

# Biological Evaluation of the Water Quality of the Cajamarquino River through the BMWP and EPT Indices of Benthic Macroinvertebrates

Atoche Bazán, Leslie Dayana<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Privada Del Norte, Perú, N00273326@upn.pe

**Abstract** – *This study assesses the relationship between water quality and the BMWP/Col and EPT indices of benthic macroinvertebrates in the Cajamarquino River to evaluate its ecological condition. Physicochemical parameters—pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, total dissolved solids, and salinity—were analyzed alongside macroinvertebrate identification, using the BMWP/Col, EPT, Shannon, and Simpson indices. Hydromorphological and riparian characteristics were assessed with IHF and QBR indices, supported by plant species records from sampling sites during both dry and rainy seasons. Results showed pH values between 8.3 and 9.46, a maximum conductivity of 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , average salinity of 0.18‰, and a mean temperature of 18.4°C. The IHF and QBR indicated an intermediate riparian habitat, with river conditions ranging from “with limitations” to “adequate.” However, the biotic indices revealed poor water quality, with pollution levels from critical to very critical. The findings highlight a strong link between physicochemical parameters and macroinvertebrate community structure, demonstrating that despite acceptable habitat conditions, biological indicators signal ecological degradation. These results provide essential information for understanding the river's ecological integrity and its ability to support aquatic life.*

**Keywords**– *Water quality, benthic macroinvertebrates, biotic indices, physicochemical parameters, ecological assessment.*

**Resumen - Este estudio evalúa la relación entre la calidad del agua y los índices BMWP/Col y EPT de macroinvertebrados bentónicos en el río Cajamarquino, con el objetivo de determinar su condición ecológica. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y salinidad, junto con la identificación de macroinvertebrados mediante los índices BMWP/Col, EPT, Shannon y Simpson. Las características hidromorfológicas y de la vegetación ribereña se evaluaron utilizando los índices IHF y QBR, complementados con un registro de especies vegetales en las estaciones de muestreo durante las campañas de época seca y lluviosa. Los resultados mostraron valores de pH entre 8.3 y 9.46, una conductividad máxima de 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , una salinidad promedio de 0.18% y una temperatura media de 18.4 °C. Los índices IHF y QBR indicaron un hábitat ribereño de calidad intermedia, con condiciones fluviales que oscilan entre “con limitaciones” y “adecuadas”. Sin embargo, los índices bióticos revelaron una mala calidad del agua, con niveles de contaminación de críticos a muy críticos. Los hallazgos evidencian una fuerte conexión entre las condiciones fisicoquímicas y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, demostrando que, a pesar de condiciones de hábitat aceptables, los indicadores biológicos reflejan una degradación ecológica. Estos resultados aportan información clave sobre la integridad ecológica del río y su capacidad para sostener la vida acuática.**

**Palabras clave– Calidad del agua, macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos, parámetros fisicoquímicos, evaluación ecológica.**

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el agua es reconocida a nivel mundial como un recurso vital, indispensable para la vida y esencial para diversas actividades humanas, tales como la agricultura, la ganadería y la generación de energía. Sin embargo, su importancia trasciende su utilidad directa, ya que desempeña un papel crucial en la preservación de los ecosistemas, el bienestar de las personas y el desarrollo sostenible [1].

A pesar de su relevancia, la contaminación del agua es una problemática ambiental de alcance global que ha sido exacerbada por diversas actividades antropogénicas. Las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura, la deforestación de las riberas y la expansión urbana sin planificación adecuada han alterado de manera significativa la calidad de los cuerpos de agua. Estas actividades no solo afectan la biodiversidad acuática, sino que también comprometen la funcionalidad de los ecosistemas y generan impactos negativos en las comunidades que dependen de estos recursos para su subsistencia [2]. En los sistemas fluviales, estos procesos de degradación pueden reducir la disponibilidad de oxígeno disuelto, aumentar la carga de nutrientes y favorecer la proliferación de organismos oportunistas, lo que impacta directamente la estructura y función de las comunidades acuáticas.

