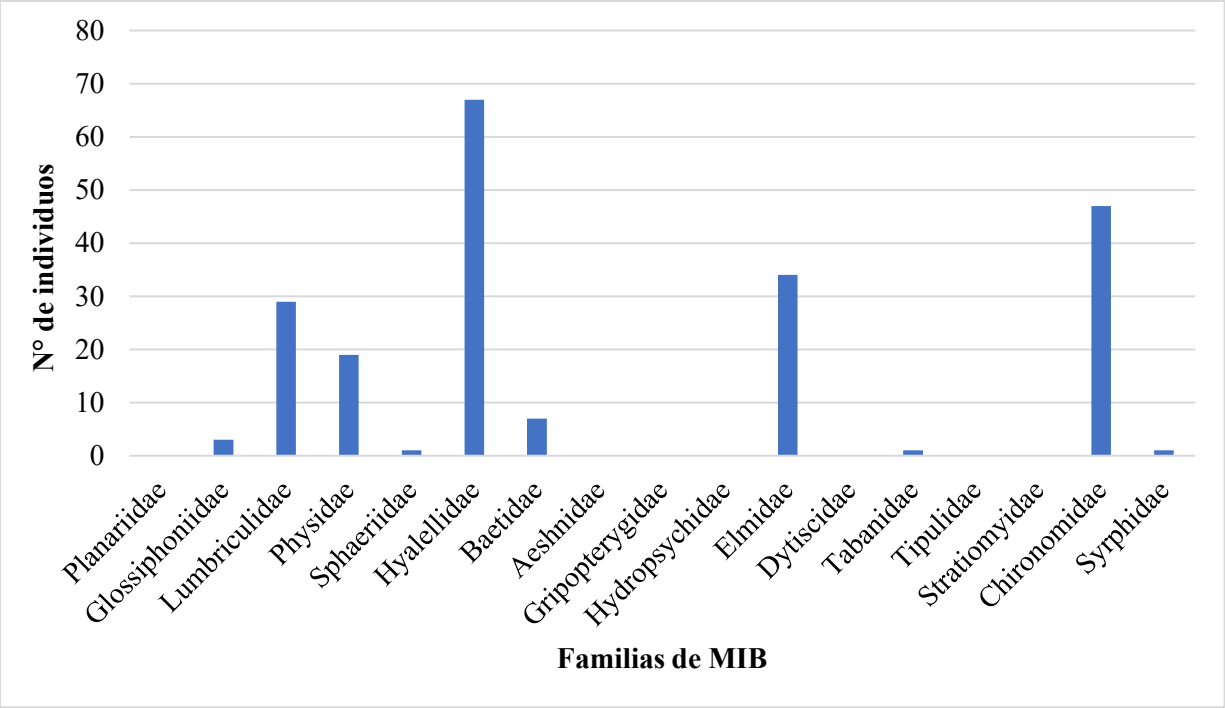
Abundancia de familias de MIB en el tramo T5 - época de lluvias (febrero y abril)



Finalmente, de acuerdo con la figura 14 en el tramo T6, Hyalellidae fue la familia predominante, seguida por Chironomidae, Elmidae, Lumbriculidae y Physidae; además, se registraron familias como Glossiphoniidae, Sphaeriidae, Baetidae, Tabanidae y Syrphidae. Esta composición podría estar relacionada con las condiciones ambientales presentes en el tramo y con la influencia de las actividades de pastoreo observadas en las riberas del río. La coexistencia de familias tolerantes, como Hyalellidae y Chironomidae, con familias de menor tolerancia, como Baetidae y Elmidae, muestra una comunidad bentónica conformada por organismos con diferentes niveles de tolerancia a las condiciones ambientales.

Figura14

Abundancia de familias de MIB en el tramo T6 - época de lluvias (febrero y abril)

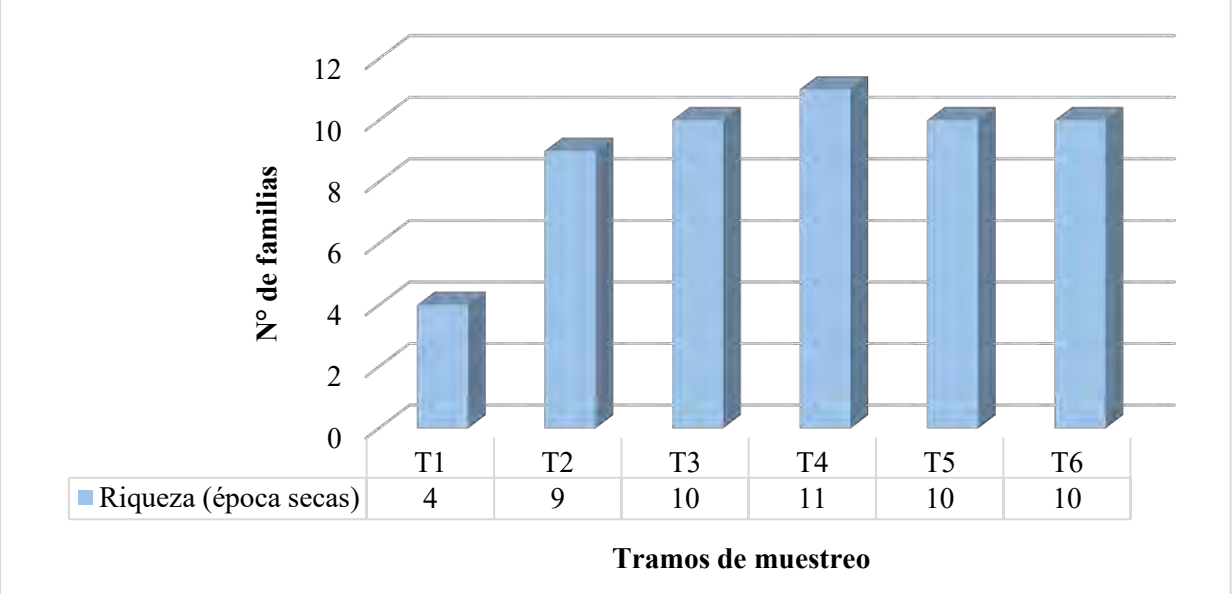


3.1.2. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en época de secas

En la tabla 10 y la figura 15 se observa que durante la época de secas (mayo y julio), el tramo T4 presentó la mayor riqueza, con un total de 11 familias de macroinvertebrados bentónicos, al igual que en la época de lluvias. Este comportamiento podría estar asociado a la escasa intervención antrópica observada en este tramo durante las campañas de muestreo, condición que favorecería el establecimiento de una comunidad bentónica más diversa. En contraste, el tramo T1 registró la menor riqueza, con solo cuatro familias, evidenciando un patrón consistente entre ambos periodos hidrológicos, lo que sugiere la persistencia de las condiciones ambientales observadas en este tramo, limitando el establecimiento de una comunidad bentónica más diversa.

Figura 15

Riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca – época de secas (mayo 2025 y julio 2025).



Con respecto a la abundancia, los datos mostrados en la tabla 10 y la figura 16 indican que el tramo de muestreo T3 presentó mayor abundancia, con un total de 270 individuos; este resultado podría estar relacionado con el predominio de determinadas familias en este tramo, lo que evidencia que una mayor abundancia no implica necesariamente una mayor riqueza de familias. En contraste, el tramo T1 presentó la menor abundancia, con un total de 115 individuos; este comportamiento coincide con el observado durante la época de lluvias y confirma que el tramo T1 mantuvo la menor representación de macroinvertebrados bentónicos durante todo el periodo de estudio.

Figura 16

Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Ccorimarca – época de secas (mayo 2025 y julio 2025).

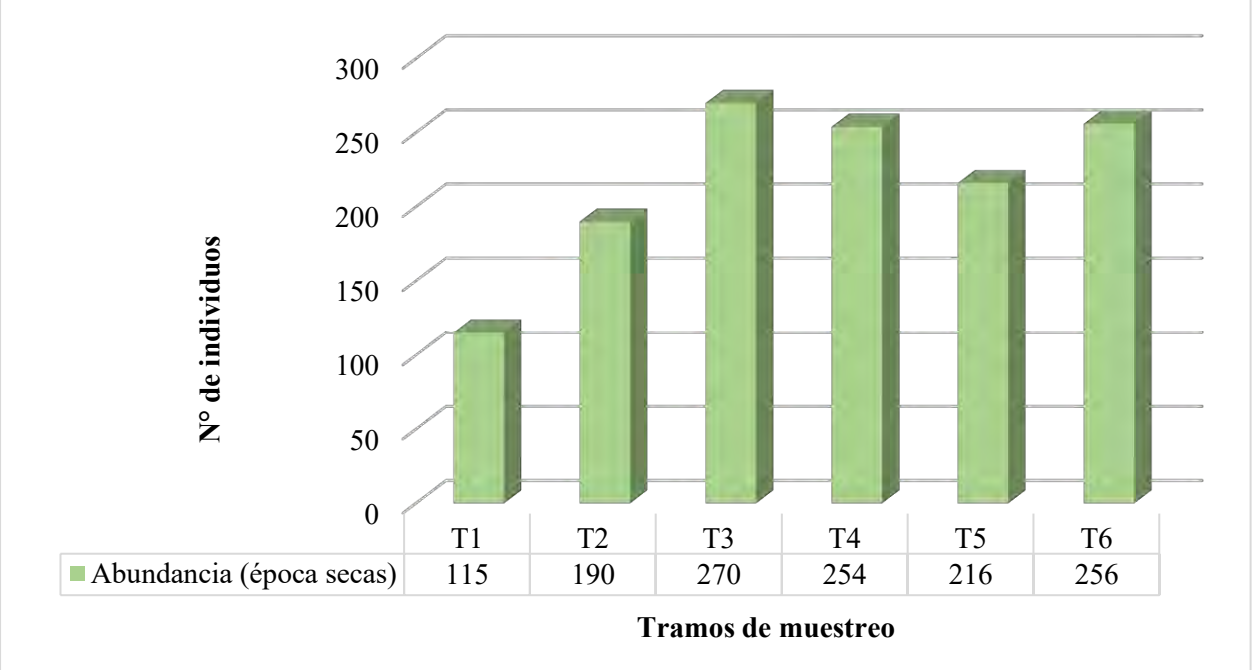


Tabla 10

Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos por tramos de muestreo. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)

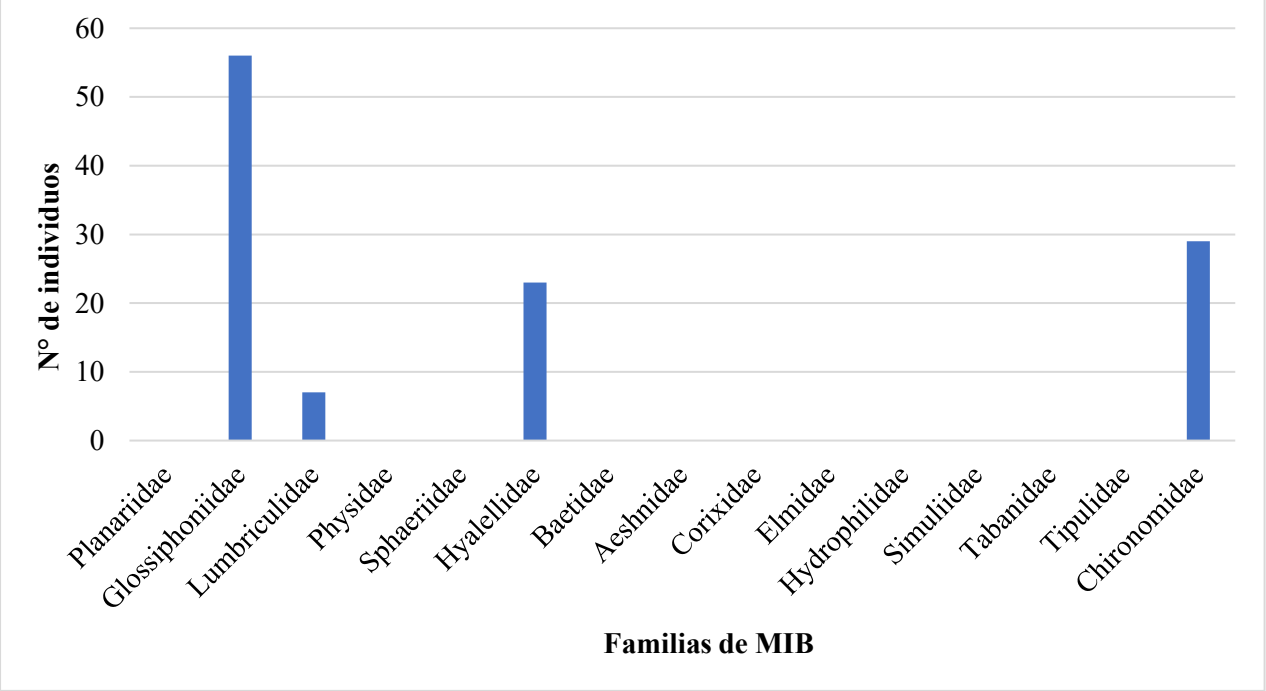
Familia	TRAMOS DE MUESTREO											
	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	Aa	Ar	Aa	Ar	Aa	Ar	Aa	Ar	Aa	Ar	Aa	Ar
Planariidae	0	0%	18	9%	9	3%	5	2%	0	0%	0	0%
Glossiphoniidae	56	49%	11	6%	1	0%	0	0%	1	0%	2	1%
Lumbriculidae	7	6%	2	1%	0	0%	10	4%	2	1%	14	5%
Physidae	0	0%	3	2%	15	6%	2	1%	0	0%	11	4%
Sphaeriidae	0	0%	24	13%	0	0%	1	0%	0	0%	0	0%
Hyalellidae	23	20%	78	41%	59	22%	59	23%	20	9%	32	13%
Baetidae	0	0%	10	5%	31	11%	29	11%	82	38%	18	7%
Aeshnidae	0	0%	0	0%	5	2%	8	3%	1	0%	0	0%
Corixidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%
Elmidae	0	0%	16	8%	90	33%	75	30%	56	26%	12	5%
Hydrophilidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	2%
Simuliidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	1%	0	0%
Tabanidae	0	0%	0	0%	1	0%	2	1%	8	4%	11	4%
Tipulidae	0	0%	0	0%	1	0%	9	4%	2	1%	0	0%
Chironomidae	29	25%	28	15%	58	21%	54	21%	41	19%	151	59%
Riqueza de familias	4		9		10		11		10		10	
Abundancia	115	100%	190	100%	270	100%	254	100%	216	100%	256	100%

3.1.2.1. Abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos por tramo de muestreo

De acuerdo con la figura 17, en el tramo T1 durante la época de secas se mantuvo el predominio de las familias Glossiphoniidae, Chironomidae e Hyalellidae, además del registro de Lumbriculidae. Al igual que en la época de lluvias, la dominancia de estas familias, reconocidas por su tolerancia a condiciones de mayor perturbación ambiental, sugiere que este tramo continúa favoreciendo el establecimiento de organismos con mayor tolerancia a dichas condiciones.

Figura 17

Abundancia de familias de MIB en el tramo T1 – época de secas (mayo y julio)

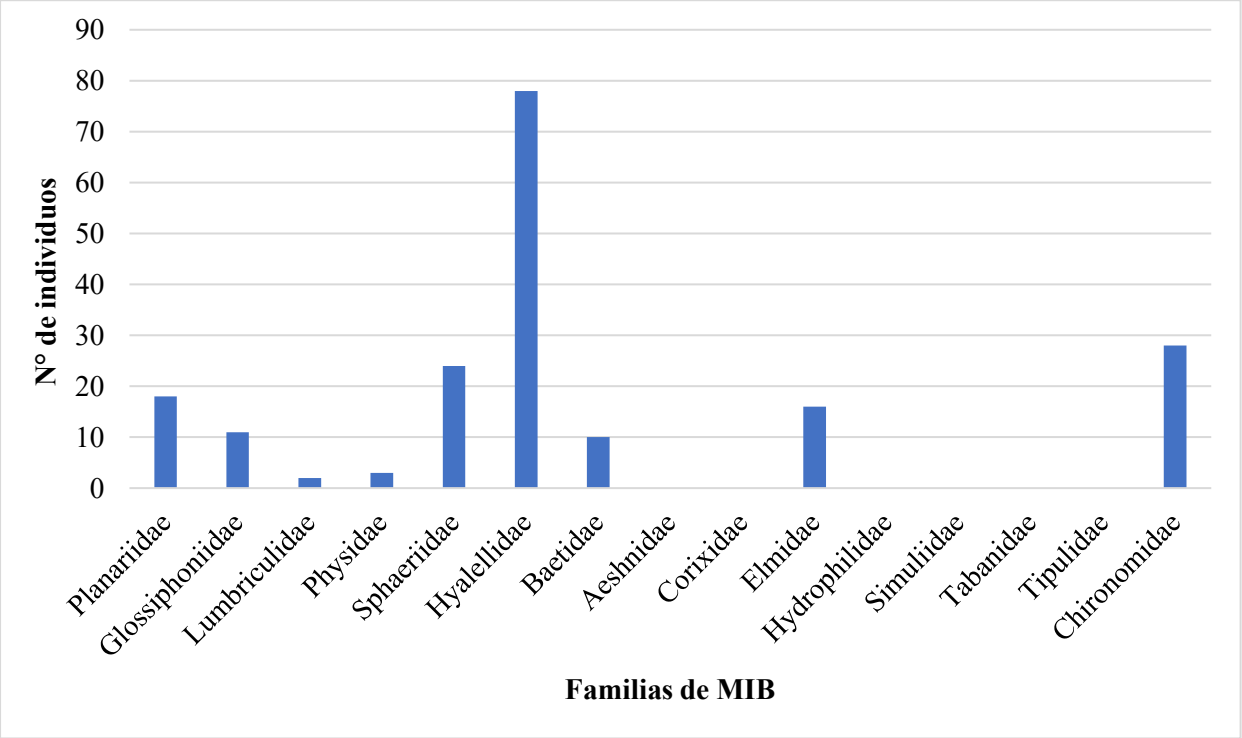


En el tramo T2, la figura 18 muestra que Hyalellidae continuó siendo la familia predominante, seguida por Chironomidae, Sphaeriidae y Planariidae; igualmente, se registró la presencia de las familias Elmidae, Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Physidae y Baetidae. En esta época se evidenció una disminución en el número de familias registradas con respecto a la época de lluvias; sin embargo, se mantuvieron representantes tanto tolerantes como moderadamente

sensibles, como Elmidae y Baetidae. Esta composición sugiere que el tramo conservó condiciones ambientales que permitieron la coexistencia de organismos con distintos niveles de tolerancia.

Figura 18

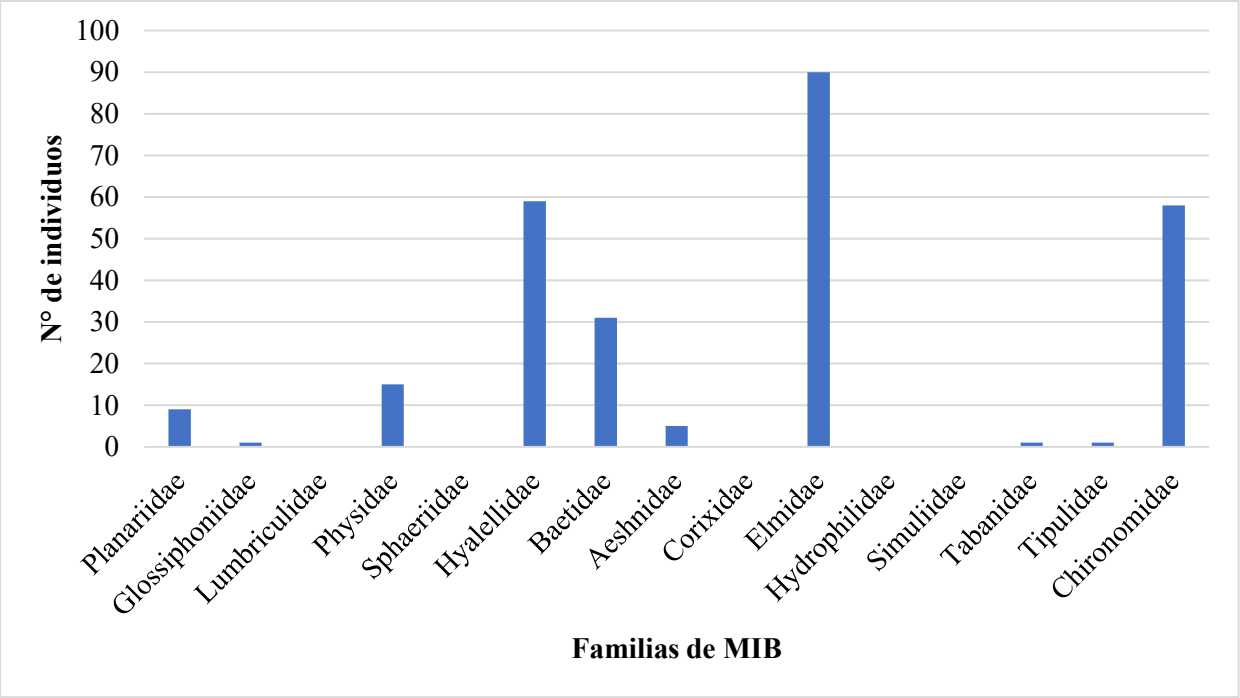
Abundancia de familias de MIB en el tramo T2 – época de secas (mayo y julio)



Según lo presentado en la figura 19, en el tramo T3 la familia Elmidae pasó a constituir el grupo predominante, seguida por Hyalellidae, Chironomidae y Baetidae; de igual manera, se registró la presencia de las familias Physidae, Planariidae, Glossiphoniidae, Aeshnidae, Tabanidae y Tipulidae. En comparación con la época de lluvias, se observaron cambios en la composición y dominancia de las familias; sin embargo, continuó registrándose la presencia simultanea de organismos con diferentes niveles de tolerancia. Estos cambios en la composición de las familias sugieren que la comunidad bentónica respondió a las variaciones propias del periodo de estiaje sin perder gran parte de su composición taxonómica.

Figura 19

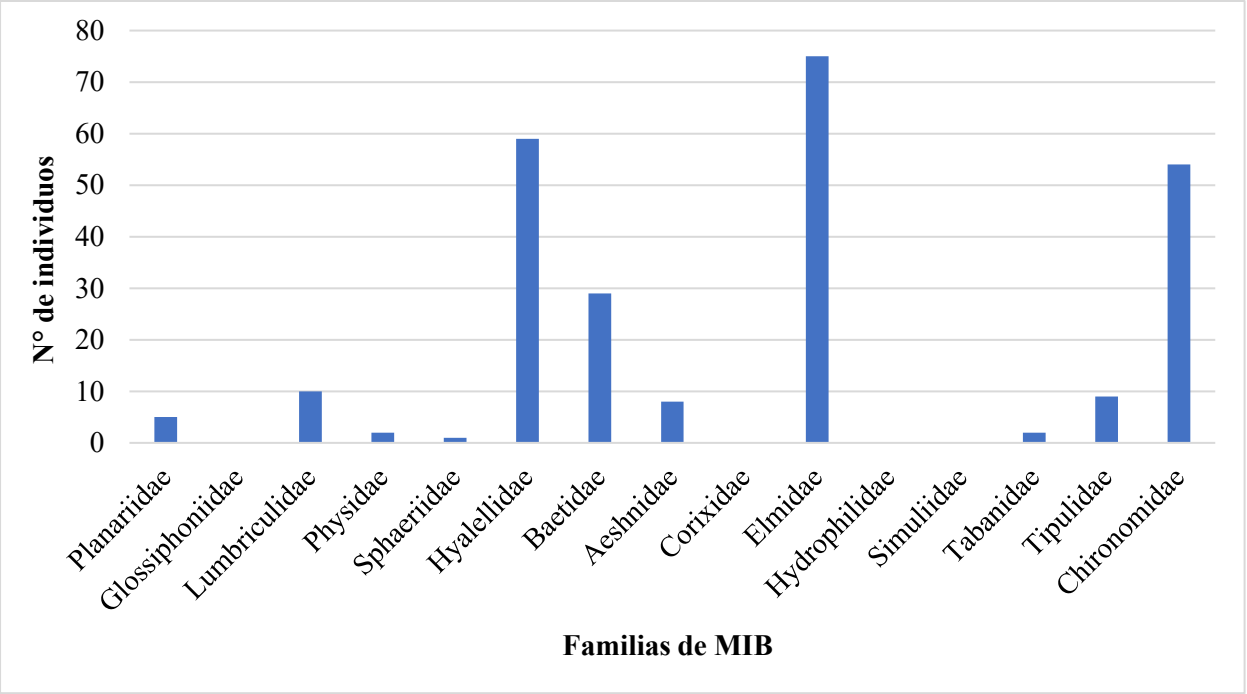
Abundancia de familias de MIB en el tramo T3 – época de secas (mayo y julio)



En la figura 20 se observa que en el tramo T4 se mantiene el predominio de la familia Elmidae, seguida de Hyalellidae, Chironomidae y Baetidae; por otra parte, se registró la presencia de las familias Planariidae, Lumbriculidae, Physidae, Sphaeriidae, Aeshnidae, Tabanidae y Tipulidae. La coexistencia de familias con diferentes niveles de tolerancia sugiere que este tramo continuó presentando condiciones ambientales que favorecieron el establecimiento de una comunidad bentónica diversa, a pesar de las variaciones hidrológicas propias de la época de secas.

Figura 20

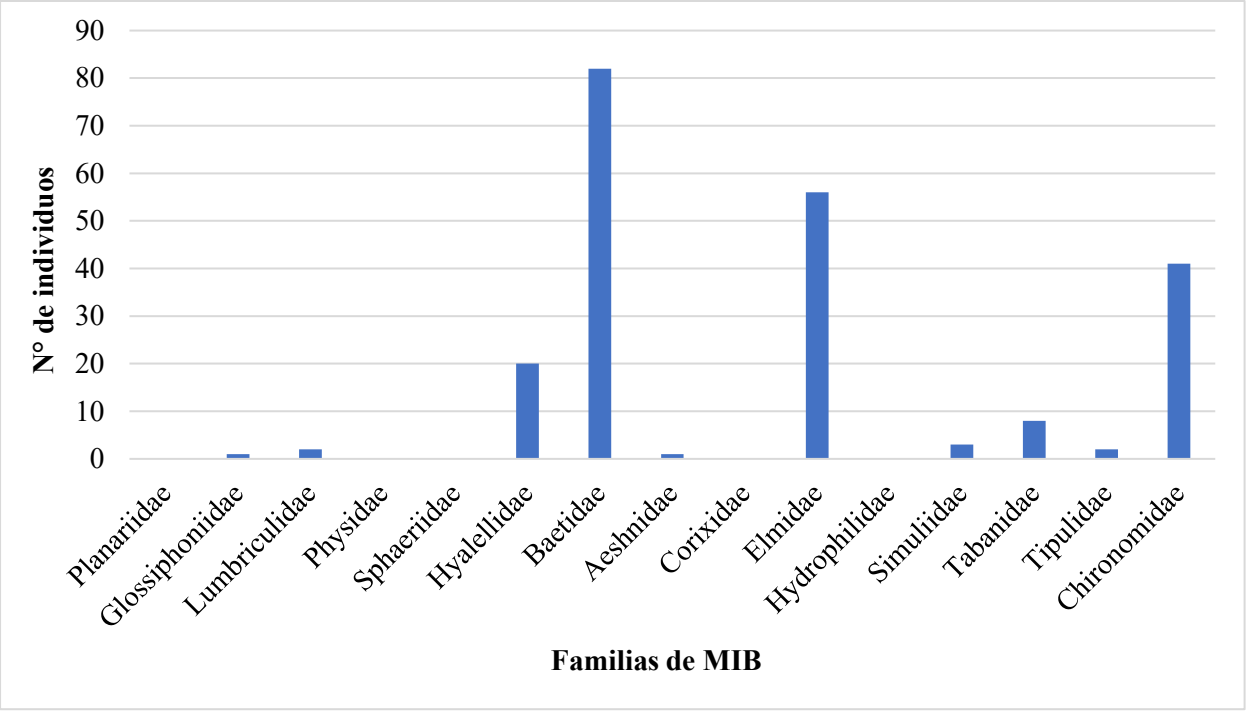
Abundancia de familias de MIB en el tramo T4 - época de secas (mayo y julio)



Por su parte, en la figura 21 se evidencia que en el tramo T5 destacaron Baetidae, Elmidae, Chironomidae e Hyalellidae como las familias más abundantes, acompañadas por Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Aeshnidae, Simuliidae, Tabanidae y Tipulidae. En comparación con la época de lluvias, se observaron cambios en la composición de las familias; sin embargo, continuó registrándose la coexistencia de organismos con diferentes niveles de tolerancia. Estos cambios sugieren una respuesta de la comunidad bentónica a las condiciones hidrológicas propias de la época de secas, sin modificar de manera importante su composición taxonómica.

Figura 21

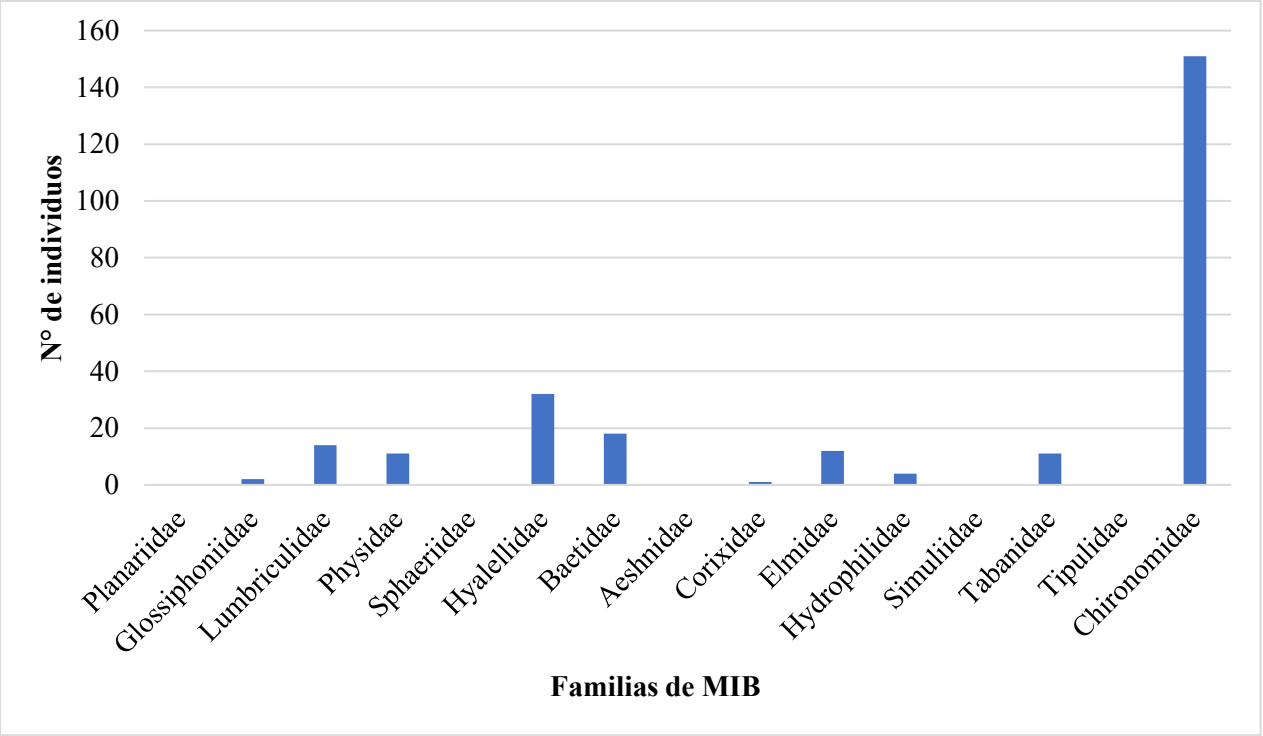
Abundancia de familias de MIB en el tramo T5 – época de secas (mayo y julio)



Finalmente, la figura 22 muestra que en el tramo T6 la familia Chironomidae fue la predominante, seguida por Hyalellidae y Baetidae. Además, se registró la presencia de las familias Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Physidae, Corixidae, Elmidae, Hydrophilidae y Tabanidae. El predominio de Chironomidae, reconocida por su tolerancia a condiciones ambientales alteradas, podría estar relacionado con las condiciones observadas en este tramo, donde se registró actividad de pastoreo de ganado en las riberas del río y, durante la última campaña de muestreo de la época de secas, una descarga puntual de aguas residuales de aparente origen doméstico aguas arriba del sitio de muestreo.