Para evaluar el grado de alteración de los ecosistemas acuáticos, se han desarrollado diversos métodos de monitoreo, dentro de los cuales los bioindicadores ambientales desempeñan un papel clave. Entre estos, los macroinvertebrados bentónicos, han sido ampliamente utilizados debido a su sensibilidad a las variaciones en la calidad del agua y a su relativa facilidad de identificación. A diferencia de los análisis fisicoquímicos convencionales, los macroinvertebrados reflejan las condiciones del ecosistema a lo largo del tiempo, permitiendo detectar impactos a mediano y largo plazo. Su interpretación se basa en la identificación taxonómica a nivel de orden, familia y género, clasificándolos según su tolerancia a la contaminación [3].

El análisis de estos organismos se realiza a través de índices bióticos, los cuales permiten asignar una valoración ecológica a los ecosistemas acuáticos en función de la presencia y abundancia de especies indicadoras. Entre los más utilizados se encuentran el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), cada uno con enfoques específicos para evaluar la calidad del agua. Estos índices han demostrado ser herramientas eficaces en el monitoreo ambiental, ya que permiten diferenciar entre cuerpos de agua con condiciones óptimas y aquellos que han sido impactados por actividades antropogénicas [4].

La calidad del agua es un reflejo del estado de los ecosistemas acuáticos y de las presiones que estos enfrentan. La contaminación del agua se manifiesta de múltiples formas, desde cambios en la concentración de nutrientes hasta la presencia de sustancias tóxicas que afectan la biodiversidad y la estabilidad ecológica. La aplicación de metodologías basadas en bioindicadores e índices bióticos permite no solo diagnosticar el estado de los cuerpos de agua, sino también orientar estrategias de gestión y conservación, promoviendo así un uso sostenible de este recurso esencial [5].

## II. METODOLOGÍA

### A. Tipo de investigación

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, buscando abordar fenómenos sociales mediante métodos que combinan la precisión estadística y la interpretación contextual, garantizando su rigor metodológico [6]. Este enfoque permite la recopilación y análisis de datos numéricos para evaluar objetivamente la calidad biológica del río Cajamarquino a través de indicadores estandarizados.

El estudio utiliza un diseño no experimental, que implica la observación y análisis de fenómenos en su contexto natural sin manipulación deliberada de variables [7]. Este diseño es apropiado para evaluar las variables seleccionadas en el ecosistema fluvial, como la composición de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del agua, sin intervención directa del investigador, reflejando así las condiciones existentes en el río.

### B. Caracterización del área de estudio

El río Cajamarquino, un importante afluente de la cuenca del Crisnejas en la región de Cajamarca, nace en la localidad de Huayrapongo por la confluencia de los ríos Chonta y Mashcón. Este río, que recorre 60 kilómetros desde su origen hasta su unión con el río Condebamba, juega un papel crucial en el ecosistema local y en el abastecimiento de agua para las comunidades aledañas [8]. La falta de un cauce bien definido hace que el río sea propenso a desbordamientos durante las épocas de avenida, lo que no solo afecta a los cultivos y pastos en sus márgenes, sino que también aumenta el riesgo de contaminación por el arrastre de sedimentos y posibles residuos agrícolas. Actualmente, se ha expuesto que el crecimiento urbano en las áreas cercanas, especialmente en los distritos de Baños del Inca y Llacanora, podría estar contribuyendo a la degradación de la calidad del agua a través del vertido de aguas residuales no tratadas y otros contaminantes urbanos [9].

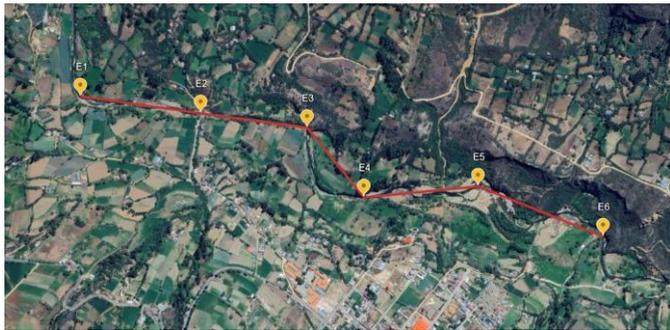


Fig.1. Ubicación de puntos de muestreo

C. Determinación de estaciones y toma de muestras:

Se establecieron seis estaciones de muestreo a lo largo de un tramo de 6 km del río, con un intervalo de 1 km entre ellas. Las muestras fueron tomadas a una distancia de 1 metro desde la orilla. El muestreo se realizó en dos momentos distintos: durante la época seca y durante la época de lluvias, con el fin de capturar las variaciones estacionales.