Figura 22

Abundancia de familias de MIB en el tramo T6 – época de secas (mayo y julio)



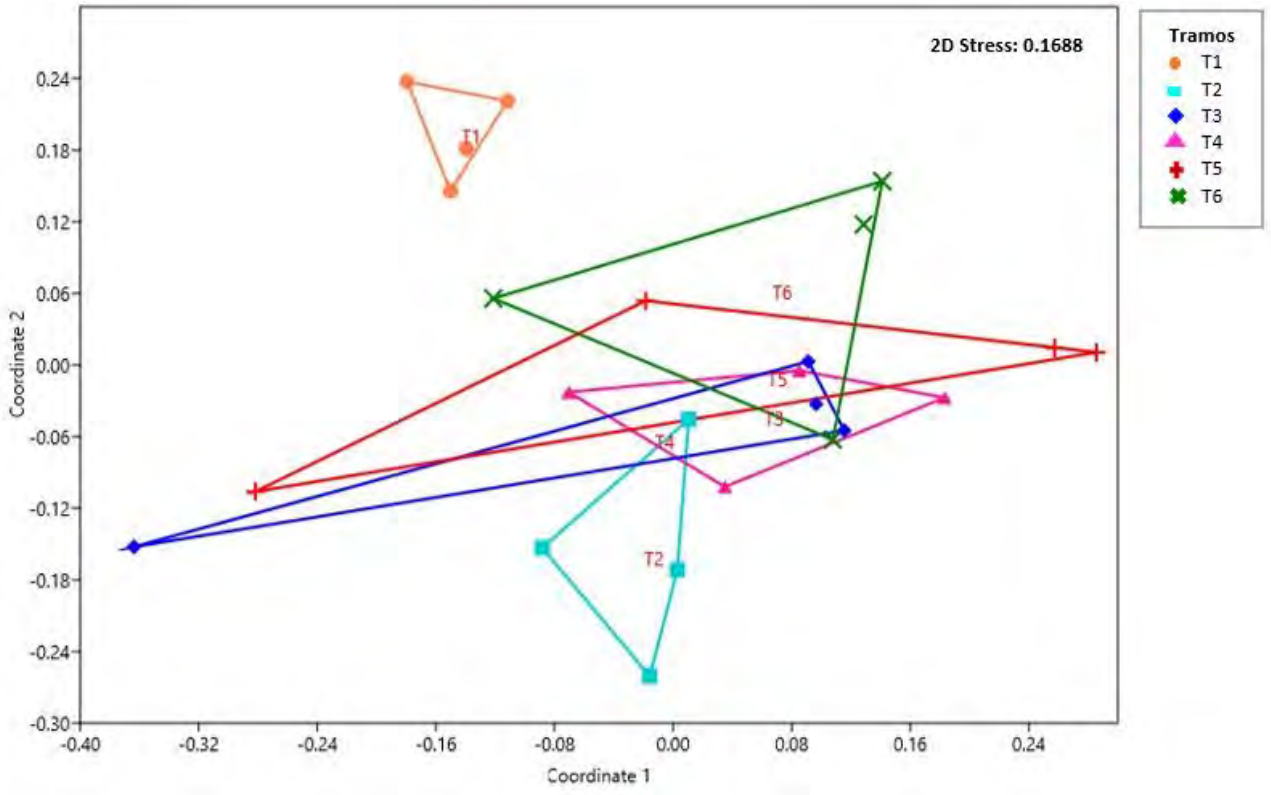
3.1.3. Análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS)

En la figura 23 se observa la distribución espacial de las muestras de macroinvertebrados bentónicos mediante el análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS), evidenciándose un patrón de separación en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre los seis tramos de muestreo. En particular, el tramo T1 se presenta claramente aislado del resto, indicando una menor similitud en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos respecto a los demás tramos. Asimismo, el tramo T2 muestra una separación respecto a los tramos ubicados aguas abajo, lo que sugiere una composición comunitaria diferenciada. En contraste, los tramos T3, T4, T5 y T6 presentan una mayor proximidad y superposición en la ordenación, indicando una mayor similitud en la composición de la comunidad bentónica. En conjunto, la configuración observada evidencia un gradiente

espacial en la composición de los macroinvertebrados bentónicos, con tramos que presentan comunidades diferenciadas y otros con mayor similitud entre sí.

Figura 23

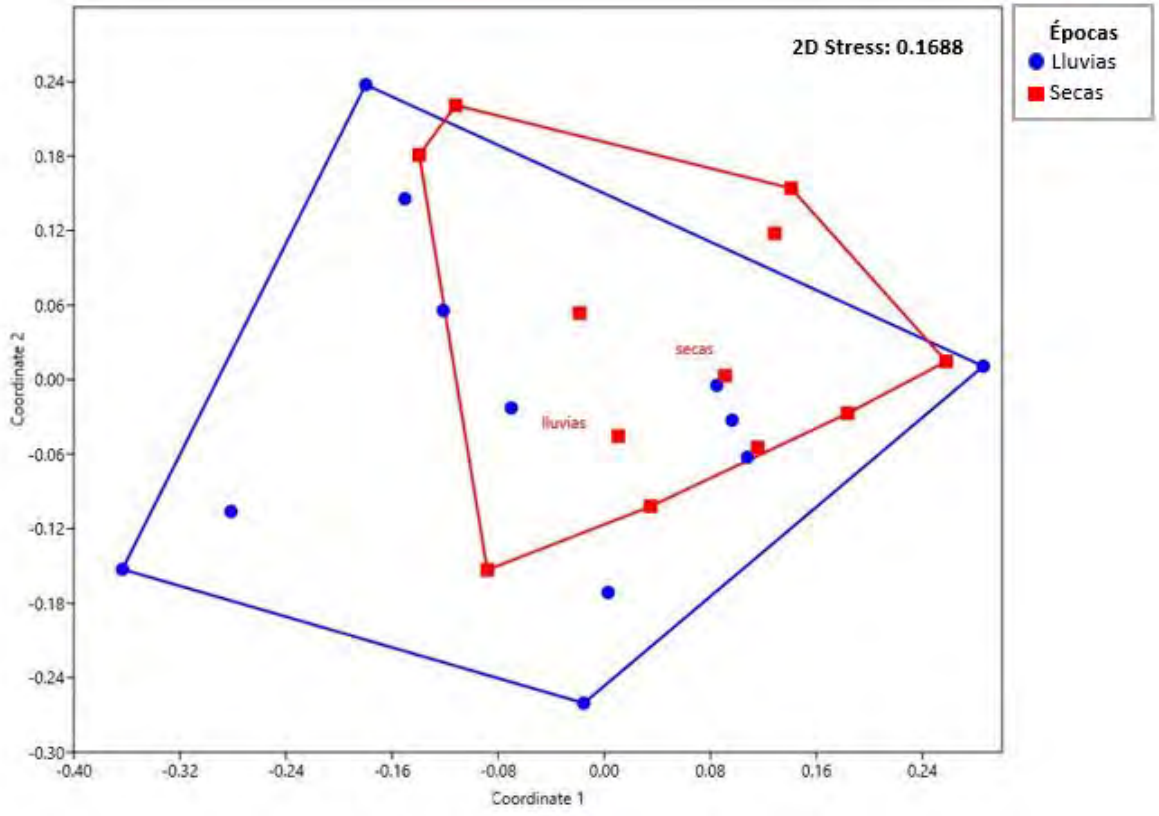
Análisis NMDS a nivel espacial.



En la figura 24 se muestra la variación temporal de los macroinvertebrados bentónicos. Al agrupar las muestras por épocas (lluvias y secas), se evidencia una superposición casi total de los polígonos convexos correspondientes a ambos periodos. Este comportamiento sugiere una alta similitud en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre ambas épocas de muestreo, indicando que las variaciones hidrológicas propias del régimen estacional del río no produjeron cambios marcadas en la estructura de la comunidad durante el periodo evaluado. En conjunto, estos resultados evidencian una composición comunitaria relativamente estable entre la época de lluvias y la época de secas.

Figura 24

Análisis NMDS a nivel temporal.

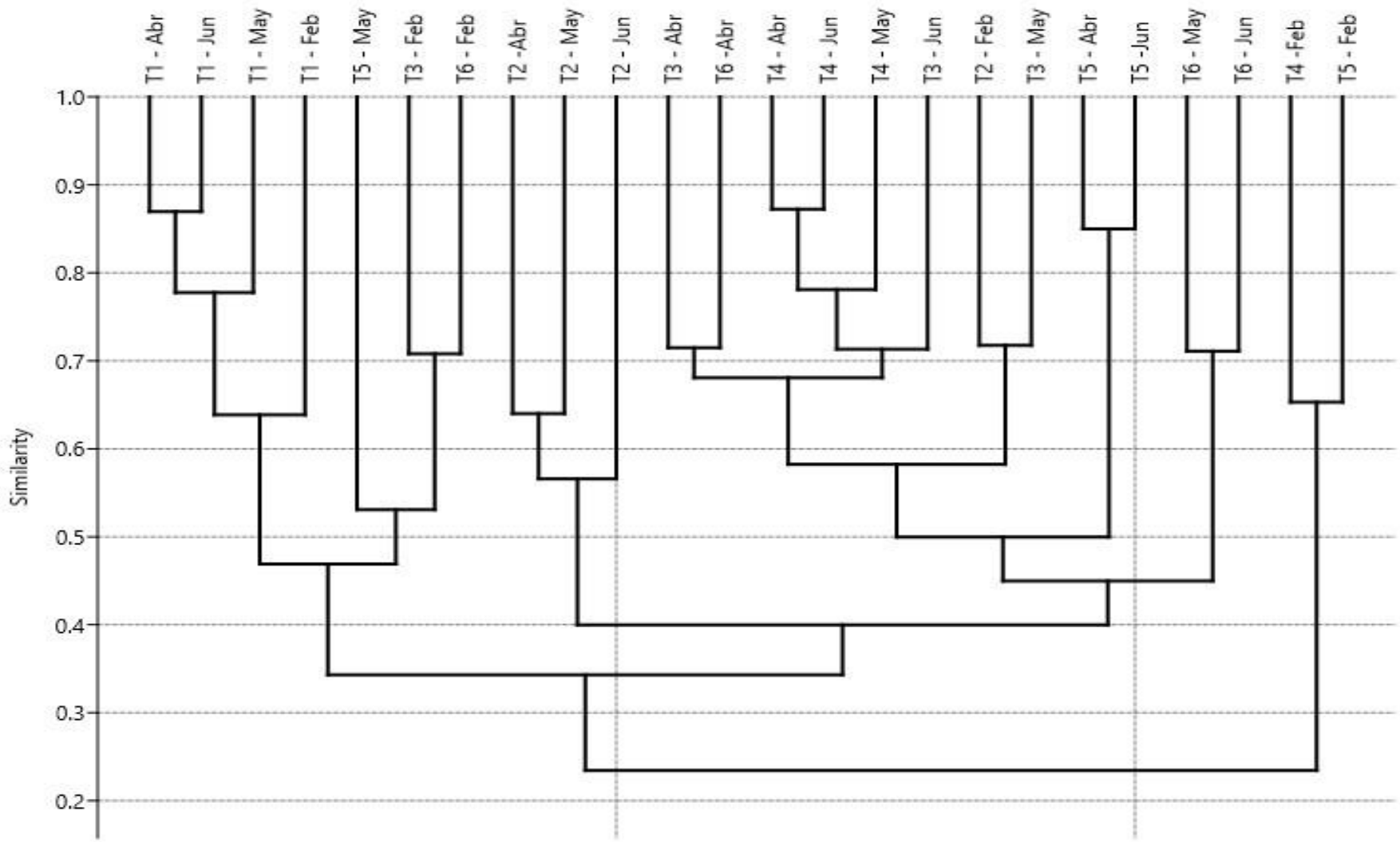


3.1.4. Análisis de agrupamiento (Dendrograma)

En la figura 25 se observa una clara tendencia de las muestras correspondientes al tramo T1 a separarse del resto de los tramos, integrándose a los demás grupos únicamente a niveles de similitud relativamente bajos (aproximadamente 0. 35). En contraste, los tramos T2, T3, T4, T5 y T6 presentan un mayor grado de similitud entre sí, formando agrupamientos a niveles de similitud superiores. Esta diferenciación sugiere que el tramo T1 presenta una composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos distinta respecto a los demás tramos del río, resultado que concuerda con la menor riqueza de familias, la menor abundancia y la predominancia de taxones tolerantes observadas previamente en este sector.

Figura 25

Dendrograma de similitud (Bray-Curtis) entre unidades de muestreo mediante el método UPGMA



3.1.5. Análisis de varianza multivariado (PERMANOVA)

De acuerdo con los resultados del análisis PERMANOVA, a nivel espacial se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tramos de muestreo ($F = 3.372$; $p = 0.0001$). Estos resultados indican que la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos difiere significativamente entre los tramos evaluados, evidenciando una marcada variación espacial en la estructura de la comunidad (tabla 11).

Las comparaciones por pares mostraron que el tramo T1 presentó diferencias significativas con respecto a todos los demás tramos ($p < 0.05$), resultado que coincide con el comportamiento observado en el dendrograma y confirma que la separación visual corresponde a diferencias estadísticamente significativas en la composición de la comunidad. Asimismo, el tramo T2 presentó diferencias significativas con los tramos T5 ($p = 0.0325$) y T6 ($p = 0.0292$), mientras que entre los demás pares de tramos no se registraron diferencias significativas. En particular, los tramos T3 y T4 mostraron una alta similitud ($p = 0.914$), lo que indica una mayor similitud en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre ambos tramos (tabla 12).

En relación con la variación temporal, el análisis no mostró diferencias significativas en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre las épocas de lluvias y secas ($F = 1.189$; $p = 0.3022$), lo que indica que la composición de la comunidad se mantuvo similar entre ambos periodos de muestreo durante el estudio (tabla 11).

Tabla 11

Análisis PERMANOVA de una vía para los factores temporal y espacial.

Factor	Suma de cuadrados	*F*	*p*-value	Permutaciones	Diferencia
Espacial (Tramos)	4.417	3.372	0.0001*	9999	Altamente significativa
Temporal (Épocas)	4.417	1.189	0.3022	9999	No significativa

Nota. El asterisco *(**) indica significancia estadística ($p < 0.05$).

Tabla 12

Comparaciones por pares del factor espacial (tramos T1- T6). Se muestran los p-valores

Tramos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		**0.0284**	**0.0271**	**0.0284**	**0.0296**	**0.0311**
T2	**0.0284**		0.1167	0.0842	**0.0325**	**0.0292**
T3	**0.0271**	0.1167		0.914	0.265	0.2848
T4	**0.0284**	0.0842	0.914		0.6305	0.0577
T5	**0.0296**	**0.0325**	0.265	0.6305		0.0927
T6	**0.0311**	**0.0292**	0.2848	0.0577	0.0927	

Nota. Los valores en negrita indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

3.1.6. Análisis de similitud (SIMPER)

Los resultados del análisis SIMPER, presentados en la tabla 13, evidenciaron una disimilitud promedio de 61.43 % entre los tramos de muestreo, indicando una diferenciación en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a lo largo del río Ccorimarca.

Las familias Chironomidae (18.41 %), Elmidae (18.11 %), Hyalellidae (17.70 %), Baetidae (12.19 %) y Glossiphoniidae (8.43 %) fueron las que presentaron la mayor contribución a la disimilitud observada entre los tramos, explicando en conjunto el 74.84 % de la disimilitud total. La contribución predominante de estas familias evidencia que las diferencias en su abundancia relativa constituyen el principal factor que diferencia la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre los tramos evaluados.

El detalle de las comparaciones por pares obtenidas mediante el análisis SIMPER se presenta en el Anexo 2**.**

Tabla 13

Contribución de las familias de macroinvertebrados bentónicos a la disimilitud de la comunidad entre los tramos de muestreo del río Ccorimarca según el análisis SIMPER

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T2	Mean T3	Mean T4	Mean T5	Mean T6
Chironomidae	11.31	18.41	18.41	14.5	10	24.5	20	20.8	49.5
Elmidae	11.12	18.11	36.51	0	8.5	32.5	31	28.3	11.5
Hyalellidae	10.87	17.7	54.21	8.75	45.5	23.8	23.8	6.5	24.8
Baetidae	7.491	12.19	66.4	0	2.5	9	10	36	6.25
Glossiphoniidae	5.182	8.434	74.84	20.5	3	0.75	0.5	0.5	1.25
Physidae	3.415	5.558	80.4	0	6.75	10.3	1.5	0	7.5
Lumbriculidae	3.107	5.057	85.45	3.5	2.25	4.75	4	0.75	10.8
Sphaeriidae	2.668	4.343	89.8	0	15.5	0.5	0.25	0.25	0.25
Planariidae	1.649	2.685	92.48	0	6.25	2.75	1.5	0.75	0
Aeshnidae	1.623	2.641	95.12	0	1.75	5.5	3.5	0.5	0
Gripopterygidae	1.009	1.642	96.76	0	0	1.5	0.75	1.75	0
Tabanidae	0.847	1.379	98.14	0	0	0.25	0.75	2	3
Tipulidae	0.4678	0.7615	98.9	0	0.25	0.25	2.25	0.5	0
Stratiomyidae	0.1994	0.3245	99.23	0	0.75	0	0.25	0	0
Hydrophilidae	0.1835	0.2987	99.53	0	0	0	0	0	1
Simuliidae	0.1003	0.1633	99.69	0	0	0	0	0.75	0
Syrphidae	0.07062	0.1149	99.81	0	0	0	0	0	0.25
Corixidae	0.04588	0.07468	99.88	0	0	0	0	0	0.25
Hydropsychidae	0.03885	0.06325	99.94	0	0	0	0.25	0	0
Dytiscidae	0.03474	0.05655	100	0	0	0	0	0.25	0

Nota. Elaboración propia.

3.2. Parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca

A partir de los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos en los seis tramos de muestreo, se realizó su evaluación considerando tanto la época de lluvias (febrero y abril de 2025) como la época de secas (mayo y julio de 2025).

En la tabla 16 se observa que durante la primera época de estudio correspondiente a la época de lluvias (febrero y abril), la temperatura del agua (°C) osciló entre 14°C (T4) y 15.5 °C (T6). La turbiedad (NTU) varió entre 4 NTU (T1) y 7.5 NTU (T4). El potencial de hidrogeno (pH) varió entre 7.9 (T1) y 8.4 (T5). La dureza total (mg/L) presentó valores que variaron entre 283

mg/L (T1) y 580 mg/L (T6). El oxígeno disuelto (mg/L) varió entre 5.6 mg/L (T1) y 6.7 mg/L (T5). La concentración de nitratos (mg/L) varió entre 3.2 mg/L (T5) y 12.6 mg/L (T1). Finalmente, la concentración de fosfatos (mg/L) varió entre 0.033 mg/L (T6) y 0.306 mg/L (T1).

En términos generales, la temperatura y el pH presentaron escasa variación entre los tramos de muestreo, lo que evidencia condiciones físicas y químicas relativamente estables durante la época de lluvias. Los valores de oxígeno disuelto fueron relativamente homogéneos, lo que sugiere condiciones favorables para el mantenimiento de los procesos biológicos del ecosistema acuático. Por su parte, la turbiedad presentó una variación moderada entre los tramos, posiblemente asociada al arrastre de sedimentos por efecto de las precipitaciones y a las características propias del cauce, sin observarse una diferenciación espacial claramente definido.

En contraste, los nutrientes mostraron un patrón espacial más marcado. Las mayores concentraciones de nitratos y fosfatos se registraron en el tramo T1, mientras que sus valores disminuyeron progresivamente en los tramos ubicados aguas abajo. Este comportamiento podría estar relacionado con las actividades agrícolas y pecuarias observadas en este sector, así como con la acumulación de materia orgánica identificada durante el trabajo de campo.

Por otro lado, la dureza total presentó un incremento progresivo desde la parte alta hacia la parte baja del río, comportamiento que podría estar asociado a las características geológicas de la microcuenca y al aporte gradual de minerales disueltos a lo largo del recorrido.

Tabla 14

Parámetros físicos y químicos del agua por tramo de muestreo del río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).

		TRAMOS DE MUESTREO					
PARÁMETROS	**UNIDAD**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Temperatura	°C	14.3	15.3	14.9	14	15.4	15.5
Turbiedad	NTU	4.0	5.9	4.3	7.5	4.6	6
pH		7.9	8.1	8.3	8.3	8.4	8.2
Dureza Total CaCO3	mg/L	283	320	368	445	485	580
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.6	6.4	6.6	6.3	6.7	6.2
Nitratos NO3-	mg/L	12.6	5.2	3.7	3.4	3.2	6.6
Fosfatos HPO4=	mg/L	0.306	0.124	0.080	0.051	0.051	0.033

De acuerdo con la tabla 17 correspondiente a la segunda época de estudio (época de secas: mayo y julio), los valores de temperatura del agua (°C) fluctuaron entre 11.1°C (T4) y 13.8 °C (T1). La turbiedad (NTU) varió entre 3 NTU (T4 -T5) y 9.6 NTU (T6). El potencial de hidrogeno (pH) varió entre 7.5 (T1) y 8.3 (T3, T4 y T5). La dureza total (mg/L) varió entre 265 mg/L (T1) y 675 mg/L (T6). El oxígeno disuelto (mg/L) presentó valores que variaron entre 4.4 mg/L (T1) y 7.7 mg/L (T5). La concentración de nitratos mg/L varió entre 2.3 mg/L (T3) y 5.4 mg/L (T1). Finalmente, la concentración de fosfatos (mg/L) varió entre 0.064 mg/L (T5) y 0.379 mg/L (T1).

En comparación con la época de lluvias, durante la época de secas se observaron cambios en la dinámica física y química del río asociados a la reducción estacional del caudal. Esta condición podría contribuir a explicar los menores valores de oxígeno disuelto registrados en algunos tramos, particularmente en T1, mientras que la temperatura presentó valores inferiores a los observados durante la época de lluvias, comportamiento característico de la estacionalidad en ríos altoandinos.

La turbiedad presentó valores bajos en la mayoría de los tramos, aunque T6 registró el valor más alto durante este periodo, lo que podría estar asociado a condiciones locales del cauce y a la influencia de las actividades observadas en este sector. Por su parte, el pH se mantuvo dentro de un rango ligeramente alcalino en todos los tramos, evidenciando una relativa estabilidad química del sistema.

Asimismo, las concentraciones de nitratos y fosfatos disminuyeron respecto a la época de lluvias en la mayoría de los tramos; sin embargo, T1 continuó presentando los valores más elevados, conservando la misma tendencia espacial registrada durante el periodo lluvioso. Finalmente, la dureza total mostró un incremento progresivo desde la parte alta hacia la parte baja del río, comportamiento similar al registrado en la época de lluvias, que podría estar relacionado con las características geológicas de la microcuenca y el aporte gradual de minerales disueltos a lo largo del recorrido del río.

Tabla 15

Parámetros físicos y químicos del agua por tramo de muestreo del río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025).

		TRAMOS DE MUESTREO					
PARÁMETROS	**UNIDAD**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Temperatura	°C	13.8	13.5	12.0	11.1	12.1	11.9
Turbiedad	NTU	4.2	5.5	2.4	3	3	9.6
pH		7.5	8.1	8.3	8.3	8.3	8
Dureza Total CaCO3	mg/L	265	270	350	503	590	675
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.4	6.3	7.2	7.4	7.7	7.2
Nitratos NO3-	mg/L	5.4	3.0	2.3	2.6	2.4	3.1
Fosfatos HPO4=	mg/L	0.379	0.198	0.118	0.071	0.064	0.124

El río Ccorimarca fue evaluado tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua correspondientes a la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de

animales), debido a que sus aguas son utilizadas para el riego de cultivos y la bebida de animales domésticos presentes en el área de estudio (tabla 18).

Al comparar los valores promedio de los parámetros físicos y químicos (pH, oxígeno disuelto y nitratos) con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al riego de vegetales y bebida de animales (Categoría 3), establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM, se evidencia que tanto en la época de lluvias como en la época de secas los valores registrados se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa. Estos resultados indican que, para los parámetros evaluados con valores de referencia en la normativa, el agua del río presenta condiciones compatibles con los usos establecidos para esta categoría.

Cabe señalar que para los parámetros turbiedad, dureza total y fosfatos el ECA para agua Categoría 3 no establece valores de referencia específicos; por ello, estos parámetros no fueron objeto de comparación con la normativa.

Tabla 16

Clasificación de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECAs) en la categoría 03

ECAs para agua - categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales)				
Parámetros	**Unidad**	**Valor ECA - 3**		**Promedio de valores físicos y químicos**
		D1: Riego de vegetales	**D2: Bebida de animales**	
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	13.6
Turbiedad	NTU	**	**	5.0
pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	8.1
Dureza total	mg/L	**	**	428
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5	6.5
Nitratos	mg/L	100	100	4.4
Fosfatos	mg/L	**	**	0.133

Nota. Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; (**) el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

3.3. Calidad de agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) espacial y temporalmente del río Ccorimarca

En la tabla 14 se presentan los valores del Índice Biótico Andino (ABI) correspondientes a la época de lluvias (febrero y abril). Los resultados evidenciaron que la calidad del agua en los tramos de muestreo varió desde la categoría mala hasta buena, reflejando diferencias en las condiciones ecológicas a lo largo del río Ccorimarca.

En particular, el tramo T1 fue clasificado con una calidad de agua mala. Este resultado es consistente con los patrones biológicos observados previamente en este tramo, donde se registró la menor riqueza de familias y predominó la presencia de taxones tolerantes, evidenciando condiciones ecológicas menos favorables para el establecimiento de una comunidad bentónica más diversa.

Por otro lado, los tramos T2 y T6 presentaron una calidad de agua moderada, lo que refleja condiciones ecológicas intermedias del sistema, caracterizadas por la coexistencia de familias con diferentes niveles de tolerancia. En el tramo T2, esta condición podría estar relacionada con el incremento progresivo del caudal debido al aporte de filtraciones, manantiales y pequeños tributarios observados durante el trabajo de campo, mientras que en el tramo T6, pese al aporte acumulado del sistema y a la incorporación de la quebrada Sayacachi aguas arriba, la calidad biológica se mantuvo moderada, lo que sugiere que las presiones antrópicas presentes en este sector contrarrestan parcialmente el efecto favorable del incremento del caudal.

En contraste, los tramos T3, T4 y T5 presentaron una calidad de agua buena, lo que evidencia condiciones ecológicas más favorables para el establecimiento de una comunidad bentónica conformada por familias con valores de tolerancia intermedios y altos, entre ellas Gripopterygidae, las cuales contribuyeron a obtener mayores valores del índice ABI. Este

comportamiento podría estar relacionado con el incremento progresivo del caudal observado desde el tramo T2 y, en el caso del tramo T4, con el aporte de la quebrada Huaynanca, factores que contribuirían a mantener condiciones favorables para el desarrollo de la comunidad bentónica.

Tabla 17

Índice Biótico Andino (ABI) - época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).

		Tramos de muestreo					
Familia	**Puntuación**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Planariidae	5		x	x	x	x	
Glossiphoniidae	3	x	x	x	x	x	x
Lumbriculidae	1	x	x	x	x	x	x
Physidae	3		x	x	x		x
Sphaeriidae	3		x	x		x	x
Hyalellidae	6	x	x	x	x	x	x
Baetidae	4			x	x	x	x
Aeshnidae	6		x	x	x	x	
Gripopterygidae	10			x	x	x	
Hydropsychidae	5				x		
Elmidae	5		x	x	x	x	x
Dytiscidae	3					x	
Tabanidae	4				x		x
Tipulidae	5		x				
Stratiomyidae	4		x		x		
Chironomidae	2	x	x	x	x	x	x
Syrphidae	1						x
Puntuación Total		12	43	48	58	48	32
ABI		Malo	Moderado	Bueno	Bueno	Bueno	Moderado

En la tabla 15 se presentan los valores del Índice Biótico Andino (ABI) correspondientes a la época de secas (mayo y julio). Los resultados evidenciaron que la calidad del agua varió entre las categorías de mala y moderada, sin registrarse tramos con calidad buena durante este periodo.

El tramo T1 mantuvo una calidad de agua mala, mientras que los tramos T2, T3, T4, T5 y T6 fueron clasificados con una calidad de agua moderada. En comparación con la época de lluvias,

los tramos T3, T4 y T5 disminuyeron de la categoría buena a moderada, mientras que T1, T2 y T6 conservaron la misma clasificación.

Este comportamiento sugiere una respuesta de la comunidad bentónica a las condiciones propias de la época seca, caracterizada por una reducción del puntaje del índice ABI en los tramos que anteriormente presentaban mejores condiciones biológicas. La ausencia de tramos con calidad buena durante este periodo indica condiciones menos favorables para el establecimiento de familias con valores de tolerancia intermedios y altos consideradas por el índice ABI.

Tabla 18

Índice Biótico Andino (ABI) – época de secas (mayo 2025 y julio 2025).

		Tramos de muestreo					
Familia	**Puntuación**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Planariidae	5		x	x	x		
Glossiphoniidae	3	x	x	x		x	x
Lumbriculidae	1	x	x		x	x	x
Physidae	3		x	x	x		x
Sphaeriidae	3		x		x		
Hyalellidae	6	x	x	x	x	x	x
Baetidae	4		x	x	x	x	x
Aeshnidae	6			x	x	x	
Corixidae	5						x
Elmidae	5		x	x	x	x	x
Hydrophilidae	3						x
Simuliidae	5					x	
Tabanidae	4			x	x	x	x
Tipulidae	5			x	x	x	
Chironomidae	2	x	x	x	x	x	x
Puntuación Total		12	32	43	44	41	36
ABI		Malo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

3.4. Relación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca

3.4.1. Relación de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del agua (Correlación de Spearman)

Época de lluvias

En la tabla 19, se presentan los resultados de la correlación no paramétrica de Spearman, para la época de lluvias, donde se observó una relación negativa y significativa entre la riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos y la concentración de nitratos (mg/L) (**R = -0,820; p= 0,046**). Este resultado evidencia que mayores concentraciones de nitratos estuvieron asociadas con una menor riqueza de familias, lo que sugiere que los sectores con mayor concentración de este nutriente tienden a presentar comunidades bentónicas menos diversas, lo cual podría estar relacionado con la sensibilidad de algunas familias de macroinvertebrados frente a variaciones en la concentración de nutrientes.

Tabla 19

Correlación entre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).

Rho de Spearman		Temperatura del agua (°C)	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Riqueza	**Coeficiente de correlación**	-0,334	0,577	0,698	0,213	0,577	-0,820*	-0,277
	Sig. (bilateral)	0,518	0,231	0,123	0,686	0,231	0,046	0,595

Nota. (*) La correlación es significativa en el nivel 0,05.

En la tabla 20 se presenta la correlación entre la abundancia de las familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos durante la época de lluvias. Se observó una correlación positiva y significativa entre la abundancia de Planariidae y el oxígeno disuelto (R = 0.812; p = 0.050), Baetidae con el pH (R = 0.928; p = 0.008) y la dureza total (R = 0.812; p = 0.050), Gripopterygidae con el pH (R = 0.880; p = 0.021) y el oxígeno disuelto (R =

0.820; p = 0.046), así como entre Tabanidae y la turbiedad (R = 0.828; p = 0.042). Estas relaciones sugieren que la abundancia de estas familias tendió a presentar mayores valores en los tramos donde se registraron mayores valores de los respectivos parámetros físicos y químicos, evidenciando respuestas diferenciales de las familias frente a las condiciones ambientales del agua

Asimismo, se registró una correlación negativa y significativa entre Glossiphoniidae y el oxígeno disuelto (R = -0.853; p = 0.031), Gripopterygidae y los nitratos (R = -0.880; p = 0.021), y Elmidae y los nitratos (R = -0.943; p = 0.005), lo que sugiere una menor abundancia de estas familias en los tramos donde se registraron mayores concentraciones de este nutriente.

Tabla 20

Correlación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del río Ccorimarca - época de lluvias.

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Planariidae	Coeficiente de correlación	0.145	0.029	0.319	-0.116	0,812*	-0.580	0.176
	Sig. (bilateral)	0.784	0.957	0.538	0.827	**0.050**	0.228	0.738
Glossiphoniidae	Coeficiente de correlación	-0.235	-0.235	-0.530	-0.147	-0,853*	0.736	0.090
	Sig. (bilateral)	0.653	0.653	0.280	0.781	**0.031**	0.096	0.866
Baetidae	Coeficiente de correlación	0.203	0.464	0,928**	0,812*	0.464	-0.783	-0.794
	Sig. (bilateral)	0.700	0.354	**0.008**	**0.050**	0.354	0.066	0.059
Gripopterygidae	Coeficiente de correlación	-0.030	-0.091	0,880*	0.334	0,820*	-0,880*	-0.277
	Sig. (bilateral)	0.954	0.864	**0.021**	0.518	**0.046**	**0.021**	0.595
Elmidae	Coeficiente de correlación	0.086	0.371	1,000**	0.657	0.714	-0,943**	-0.638
	Sig. (bilateral)	0.872	0.468		0.156	0.111	**0.005**	0.173
Tabanidae	Coeficiente de correlación	0.000	0,828*	0.207	0.621	-0.414	0.000	-0.735
	Sig. (bilateral)	1.000	**0.042**	0.694	0.188	0.414	1.000	0.096

Nota. Se presentan únicamente las familias que mostraron al menos una correlación significativa ($p < 0.05$); (*) la correlación es significativa en el nivel 0.05; (**) la correlación es significativa en el nivel 0.01.

Época de secas

En la tabla 21, correspondiente a la época de secas, la riqueza de familias de macroinvertebrados bentónicos presentó una correlación positiva y significativa con el pH (R = 0.832; p = 0.040) y con el oxígeno disuelto (R = 0.832; p = 0.040). Asimismo, se registró una correlación negativa y significativa con la temperatura del agua (R = -0.941; p = 0.005) y con la concentración de fosfatos (R = -0.820; p = 0.046).

Estos resultados indican que una mayor riqueza de familias estuvo asociada con mayores valores de pH y oxígeno disuelto, mientras que menores valores de riqueza se asociaron con mayores valores de temperatura del agua y concentración de fosfatos. En conjunto, estas asociaciones sugieren que la riqueza de la comunidad bentónica presenta una respuesta diferencial frente a las variaciones de las condiciones físicas y químicas del río, observándose mayores valores de riqueza en los puntos con mayores valores de pH y oxígeno disuelto, y menores valores de temperatura y fosfatos.

Tabla 21

Correlación entre la riqueza de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)

Rho de Spearman		Temperatura del agua (°C)	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Riqueza	**Coeficiente de correlación**	-0,941**	-0,400	0,832*	0,698	0,832*	-0,577	-0,820*
	Sig. (bilateral)	0,005	0,431	0,040	0,123	0,040	0,231	0,046

Nota. (**) La correlación es significativa en el nivel 0,01; (*) La correlación es significativa en el nivel 0,05.

En la tabla 22 se presenta la correlación entre la abundancia de las familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos durante la época de secas. Se observó una correlación positiva y significativa entre la abundancia de Glossiphoniidae y la concentración de nitratos ($R = 0.841$; $p = 0.036$), Baetidae con el pH ($R = 0.943$; $p = 0.005$) y el oxígeno disuelto ($R = 0.829$; $p = 0.042$), Tabanidae con la dureza total ($R = 0.986$; $p < 0.001$) y Tipulidae con el pH ($R = 0.880$; $p = 0.021$). Asimismo, se registró una correlación negativa y significativa entre Glossiphoniidae y el pH ($R = -0.899$; $p = 0.015$), Baetidae y Tipulidae con la concentración de nitratos ($R = -0.886$; $p = 0.019$ y $R = -0.880$; $p = 0.021$, respectivamente), y Tabanidae con la concentración de fosfatos ($R = -0.971$; $p = 0.001$).

Estos resultados muestran que Baetidae y Tipulidae estuvieron asociadas con mayores valores de pH y menores concentraciones de nitratos, mientras que Baetidae también presentó una asociación positiva con el oxígeno disuelto, lo que sugiere una mayor abundancia de estas familias en los tramos donde se registraron mayores valores de pH y oxígeno disuelto y menores concentraciones de nitratos. En contraste, Glossiphoniidae mostró una asociación positiva con la concentración de nitratos y negativa con el pH, lo que sugiere un patrón de asociación diferente frente a las variaciones de estos parámetros. Asimismo, Tabanidae presentó una asociación positiva con la dureza total y negativa con los fosfatos, mostrando una relación diferencial con estas variables físicas y químicas durante la época de secas. En conjunto, estos resultados sugieren que las distintas familias presentaron patrones de asociación diferentes frente a las variaciones de los parámetros físicos y químicos del río.

Tabla 22

Correlación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos del río Ccorimarca – época de secas.

Rho de Spearman		Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Glossiphoniidae	Coeficiente de correlación	0.203	-0.522	-0,899*	-0.551	-0.522	0,841*	0.603
	Sig. (bilateral)	0.700	0.288	**0.015**	0.257	0.288	**0.036**	0.205
Baetidae	Coeficiente de correlación	0.200	0.143	0,943**	0.600	0,829*	-0,886*	-0.551
	Sig. (bilateral)	0.704	0.787	**0.005**	0.208	**0.042**	**0.019**	0.257
Tabanidae	Coeficiente de correlación	0.551	0.522	0.638	0,986**	0.174	-0.377	-0,971**
	Sig. (bilateral)	0.257	0.288	0.173	**0.000**	0.742	0.461	**0.001**
Tipulidae	Coeficiente de correlación	-0.395	0.334	0,880*	0.334	0.516	-0,880*	-0.370
	Sig. (bilateral)	0.439	0.518	**0.021**	0.518	0.295	**0.021**	0.471

Nota. Se presentan únicamente las familias que mostraron al menos una correlación significativa ($p < 0.05$); (*) la correlación es significativa en el nivel 0.05; (**) la correlación es significativa en el nivel 0.01

En la tabla 23 y 24 se observa la relación entre la abundancia total y los parámetros físicos y químicos, donde no se evidencia diferencias significativas entre las variables en ambas épocas de muestreo.

Tabla 23

Correlación entre la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)

Rho de Spearman		Temperatura del agua (°C)	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Abundancia	**Coeficiente de correlación**	,657	,314	-,086	,257	,314	,029	-,232
	Sig. (bilateral)	,156	,544	,872	,623	,544	,957	,658

Tabla 24

Correlación entre la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos evaluados del río Ccorimarca. Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)

Rho de Spearman		Temperatura del agua (°C)	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Abundancia	**Coeficiente de correlación**	-,771	-,348	,464	,600	,464	-,600	-,486
	Sig. (bilateral)	,072	,499	,354	,208	,354	,208	,329

3.4.2. Relación multivariada entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos (Análisis de correspondencia canónica - CCA)

Época de lluvias

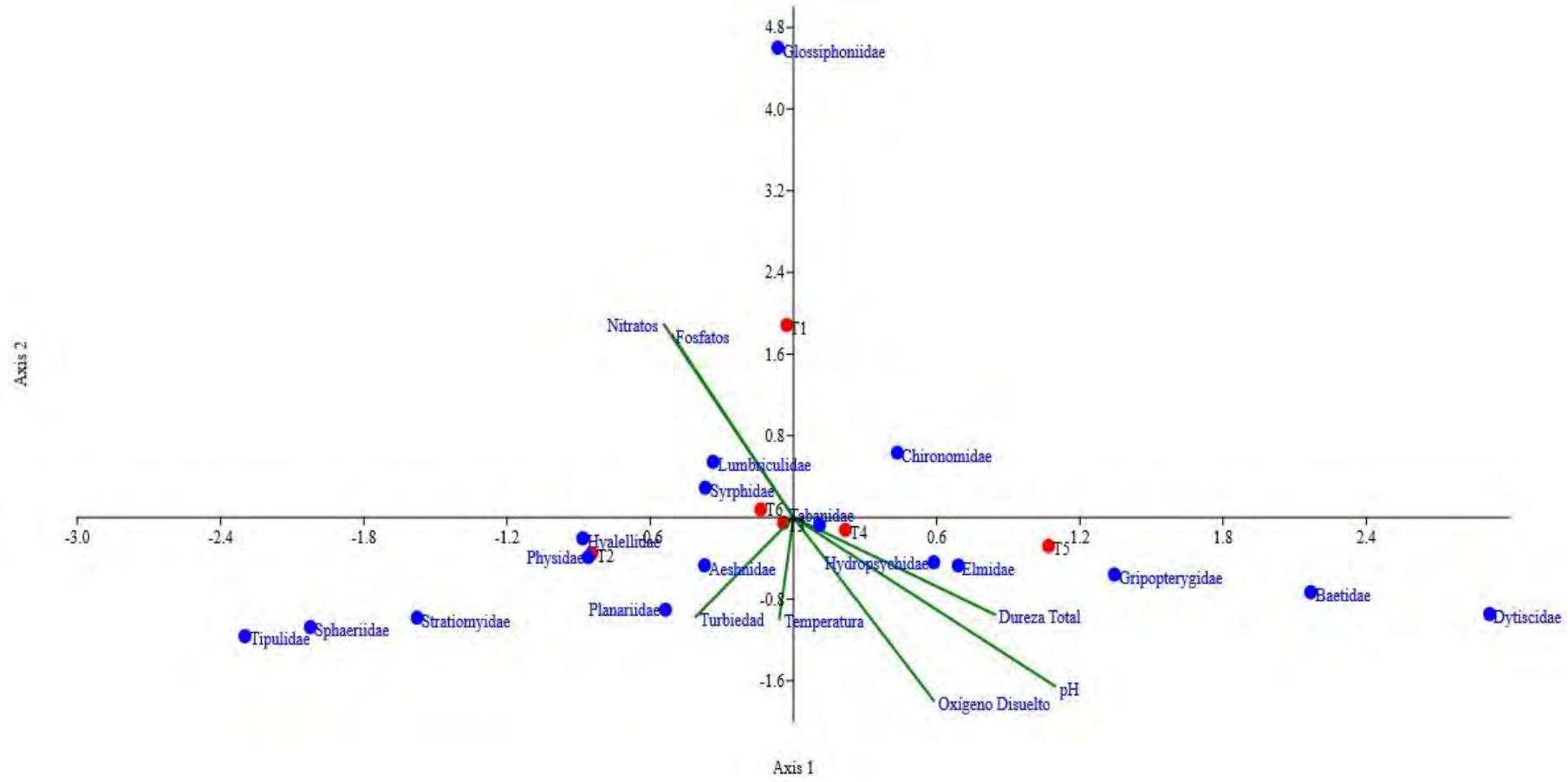
Para la época de lluvias, el análisis de Correspondencia Canónica (CCA) explicó un 76,87 % de la varianza acumulada en los dos primeros ejes (eje 1 = 42,73 %; eje 2 = 34,14 %). Sin embargo, la prueba de permutación de Monte Carlo indicó que el modelo global no fue estadísticamente significativo (p = 0,744), por lo que la asociación multivariada entre los

parámetros físicos y químicos evaluados y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados no estuvo estadísticamente respaldada durante esta época.

A pesar de la ausencia de significancia estadística del modelo global, el diagrama de ordenación permite identificar tendencias exploratorias en la distribución de los tramos y las familias de macroinvertebrados. En la figura 26, el tramo T1 se ubicó próximo a los vectores de nitratos y fosfatos y a la familia Glossiphoniidae, lo que sugiere una posible asociación con el gradiente representado por estos nutrientes. Asimismo, el tramo T6 mostró proximidad con las familias Syrphidae y Lumbriculidae. Por otro lado, los tramos T4 y T5 se ubicaron en dirección de los vectores de oxígeno disuelto y pH, junto con las familias Gripopterygidae y Baetidae. No obstante, debido a que el modelo global no fue estadísticamente significativo ($p = 0,744$), estas relaciones se interpretan únicamente como tendencias exploratorias y no como asociaciones ecológicas concluyentes.

Figura 26

Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos - época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025).



Nota. Circulos de color rojo: Tramos de muestreo (T1 – T6).

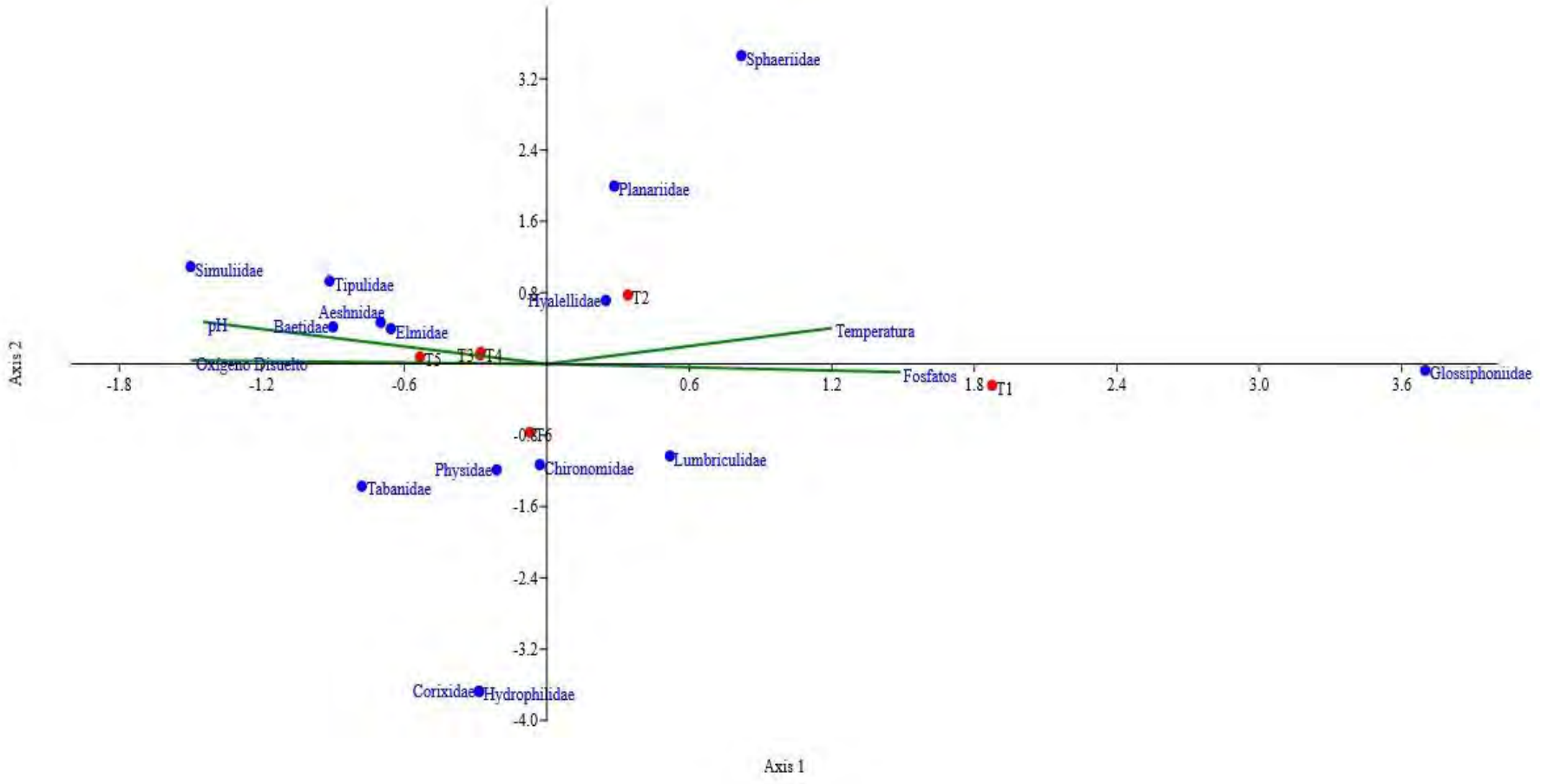
Época de secas

Para la época de secas, el análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se realizó utilizando las variables físicas y químicas que previamente mostraron una relación significativa con la riqueza de macroinvertebrados bentónicos (pH, oxígeno disuelto, temperatura y fosfatos). El modelo resultó estadísticamente significativo según la prueba de permutación de Monte Carlo ($p = 0,03$) y explicó el 87,72 % de la variabilidad total en los dos primeros ejes canónicos (eje 1 = 58,41 %; eje 2 = 29,31 %), lo que indica que la estructura de la comunidad de macroinvertebrados estuvo significativamente asociada con las variaciones de los parámetros físicos y químicos evaluados durante la época de secas.

En la figura 27 se observa que los tramos T3, T4 y T5 se agrupan hacia el sector del diagrama asociado con mayores valores de oxígeno disuelto y pH, donde también se ubican las familias Baetidae, Elmidae, Aeshnidae, Tipulidae y Simuliidae. En contraste, el tramo T1 se posiciona próximo al vector de fosfatos y a la familia Glossiphoniidae, lo que sugiere una posible asociación de este tramo con el gradiente de fosfatos y con la distribución de dicha familia. Por su parte, el tramo T2 se ubica en dirección del gradiente de temperatura y próximo a las familias Hyalellidae, Sphaeriidae y Planariidae, lo que sugiere una asociación entre la distribución de este tramo y dicho gradiente ambiental.

Figura 27

Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre macroinvertebrados bentónicos con los parámetros físicos y químicos - época de secas (mayo2025 y julio 2025).



DISCUSIONES

En el presente trabajo se evaluó la variación espacial y temporal de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Ccorimarca, por lo cual se comparó los resultados encontrados en la investigación con anteriores investigaciones.

Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos espacial y temporalmente

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ccorimarca presentó una variación espacial significativa, expresada en diferencias de riqueza y abundancia entre los tramos evaluados, mientras que temporalmente no se evidenciaron diferencias significativas en la composición de la comunidad entre las épocas de lluvias y época de secas. Este comportamiento indica una mayor diferenciación espacial que temporal durante el periodo de estudio. El resultado coincide con García (2016), quien encontró diferencias en la composición de macroinvertebrados a lo largo del río Chillón; sin embargo, difiere de Leal et al. (2021), quienes no encontraron diferencias significativas entre los tramos del río Palena. Estas diferencias pueden relacionarse con la heterogeneidad de las condiciones ambientales y del hábitat presentes en cada sistema fluvial.

En el río Ccorimarca, T1 presentó la menor riqueza y abundancia durante ambas épocas, con predominio de familias tolerantes como Chironomidae y Glossiphoniidae. Este comportamiento coincide con Rodríguez (2023), quien registró comunidades menos diversas y con predominio de taxones tolerantes en sectores del río Chucchún sometidos a mayor presión antrópica. En contraste, T4 presentó la mayor riqueza, comportamiento que coincide con Carranza (2020) y Suárez (2025), quienes registraron mayores niveles de diversidad en tramos con condiciones ambientales más favorables. Estas coincidencias sugieren que las diferencias en las características del hábitat y en el grado de perturbación pueden estar asociadas con la distribución de la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados.

Respecto a la abundancia, Chironomidae, Hyalellidae, Elmidae y Baetidae fueron las familias más representativas en el río Ccorimarca. Este resultado coincide parcialmente con Torres (2022), quien registró a Baetidae y Elmidae entre las familias más representativas del río Arenal; con Mendoza et al. (2023), quienes reportaron una alta abundancia de Hyalellidae en el río Huila Huila; y con Jiménez et al. (2025), quienes identificaron a Chironomidae y Elmidae entre los grupos dominantes del río Cañipia. Asimismo, el análisis SIMPER identificó a estas familias, junto con Glossiphoniidae, entre las que más contribuyeron a la disimilitud espacial. En conjunto, estos resultados muestran que la variación espacial de la comunidad estuvo asociada principalmente con cambios en la abundancia relativa de determinados grupos.

En cuanto a la variación temporal, la época de secas presentó una mayor abundancia de individuos, aunque la composición general de la comunidad no mostró diferencias significativas respecto a la época de lluvias. Este comportamiento coincide con García (2016), quien también registró mayor abundancia durante la época de secas en el río Chillón. En contraste, Escandón y Cáceres (2022) encontraron mayor abundancia durante la época de lluvias en el río San Francisco. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las características hidrológicas y ambientales particulares de cada sistema fluvial.

Parámetros físicos y químicos del agua

Los parámetros físicos y químicos evaluados presentaron variaciones espaciales y temporales entre los tramos del río Ccorimarca; sin embargo, los valores registrados se mantuvieron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales). Estas variaciones constituyen el contexto ambiental sobre el cual se desarrolló la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y permiten interpretar las relaciones observadas entre las condiciones físicas y químicas del agua y su estructura.

Calidad de agua

La evaluación de la calidad del agua mediante el Índice Biótico Andino (ABI) evidenció variación espacial y temporal en el río Ccorimarca. Durante la época de lluvias, la calidad del agua osciló entre las categorías de mala y buena, mientras que durante la época de secas varió entre mala y moderada. Este comportamiento muestra que la calidad biológica no fue homogénea entre los tramos y presentó cambios entre los periodos evaluados.

El tramo T1 presentó mala calidad durante ambas épocas, asociada al predominio de familias tolerantes como Glossiphoniidae, Lumbriculidae y Chironomidae. Esta composición se relacionó con una menor puntuación del ABI y podría estar vinculada con las características observadas en el tramo, como menor disposición de agua, la presencia de vegetación acuática y las actividades de pastoreo en las riberas. Estos resultados coinciden con Díaz (2022), quien registró categorías de calidad entre pésima y moderada mediante el ABI en tramos donde predominaron macroinvertebrados tolerantes.

Los tramos T2 y T6 presentaron calidad moderada durante ambas épocas, con la coexistencia de familias tolerantes y moderadamente sensibles, entre ellas Chironomidae, Glossiphoniidae, Lumbriculidae, Planariidae, Baetidae, Elmidae y Tipulidae. Esta composición permitió obtener valores intermedios del ABI. El resultado coincide con Mendoza et al. (2023), quienes reportaron calidad moderada en el río Huila Huila y una comunidad caracterizada por la presencia de familias con diferentes niveles de tolerancia. Asimismo, Carranza (2020) registró una calidad moderada mediante el ABI en el río Chotano.

Durante la época lluviosa, los tramos T3, T4 y T5 alcanzaron una categoría de buena calidad, asociada con la presencia de familias de mayor sensibilidad ecológica, como Gripopterygidae, Aeshnidae, Elmidae, Planariidae y Baetidae. Este comportamiento coincide con

Rodríguez (2023), quien registró categorías de calidad entre buena y muy buena en sectores con predominio de familias sensibles, y con Suárez (2025), quien encontró mejores valores del ABI en áreas con menores niveles de perturbación. En el caso de T4, la presencia de la quebrada Huaynanca podría constituir una condición particular del tramo que contribuyó a mantener una mayor riqueza de familias durante este periodo.

Temporalmente, se observó una disminución de la calidad del agua durante la época de secas, principalmente en T3, T4 y T5, que pasaron de buena a moderada. Este cambio coincidió con la ausencia de Gripopterygidae durante la época de secas en estos tramos, reduciendo el aporte de una familia con alta sensibilidad dentro del ABI. La variación observada podría estar relacionada con las condiciones hidrológicas propias del periodo de estiaje y con los cambios en las condiciones del hábitat bentónico. Un comportamiento similar fue reportado por Pérez y Quispe (2022), quienes observaron un deterioro de la calidad del agua durante la época de estiaje en el río Vilcanota.

En conjunto, el ABI permitió identificar un gradiente espacial de calidad biológica en el río Ccorimarca, con T1 como el tramo de menor calidad y T3, T4 y T5 como los tramos que alcanzaron mejores categorías durante la época de lluvias. Asimismo, la disminución de las categorías del ABI durante la época de secas evidencia una variación temporal de la calidad biológica del río.

Relación entre los parámetros físicos y químicos y diversidad de macroinvertebrados bentónicos

Los resultados mostraron asociaciones diferenciadas entre los parámetros físicos y químicos del agua y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ccorimarca. Las relaciones significativas se presentaron principalmente con la riqueza, mientras que a nivel de

abundancia se observaron asociaciones específicas con determinadas familias. Asimismo, estas relaciones variaron entre la época de lluvias y secas, evidenciando que la asociación entre las variables ambientales y la comunidad bentónica no fue uniforme durante el periodo de estudio.

En la época de lluvias, la riqueza presentó una relación negativa y significativa con la concentración de nitratos, indicando que los mayores valores de nitratos se asociaron con una menor riqueza de familias. Este comportamiento podría estar relacionado con el ingreso de nutrientes al cauce mediante la escorrentía superficial durante el periodo de lluvias, considerando la presencia de actividades agrícolas y ganaderas en la microcuenca. El resultado coincide con Carranza (2020), quien reportó una relación negativa entre el número de familias y la concentración de nitratos en el río Chotano.

Durante la época de secas, la riqueza presentó relaciones significativas con cuatro parámetros. Se observó una relación positiva con el pH y el oxígeno disuelto, mientras que la temperatura presentó una relación negativa y los fosfatos también mostraron una relación negativa. Estas asociaciones indican que, durante este periodo, mayores valores de pH y oxígeno disuelto estuvieron asociados con una mayor riqueza, mientras que mayores valores de temperatura y fosfatos se asociaron con una menor riqueza. El resultado relacionado con el pH coincide con García (2016), quien encontró una relación positiva y significativa entre la riqueza y este parámetro durante la época de secas en el río Chillón. Las diferencias observadas respecto al oxígeno disuelto y la temperatura pueden estar relacionadas con las características ambientales particulares de cada sistema fluvial.

A nivel de familias, se observaron respuestas diferenciadas frente a los parámetros evaluados. Baetidae, Gripopterygidae, Planariidae y Tipulidae presentaron asociaciones con mayores concentraciones de oxígeno disuelto y valores favorables de pH, mientras que

Glossiphoniidae mostró asociación con mayores concentraciones de nitratos y menores valores de pH y oxígeno disuelto. Asimismo, Elmidae, Gripopterygidae, Baetidae y Tipulidae presentaron asociaciones negativas con los nitratos. Estas relaciones son consistentes con las diferencias en tolerancia y requerimientos ecológicos que caracterizan a las familias registradas. Por otro lado, Tabanidae presentó asociación con mayores valores de turbidez y dureza total, así como una relación negativa con los fosfatos, mostrando que las condiciones físicas y químicas del agua se relacionaron de manera diferenciada con la distribución y abundancia de los distintos grupos.

En conjunto, estos resultados muestran que las relaciones entre los parámetros físicos y químicos y los macroinvertebrados no fueron uniformes entre las familias. Sin embargo, las asociaciones observadas a nivel de variables individuales no permiten explicar por sí solas la organización de toda la comunidad, por lo que se realizó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), considerando conjuntamente los parámetros ambientales evaluados.

Durante la época de lluvias, el CCA no fue significativo, por lo que el conjunto de variables físicas y químicas consideradas no presentó una asociación significativa con la distribución de las familias durante este periodo. En contraste, durante la época de secas, el modelo fue significativo. En este periodo, variables como el pH, oxígeno disuelto, temperatura y fosfatos presentaron una mayor asociación con la distribución de las familias. Este resultado guarda similitud con Rodríguez (2023), quien mediante un análisis de Correspondencia Canónica encontró asociaciones entre variables físicas y químicas y familias de macroinvertebrados en el río Chucchún. Aunque las familias asociadas no fueron exactamente las mismas, ambos estudios muestran que el conjunto de condiciones ambientales puede estar relacionado con la organización de las comunidades bentónicas.

CONCLUSIONES

1. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ccorimarca estuvo conformada por un total de 20 familias y 2330 individuos durante los periodos evaluados. La riqueza y abundancia presentaron variación espacial entre los tramos, mientras que temporalmente se observó una mayor abundancia durante la época de secas, sin diferencias significativas en la composición general de la comunidad entre las épocas de lluvias y de secas.
2. Los parámetros físicos y químicos del agua del río Ccorimarca presentaron variación espacial y temporal durante el periodo de estudio, encontrándose que los valores de pH, oxígeno disuelto y nitratos se mantuvieron dentro de los ECA para Agua, Categoría 3, tanto en la época de lluvias como en la época de secas.
3. La calidad del agua del río Ccorimarca, evaluada mediante el Índice Biótico Andino (ABI), presentó variación espacial y temporal durante el periodo de estudio, con una calidad que osciló entre mala y buena en la época de lluvias y entre mala y moderada en la época de secas.
4. La riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos presentaron relaciones diferenciadas con los parámetros físicos y químicos del agua en los periodos evaluados. Las relaciones significativas se presentaron principalmente en la riqueza, mientras que la abundancia total no mostró relaciones significativas con los parámetros evaluados. Por tanto, la relación entre las variables biológicas y las condiciones físicas y químicas del agua no fue uniforme durante el periodo de estudio.
5. Los macroinvertebrados bentónicos constituyen bioindicadores eficaces para evaluar la calidad biológica del agua del río Ccorimarca, evidenciándose una mayor variación espacial que temporal durante el periodo de estudio.

RECOMENDACIONES

1. Realizar futuras investigaciones que amplíen el número de tramos de muestreo y el periodo de evaluación, con el objetivo de obtener una caracterización más completa de la dinámica ecológica del río Ccorimarca.
2. Implementar un programa de monitoreo periódico de calidad de agua en el río Ccorimarca, incorporando uso de macroinvertebrados bentónicos y el índice Biótico Andino (ABI) con el fin de evaluar de manera continua los cambios espaciales y temporales en la calidad ecológica del río. Asimismo, prestar especial atención a los sectores que presentaron condiciones menos favorables, particularmente T1.
3. A las autoridades e instituciones competentes, fortalecer las acciones de gestión y control de las aguas residuales generadas en el ámbito de la cuenca, priorizando su captación, tratamiento y disposición adecuada mediante tecnologías apropiadas a las condiciones locales, a fin de evitar o reducir su descarga directa al río Ccorimarca y prevenir el deterioro de su calidad.
4. Promover programas de educación ambiental dirigidos a la población local del distrito de Chinchero, enfocadas en la conservación de los recursos hídricos y en la reducción de actividades que puedan afectar la calidad de agua del río Ccorimarca.

BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA). Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, *28*(1), 35-64. https://doi.org/10.23818/limn.28.04

Carranza, E. (2020). *Variabilidad espacial de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos acuáticos en un gradiente longitudinal del río Chotano - 2019* [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. https://hdl.handle.net/20.500.14142/145

Cornejo, A., Guerra, A., Nieto, C., Pérez, E., Sedeño, J. E., Vergara, E., López, E., García, G., Aranda, M., Ríos, N., & Ríos, T. (2023). *Guía de identificación de familias de invertebrados acuáticos indicadores de la calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá*.

Covich, A. P., Palmer, M. A., & Crowl, T. A. (1999). The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystems. *BioScience*, *49*(2), 119. https://doi.org/10.2307/1313537

Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM. (2017, 7 de junio). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Ministerio del Ambiente. Diario Oficial El Peruano.

Díaz, R. (2022). *Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana provincia de Chota –Cajamarca – 2019* [Universidad Nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/5862

Domínguez, E., & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología* (1era. Edición).

Escandón, C., & Cáceres, M. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo* [Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21649

Flores, D. (2014). *Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca* (L. Lucio & D. Flores, Eds.; Primera edición). Asociación Catalana D Eginyeria Sense Fronters.

Forero, J. (2017). *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. http://hdl.handle.net/10554/34419

Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, *48*(2). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=en&tlng=es.

García, R. (2016). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://hdl.handle.net/20.500.12672/5188

Gesta Agua. (2010). *Informe técnico del Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua – GESTA AGUA*.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Jimenez-Broncano, K., Mendoza-Valente, R., Minaya, D., Leiva, D., & Iannacone, J. (2025). Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators for Assessing Water Quality in the Cañipia

River, Cusco, Peru. *Innovaciencia Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *13*(1). https://doi.org/10.15649/2346075X.4843

Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*, 24-29.

Leal-Bastidas, C., Vargas-Chacoff, L., Sandoval, N., & Fierro, P. (2021). Variabilidad temporal y espacial de los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en el río Palena, Patagonia Chilena. *Gayana (Concepción)*, *85*(2), 132-145. https://doi.org/10.4067/S0717-65382021000200132

Margalef, R. (1983). *Ecología*.

Mendoza-Muñoz, Y., Ormachea-Gamero, C. R., Huamán Huaman, H. R., & Luque-Callo, N. A. (2023). Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del Río HuilaHuila tributario de la fuente de agua potable Piuray Cusco. 2019. *Q'EUÑA*, *13*(2), 29-36. https://doi.org/10.51343/rq.v13i2.1098

Molina, C. I., Gibon, F., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). *Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. Ecología Aplicada, 7(1,2)*, 105-116.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Ed.; primera Edición, Vol. 84).

Ortiz, W. (2012). *Distribución espacio-temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochirí, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://hdl.handle.net/20.500.12672/1428

Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos de chile* (1era. Edición).

Pérez, C., & Quispe, V. (2022). *Evaluación de la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados - Cusco* [Universidad Peruana Unión]. https://hdl.handle.net/20.500.12840/6107

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas* (E. Domínguez & H. Fernández, Eds.; 1.ª ed.).

Prieto, C. (2004). *El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, Control y conservación* (Ecoe Ediciones).

Quispe, R. (2015). *Diversidad de la ictiofauna y macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del río bajo Madre de Dios* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. http://hdl.handle.net/20.500.12918/112

Rodríguez, C. (2023). Calidad del agua según variables fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del rio Chucchun. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, *26*. https://hdl.handle.net/20.500.12672/20765

Rodríguez, M. (2004). Formulación participativa de planes generales de uso de la tierra como parte integrante de la planificación del ordenamiento territorial en la microcuenca Piuray - Ccorimarca. *Planificación del Ordenamiento Territorial en la Microcuenca Piuray - Ccorimarca*.

Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia* (1.000 ejemplares.). 1996.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col.: ISBN: 958-655-671-9* (Primera edición). Editorial universidad de Antioquía.

Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (F. y N. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Ed.). http://repositorio.accefyn.org.co//handle/001/71

Rosas, J., & Miranda, G. (2015). *Estructura temporal y espacial de las comunidades planctónicas de la laguna de Piuray- Chinchero – Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

Rosero, D., & Fossati, O. (2009). *Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta*.

Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* (Primera Edición).

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*.

Suárez, J. (2025). *Evaluación de la calidad del agua en el río Silante en los páramos de la parroquia Ingapirca mediante el uso de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos* [Facultad de Ciencia y Tecnología, Carrera de Biología, Universidad del Azuay]. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/15757

Torres, L. (2022). *Evaluación de los cambios en la calidad del agua en la cuenca del Río Arenal mediante macroinvertebrados acuáticos y variables fisicoquímicas, afectados por tensores antrópicos derivados del crecimiento turístico en el municipio de San Rafael, Antioquia.* [Universidad de Antioquia]. https://hdl.handle.net/10495/31800

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis físicos y químicos

MC QUIMICALAB
De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N°LQ 0030-25

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA

SOLICITA : - ADA LUZ MAMANI HUANCA.
- ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN.

PROYECTO : "VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIO CCORIMARCA, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA, CUSCO"

MUESTRAS :

M_1.- PUNTO 01.
M_2.- PUNTO 02.
M_3.- PUNTO 03.
M_4.- PUNTO 04.
M_5.- PUNTO 05.
M_6.- PUNTO 06.

DISTRITO : CHINCHERO
PROVINCIA : URUBAMBA.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE MUESTREO : 07/02/2025
FECHA DE INFORME : 21/02/2025

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_1	M_2	M_3
Temperatura		°C	13.0	14.5	14.0
Turbiedad		NTU	4.7	6.6	5.0
pH			7.9	8.1	8.2
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	305	375	405
Oxigeno Disuelto		mg/L	5.7	6.5	6.8
Nitratos	NO_3^-	mg/L	13.3	7.8	6.2
Fosfatos	$HPO_4^{=}$	mg/L	0.316	0.098	0.045

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 238338

MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC Nº 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_4	M_5	M_6
Temperature		°C	15.0	16.5	17.5
Turbiedad		NTU	13.0	6.5	10.6
pH			8.3	8.4	8.2
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	500	570	590
Oxigeno Disuelto		mg/L	6.2	7.3	6.0
Nitratos	NO_3^-	mg/L	5.9	4.7	10.9
Fosfatos	$HPO_4^=$	mg/L	0.055	0.023	0.042

MÉTODO DE ANÁLISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 238328

MC QUIMICALAB
De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N°LQ 0113-25

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA

SOLICITA :
- ADA LUZ MAMANI HUANCA.
- ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN.

PROYECTO : "VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIO CCORIMARCA, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA, CUSCO"

MUESTRAS :

M_1.- PUNTO 01.
M_2.- PUNTO 02.
M_3.- PUNTO 03.
M_4.- PUNTO 04.
M_5.- PUNTO 05.
M_6.- PUNTO 06.

DISTRITO : CHINCHERO.
PROVINCIA : URUBAMBA.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE MUESTREO : 22/04/2025
FECHA DE INFORME : 30/04/2025

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_1	M_2	M_3
Temperatura		°C	15.5	16.0	15.7
Turbiedad		NTU	3.2	5.2	3.5
pH			7.9	6.1	8.3
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	260	265	330
Oxigeno Disuelto		mg/L	5.5	6.3	6.4
Nitratos	NO_3^-	mg/L	11.8	2.5	1.2
Fosfatos	$HPO_4^{=}$	mg/L	0.296	0.150	0.115

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 238334

MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897741 – COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 – 951562574

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_4	M_5	M_6
Temperature		°C	13.0	14.2	13.4
Turbiedad		NTU	2.0	2.6	1.4
pH			8.3	8.3	8.2
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	390	400	570
Oxigeno Disuelto		mg/L	6.3	6.1	6.4
Nitratos	NO_3^-	mg/L	0.9	1.6	2.2
Fosfatos	$HPO_4^=$	mg/L	0.047	0.079	0.023

MÉTODO DE ANÁLISIS: Métodos Normalizados pare el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA: Los resultados son válidos únicamente pare las muestras analizadas.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 236338

MC QUIMICALAB
De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N°LQ 0161-25

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA

SOLICITA :
- ADA LUZ MAMANI HUANCA.
- ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN.

PROYECTO : "VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIO CCORIMARCA, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA, CUSCO"

MUESTRAS :

M_1.- PUNTO 01.
M_2.- PUNTO 02.
M_3.- PUNTO 03.
M_4.- PUNTO 04.
M_5.- PUNTO 05.
M_6.- PUNTO 06.

DISTRITO : CHINCHERO
PROVINCIA : URUBAMBA.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE MUESTREO : 25/05/2025
FECHA DE INFORME : 02/06/2025

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_1	M_2	M_3
Temperatura		°C	12.0	12.6	12.4
Turbiedad		NTU	4.9	6.9	3.3
pH			7.5	8.1	8.3
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	255	270	355
Oxigeno Disuelto		mg/L	4.6	6.0	7.1
Nitratos	NO_3^-	mg/L	5.6	2.5	1.6
Fosfatos	$HPO_4^{=}$	mg/L	0.408	0.216	0.133

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 238324

MC QUIMICALAB
De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 – SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_4	M_5	M_6
Temperature		°C	12.0	12.8	12.5
Turbiedad		NTU	4.4	4.9	5.5
pH			8.4	8.3	8.1
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	445	540	670
Oxigeno Disuelto		mg/L	7.2	7.5	7.2
Nitratos	NO_3^-	mg/L	2.5	2.2	1.9
Fosfatos	$HPO_4^{=}$	mg/L	0.069	0.070	0.084

MÉTODO DE ANÁLISIS: Métodos Normalizados pare el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA: Los resultados son válidos únicamente pare las muestras analizadas.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 234328

MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIAN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N°LQ 0198-25
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA

SOLICITA :
- ADA LUZ MAMANI HUANCA.
- ELVIRA CUSIHUAMAN CHAMAN.

PROYECTO : "VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIO CCORIMARCA, DISTRITO DE CHINCHERO, URUBAMBA, CUSCO"

MUESTRAS :

M_1.- PUNTO 01.
M_2.- PUNTO 02.
M_3.- PUNTO 03.
M_4.- PUNTO 04.
M_5.- PUNTO 05.
M_6.- PUNTO 06.

DISTRITO : CHINCHERO.
PROVINCIA : URUBAMBA.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE MUESTREO : 15/07/2025
FECHA DE INFORME : 23/07/2025

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M_1	M_2	M_3
Temperatura		°C	15.5	14.4	11.5
Turbiedad		NTU	3.4	4.0	1.4
pH			7.5	8.0	8.2
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	275	270	345
Oxigeno Disuelto		mg/L	4.1	6.6	7.3
Nitratos	NO_3^-	mg/L	5.1	3.4	2.9
Fosfatos	$HPO_4^=$	mg/L	0.349	0.180	0.102

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 234038

MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

RESULTADOS :

DETERMINACIONES		UNIDAD	M₁	M₂	M₃
Temperatura		°C	10.1	11.3	11.2
Turbiedad		NTU	1.6	1.1	13.5
pH			8.2	8.2	7.9
Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	560	640	680
Oxigeno Disuelto		mg/L	7.5	7.9	7.2
Nitratos	NO_3^-	mg/L	2.6	2.5	4.3
Fosfatos	$HPO_4^=$	mg/L	0.073	0.057	0.163

MÉTODO DE ANÁLISIS: Metodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 238338

Anexo 2. Análisis SIMPER de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a nivel espacial

Tramo de muestreo T1 vs tramo de muestreo T2

Average dissimilarity: 72.68 %

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T2
Hyalellidae	24.32	33.47	33.47	8.75	45.5
Glossiphoniidae	11.81	16.25	49.71	20.5	3
Sphaeriidae	9.23	12.7	62.41	0	15.5
Chironomidae	6.329	8.708	71.12	14.5	10
Elmidae	6.168	8.487	79.61	0	8.5
Physidae	4.771	6.564	86.17	0	6.75
Planariidae	3.985	5.483	91.66	0	6.25
Lumbriculidae	2.392	3.291	94.95	3.5	2.25
Baetidae	1.651	2.271	97.22	0	2.5
Aeshnidae	1.364	1.877	99.1	0	1.75
Stratiomyidae	0.4628	0.6368	99.73	0	0.75
Tipulidae	0.1949	0.2681	100	0	0.25
Tabanidae	0	0	100	0	0
Dytiscidae	0	0	100	0	0
Simuliidae	0	0	100	0	0
Hydropsychidae	0	0	100	0	0
Hydrophilidae	0	0	100	0	0
Corixidae	0	0	100	0	0
Gripopterygidae	0	0	100	0	0
Syrphidae	0	0	100	0	0

Tramo de muestreo T1 vs tramo de muestreo T3

Average dissimilarity: 69.25 %

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T3
Elmidae	18.35	26.51	26.51	0	32.5
Glossiphoniidae	12.59	18.18	44.69	20.5	0.75
Hyalellidae	10.13	14.63	59.32	8.75	23.8
Chironomidae	7.052	10.18	69.5	14.5	24.5
Physidae	6.552	9.462	78.96	0	10.3
Baetidae	4.505	6.506	85.47	0	9
Aeshnidae	3.392	4.899	90.37	0	5.5
Lumbriculidae	3.294	4.757	95.13	3.5	4.75
Planariidae	1.584	2.288	97.41	0	2.75
Gripopterygidae	1.28	1.848	99.26	0	1.5
Sphaeriidae	0.2932	0.4234	99.68	0	0.5
Tipulidae	0.1093	0.1579	99.84	0	0.25
Tabanidae	0.1093	0.1579	100	0	0.25
Stratiomyidae	0	0	100	0	0
Dytiscidae	0	0	100	0	0
Simuliidae	0	0	100	0	0
Hydropsychidae	0	0	100	0	0
Hydrophilidae	0	0	100	0	0
Corixidae	0	0	100	0	0
Syrphidae	0	0	100	0	0

Tramo de muestreo T1 vs tramo de muestreo T4

Average dissimilarity: 72.96 %

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T4
Elmidae	19.51	26.74	26.74	0	31
Glossiphoniidae	15.83	21.7	48.43	20.5	0.5
Chironomidae	11.03	15.12	63.55	14.5	20
Hyalellidae	10.19	13.97	77.52	8.75	23.8
Baetidae	5.697	7.808	85.33	0	10
Lumbriculidae	3.02	4.139	89.47	3.5	4
Aeshnidae	1.948	2.671	92.14	0	3.5
Tipulidae	1.306	1.79	93.93	0	2.25
Gripopterygidae	1.164	1.596	95.53	0	0.75
Planariidae	1.057	1.449	96.97	0	1.5
Physidae	0.8221	1.127	98.1	0	1.5
Tabanidae	0.6835	0.9367	99.04	0	0.75
Stratiomyidae	0.3881	0.5319	99.57	0	0.25
Sphaeriidae	0.1707	0.234	99.8	0	0.25
Hydropsychidae	0.1432	0.1963	100	0	0.25
Dytiscidae	0	0	100	0	0
Simuliidae	0	0	100	0	0
Hydrophilidae	0	0	100	0	0
Corixidae	0	0	100	0	0
Syrphidae	0	0	100	0	0

Tramo de muestreo T1 vs tramos de muestreo T5

Average dissimilarity: 72.33 %

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T5
Baetidae	18.95	26.19	26.19	0	36
Elmidae	17.33	23.96	50.15	0	28.3
Glossiphoniidae	15.74	21.77	71.92	20.5	0.5
Chironomidae	7.845	10.85	82.76	14.5	20.8
Hyalellidae	3.309	4.574	87.34	8.75	6.5
Lumbriculidae	2.877	3.978	91.31	3.5	0.75
Gripopterygidae	2.313	3.197	94.51	0	1.75
Tabanidae	1.344	1.858	96.37	0	2
Planariidae	0.9911	1.37	97.74	0	0.75
Aeshnidae	0.5778	0.7987	98.54	0	0.5
Simuliidae	0.3612	0.4993	99.04	0	0.75
Sphaeriidae	0.3304	0.4567	99.49	0	0.25
Tipulidae	0.2408	0.3329	99.83	0	0.5
Dytiscidae	0.1259	0.174	100	0	0.25
Stratiomyidae	0	0	100	0	0
Hydropsychidae	0	0	100	0	0
Hydrophilidae	0	0	100	0	0
Corixidae	0	0	100	0	0
Syrphidae	0	0	100	0	0
Physidae	0	0	100	0	0

Tramo de muestreo T1 vs tramo de muestreo T6

Average dissimilarity: 65.32 %

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean T1	Mean T6
Chironomidae	21.31	32.63	32.63	14.5	49.5
Glossiphoniidae	12.96	19.84	52.47	20.5	1.25
Hyalellidae	9.804	15.01	67.47	8.75	24.8
Lumbriculidae	5.56	8.511	75.99	3.5	10.8
Elmidae	5.506	8.429	84.42	0	11.5
Physidae	3.795	5.81	90.23	0	7.5
Baetidae	3.561	5.451	95.68	0	6.25
Tabanidae	1.569	2.402	98.08	0	3
Hydrophilidae	0.683	1.046	99.12	0	1
Syrphidae	0.2845	0.4355	99.56	0	0.25
Corixidae	0.1707	0.2614	99.82	0	0.25
Sphaeriidae	0.117	0.1791	100	0	0.25
Stratiomyidae	0	0	100	0	0
Tipulidae	0	0	100	0	0
Dytiscidae	0	0	100	0	0
Simuliidae	0	0	100	0	0
Hydropsychidae	0	0	100	0	0
Gripopterygidae	0	0	100	0	0
Aeshnidae	0	0	100	0	0
Planariidae	0	0	100	0	0

Anexo 3. Matriz de abundancia de las familias de macroinvertebrados bentónicos empleada para el análisis de agrupamiento (UPGMA) mediante el índice de similitud de Bray-Curtis.

Época de lluvias

Muestras	Época	Planariidae	Glossiphoniidae	Lumbriculidae	Physidae	Sphaeriidae	Hyalellidae	Baetidae	Aeshnidae	Gripopterygidae	Hydropsychidae
T1 - Feb	lluvias	0	5	7	0	0	7	0	0	0	0
T2 - Feb	lluvias	0	0	6	17	0	34	0	7	0	0
T3 - Feb	lluvias	0	0	11	5	0	22	0	3	6	0
T4 -Feb	lluvias	1	0	1	0	0	5	0	0	3	0
T5 - Feb	lluvias	3	0	1	0	1	4	0	1	7	0
T6 - Feb	lluvias	0	1	10	1	0	19	0	0	0	0
T1 - Abr	lluvias	0	21	0	0	0	5	0	0	0	0
T2 -Abr	lluvias	7	1	1	7	38	70	0	0	0	0
T3 - Abr	lluvias	2	2	8	21	2	14	5	14	0	0
T4 - Abr	lluvias	0	2	5	4	0	31	11	6	0	1
T5 - Abr	lluvias	0	1	0	0	0	2	62	0	0	0
T6 -Abr	lluvias	0	2	19	18	1	48	7	0	0	0
Muestras	**Epoca**	**Elmidae**	**Dytiscidae**	**Tabanidae**	**Tipulidae**	**Stratiomyidae**	**Chironomidae**	**Syrphidae**	**Corixidae**	**Hydrophilidae**	**Simuliidae**
T1 - Feb	lluvias	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
T2 - Feb	lluvias	15	0	0	1	1	1	0	0	0	0
T3 - Feb	lluvias	11	0	0	0	0	13	0	0	0	0
T4 -Feb	lluvias	7	0	1	0	1	0	0	0	0	0
T5 - Feb	lluvias	8	0	0	0	0	5	0	0	0	0
T6 - Feb	lluvias	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0
T1 - Abr	lluvias	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
T2 -Abr	lluvias	3	0	0	0	2	11	0	0	0	0
T3 - Abr	lluvias	29	0	0	0	0	27	0	0	0	0
T4 - Abr	lluvias	42	0	0	0	0	26	0	0	0	0
T5 - Abr	lluvias	49	1	0	0	0	37	0	0	0	0
T6 -Abr	lluvias	34	0	1	0	0	37	0	0	0	0

Época de secas

Muestras	Época	Planariidae	Glossiphoniidae	Lumbriculidae	Physidae	Sphaeriidae	Hyalellidae	Baetidae	Aeshnidae	Gripopterygidae	Hydropsychidae
T1 - May	secas	0	31	7	0	0	13	0	0	0	0
T2 - May	secas	3	9	1	1	7	51	0	0	0	0
T3 - May	secas	4	0	0	10	0	33	5	2	0	0
T4 - May	secas	1	0	2	0	1	19	11	2	0	0
T5 - May	secas	0	1	2	0	0	10	10	1	0	0
T6 - May	secas	0	2	14	10	0	16	7	0	0	0
T1 - Jun	secas	0	25	0	0	0	10	0	0	0	0
T2 - Jun	secas	15	2	1	2	17	27	10	0	0	0
T3 - Jun	secas	5	1	0	5	0	26	26	3	0	0
T4 - Jun	secas	4	0	8	2	0	40	18	6	0	0
T5 -Jun	secas	0	0	0	0	0	10	72	0	0	0
T6 - Jun	secas	0	0	0	1	0	16	11	0	0	0
Muestras	**Época**	**Elmidae**	**Dytiscidae**	**Tabanidae**	**Tipulidae**	**Stratiomyidae**	**Chironomidae**	**Syrphidae**	**Corixidae**	**Hydrophilidae**	**Simuliidae**
T1 - May	secas	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
T2 - May	secas	8	0	0	0	0	5	0	0	0	0
T3 - May	secas	25	0	0	0	0	9	0	0	0	0
T4 - May	secas	31	0	1	4	0	28	0	0	0	0
T5 - May	secas	14	0	3	0	0	14	0	0	0	0
T6 - May	secas	11	0	9	0	0	87	0	0	0	0
T1 - Jun	secas	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0
T2 - Jun	secas	8	0	0	0	0	23	0	0	0	0
T3 - Jun	secas	65	0	1	1	0	49	0	0	0	0
T4 - Jun	secas	44	0	1	5	0	26	0	0	0	0
T5 -Jun	secas	42	0	5	2	0	27	0	0	0	3
T6 - Jun	secas	1	0	2	0	0	64	0	1	4	0

Anexo 4. Coeficientes de correlación de Spearman entre la abundancia de todas las familias de macroinvertebrados y los parámetros físicos y químicos.

Época de lluvias (febrero 2025 y abril 2025)

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Planariidae	Coeficiente de correlación	0.145	0.029	0.319	-0.116	,812*	-0.580	0.176
	Sig. (bilateral)	0.784	0.957	0.538	0.827	0.050	0.228	0.738
Glossiphoniidae	Coeficiente de correlación	-0.235	-0.235	-0.530	-0.147	-,853*	0.736	0.090
	Sig. (bilateral)	0.653	0.653	0.280	0.781	0.031	0.096	0.866
Lumbriculidae	Coeficiente de correlación	0.319	-0.058	-0.522	0.058	-0.406	0.667	-0.088
	Sig. (bilateral)	0.538	0.913	0.288	0.913	0.425	0.148	0.868
Physidae	Coeficiente de correlación	0.116	0.145	-0.116	-0.029	0.232	0.058	-0.015
	Sig. (bilateral)	0.827	0.784	0.827	0.957	0.658	0.913	0.978
Sphaeriidae	Coeficiente de correlación	0.500	-0.059	-0.059	-0.029	0.559	-0.088	0.090
	Sig. (bilateral)	0.312	0.912	0.912	0.956	0.249	0.868	0.866
Hyalellidae	Coeficiente de correlación	0.203	0.493	-0.406	0.000	-0.203	0.348	-0.074

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Baetidae	Sig. (bilateral)	0.700	0.321	0.425	1.000	0.700	0.499	0.890
	Coeficiente de correlación	0.203	0.464	,928**	,812*	0.464	-0.783	-0.794
Aeshnidae	Sig. (bilateral)	0.700	0.354	0.008	0.050	0.354	0.066	0.059
	Coeficiente de correlación	-0.261	0.029	0.261	-0.232	0.638	-0.464	0.206
Gripopterygidae	Sig. (bilateral)	0.618	0.957	0.618	0.658	0.173	0.354	0.696
	Coeficiente de correlación	-0.030	-0.091	,880*	0.334	,820*	-,880*	-0.277
Hydropsychidae	Sig. (bilateral)	0.954	0.864	0.021	0.518	0.046	0.021	0.595
	Coeficiente de correlación	-0.655	0.655	0.393	0.131	-0.131	-0.393	-0.266
Elmidae	Sig. (bilateral)	0.158	0.158	0.441	0.805	0.805	0.441	0.611
	Coeficiente de correlación	0.086	0.371	1,000**	0.657	0.714	-,943**	-0.638
Dytiscidae	Sig. (bilateral)	0.872	0.468		0.156	0.111	0.005	0.173
	Coeficiente de correlación	0.393	-0.131	0.655	0.393	0.655	-0.655	-0.266
Tabanidae	Sig. (bilateral)	0.441	0.805	0.158	0.441	0.158	0.158	0.611
	Coeficiente de correlación	0.000	,828*	0.207	0.621	-0.414	0.000	-0.735

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza total (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Tipulidae	Sig. (bilateral)	1.000	0.042	0.694	0.188	0.414	1.000	0.096
	Coeficiente de correlación	0.131	0.131	-0.393	-0.393	0.131	0.131	0.399
	Sig. (bilateral)	0.805	0.805	0.441	0.441	0.805	0.805	0.434
Stratiomyidae	Coeficiente de correlación	-0.304	0.541	-0.101	-0.270	0.034	-0.135	0.189
	Sig. (bilateral)	0.558	0.268	0.848	0.604	0.949	0.798	0.720
Chironomidae	Coeficiente de correlación	0.657	-0.086	0.314	0.714	0.086	-0.029	-0.638
	Sig. (bilateral)	0.156	0.872	0.544	0.111	0.872	0.957	0.173
Syrphidae	Coeficiente de correlación	0.655	0.393	-0.131	0.655	-0.393	0.393	-0.664
	Sig. (bilateral)	0.158	0.441	0.805	0.158	0.441	0.441	0.150

Época de secas (mayo 2025 y julio 2025)

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad NTU	pH	Dureza total mg/L	Oxígeno disuelto mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L
Planariidae	Coeficiente de correlación	-0.273	0.152	-0.091	-0.395	0.334	-0.152	0.339
	Sig. (bilateral)	0.600	0.774	0.864	0.439	0.518	0.774	0.511
Glossiphoniidae	Coeficiente de correlación	0.203	-0.522	-,899*	-0.551	-0.522	,841*	0.603
	Sig. (bilateral)	0.700	0.288	0.015	0.257	0.288	0.036	0.205

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad NTU	pH	Dureza total mg/L	Oxígeno disuelto mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L
Lumbriculidae	Coeficiente de correlación	0.058	0.580	-0.145	0.406	-0.725	0.348	-0.485
	Sig. (bilateral)	0.913	0.228	0.784	0.425	0.103	0.499	0.329
Physidae	Coeficiente de correlación	0.232	0.203	-0.058	0.203	0.116	0.116	-0.250
	Sig. (bilateral)	0.658	0.700	0.913	0.700	0.827	0.827	0.633
Sphaeriidae	Coeficiente de correlación	-0.304	0.541	-0.101	-0.270	0.034	-0.135	0.189
	Sig. (bilateral)	0.558	0.268	0.848	0.604	0.949	0.798	0.720
Hyalellidae	Coeficiente de correlación	-0.261	0.377	-0.232	-0.290	0.029	0.058	0.191
	Sig. (bilateral)	0.618	0.461	0.658	0.577	0.957	0.913	0.717
Baetidae	Coeficiente de correlación	0.200	0.143	,943**	0.600	,829*	-,886*	-0.551
	Sig. (bilateral)	0.704	0.787	0.005	0.208	0.042	0.019	0.257
Aeshnidae	Coeficiente de correlación	-0.516	0.273	0.759	0.213	0.455	-0.759	-0.277
	Sig. (bilateral)	0.295	0.600	0.080	0.686	0.364	0.080	0.595
Corixidae	Coeficiente de correlación	0.655	0.393	-0.131	0.655	-0.393	0.393	-0.664
	Sig. (bilateral)	0.158	0.441	0.805	0.158	0.441	0.441	0.150
Elmidae	Coeficiente de correlación	-0.257	0.200	0.714	0.200	0.714	-0.771	-0.232
	Sig. (bilateral)	0.623	0.704	0.111	0.704	0.111	0.072	0.658
Hydrophilidae	Coeficiente de correlación	0.655	0.393	-0.131	0.655	-0.393	0.393	-0.664
	Sig. (bilateral)	0.158	0.441	0.805	0.158	0.441	0.441	0.150
Simuliidae	Coeficiente de correlación	0.393	-0.131	0.655	0.393	0.655	-0.655	-0.266

Rho de Spearman		Temperatura °C	Turbiedad NTU	pH	Dureza total mg/L	Oxígeno disuelto mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L
Tabanidae	Sig. (bilateral)	0.441	0.805	0.158	0.441	0.158	0.158	0.611
	Coeficiente de correlación	0.551	0.522	0.638	,986**	0.174	-0.377	-,971**
Tipulidae	Sig. (bilateral)	0.257	0.288	0.173	0.000	0.742	0.461	0.001
	Coeficiente de correlación	-0.395	0.334	,880*	0.334	0.516	-,880*	-0.370
Chironomidae	Sig. (bilateral)	0.439	0.518	0.021	0.518	0.295	0.021	0.471
	Coeficiente de correlación	0.257	0.314	0.371	0.714	-0.029	-0.086	-0.754
	Sig. (bilateral)	0.623	0.544	0.468	0.111	0.957	0.872	0.084

Anexo 5. Vista panorámica de los tramos de muestreo en ambas épocas del año**.**



Tramo de muestreo N°1. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).



Tramo de muestreo N°2. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).



Tramo de muestreo N°3. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).



Tramo de muestreo N°4. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).



Tramo de muestreo N°5. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).



Tramo de muestreo N°6. Epoca lluviosa (izquierda) y seca (derecha).

Anexo 6. Determinación de parámetros físicos y químicos (temperatura, pH y oxígeno disuelto) in situ y recolección de muestras de agua en los tramos de muestreo establecidos para análisis en el laboratorio













Anexo 7. Toma de muestras con malla Surber de macroinvertebrados bentónicos en los tramos de muestreo establecidos.





Toma de muestras en el tramo de muestreo N°6 (izquierda) y N°5 (derecha)





Toma de muestras en el tramo de muestreo N°4 (izquierda) y N°3 (derecha)



Toma de muestras en el tramo de muestreo N°2 (izquierda) y N°1 (derecha)

Anexo 8. Selección de macroinvertebrados bentónicos de otros materiales no deseados, utilizando bandejas de plástico y pinzas para su posterior determinación en el laboratorio.















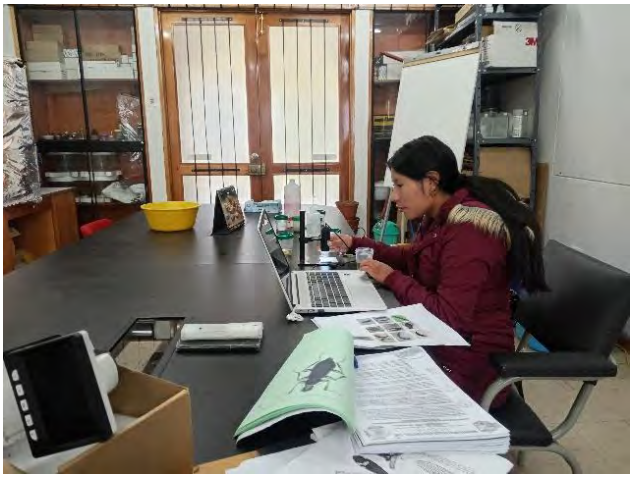


Anexo 9. Determinación de macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio







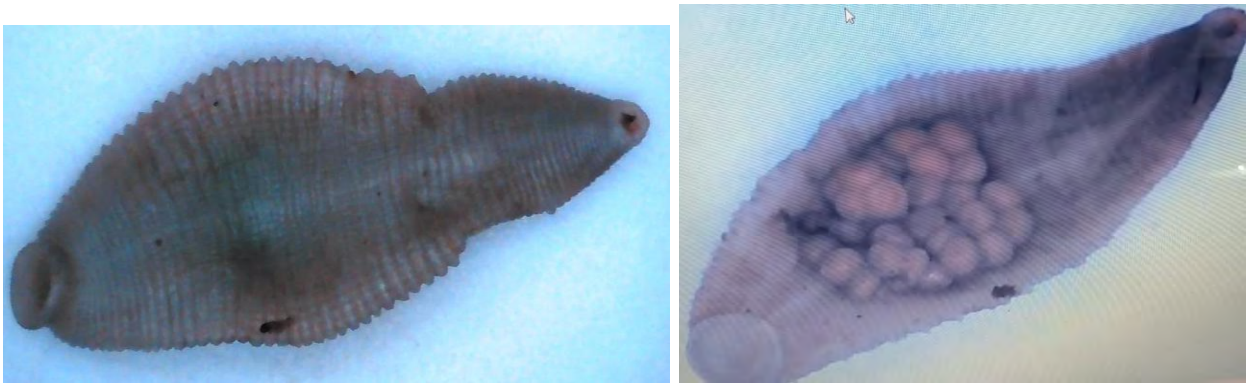


Anexo 10. Familias de macroinvertebrados bentonicos

- No insectos



Planariidae



Glossiphoniidae



Lumbriculidae



Hyalellidae



Sphaeriidae





Physidae

- Insectos



Baetidae





Gripopterygidae



Gripopterygidae



Elmidae



Elmidae (larva)



Tabanidae





Tipulidae



Syrphidae



Chironomidae



Simuliidae



Stratiomyidae



Aeshnidae



Hydropsychidae





Corixidae





Dytiscidae



Hydrophilidae