TABLA I  
COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS84 DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

ESTACIONES	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTITUD (M.S.N.)
E-1	9198858.41 m S	788380.51 m E	1619
E-2	9198815.85 m S	788660.85 m E	1636
E-3	9198741.20 m S	789037.81 m E	1668
E-4	9198523.35 m S	789144.63 m E	1660
E-5	9198538.83 m S	788301.54 m E	1693
E-6	9198404.55 m S	789787.44 m E	1740

D. Proceso de recolección de muestras:

En el marco de la investigación sobre la calidad del agua, se desarrolló un proceso de recolección que abarcó tanto la identificación de macroinvertebrados como la medición de parámetros físicoquímicos. Estos procedimientos fueron implementados de manera rigurosa para garantizar que las muestras recogidas fueran representativas de las condiciones reales del ecosistema fluvial.

Análisis Físicoquímico in situ:

La recolección de muestras se llevó a cabo en dos periodos diferenciados: estiaje y época de lluvias, con el objetivo de evaluar las variaciones estacionales en la calidad del agua. Durante el muestreo en campo, para cada estación y época de muestreo, se siguieron las recomendaciones de la norma ISO 5667-6:2014, que establece los principios fundamentales para el diseño de programas de muestreo en aguas superficiales [10]. Para la toma de muestras se emplearon recipientes de 1 L, con ellos se realizó un procedimiento de purga del recipiente, repitiendo el enjuague tres veces antes de la toma definitiva de la muestra, esta medida fue implementada para evitar la contaminación cruzada y asegurar la representatividad del agua recolectada. A partir de esa muestra, se midieron in situ parámetros físicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales (TDS) y temperatura, utilizando un multiparámetro Hach. Asimismo, para garantizar la trazabilidad y manejo adecuado de las muestras, se completó la cadena de custodia correspondiente a cada estación de muestreo.

Método de muestreo de Macroinvertebrados Bentónicos:

En cada estación de muestreo se llevó a cabo la colecta de macroinvertebrados bentónicos mediante el uso de una red Surber, siguiendo procedimientos estandarizados. La red se posicionó en el fondo del río en dirección contraria a la corriente, mientras que con los pies se removieron el suelo y las piedras para facilitar la captura de los macroinvertebrados en la malla, en un lapso de 5 min cubriendo un área de 100 m a lo largo del río con un recorrido en zig-zag abarcando puntos de aguas profundas, aguas estancadas y en rápidos [11]. Para la preservación de las muestras, se utilizaron recipientes de 1 litro a los cuales se añadió 250 mL de alcohol al 70%. Posteriormente, las muestras fueron transportadas en condiciones controladas al laboratorio, donde se realizó su análisis detallado.

Determinación de los índices EPT y BMWP/col a partir de los muestreos de macroinvertebrados:

En el laboratorio, por medio de un estereoscopio, se procedió a la identificación y conteo de los macroinvertebrados presentes en cada muestra, diferenciándolos por estación de muestreo y época. La clasificación taxonómica se llevó a cabo empleando una guía especializada en macroinvertebrados bentónicos. Este procedimiento permitió calcular los índices

bióticos BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party/Colombiano) [12] y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) [13], utilizados para evaluar la calidad del agua en función de la presencia y diversidad de estos organismos.

*Índices de Shannon y Simpson para macroinvertebrados:*

Para complementar la evaluación ecológica de los macroinvertebrados bentónicos, se aplicaron los índices de Shannon-Wiener (H') [14] y Simpson (D) [15], los cuales permiten estimar la biodiversidad y dominancia de las especies de macroinvertebrados bentónicos en cada estación de muestreo. Estos índices proporcionan información valiosa sobre la estabilidad y equilibrio ecológico del río Cajamarquino.

*Evaluación de la Calidad del Hábitat con los Índices IHF y QBR:*

La evaluación de la calidad del hábitat fluvial se realizó mediante los índices IHF (Índice de Hábitat Fluvial) [16] y QBR (Índice de Calidad de la Ribera) [17], los cuales se aplicaron in situ considerando las características físicas del entorno y su influencia en la calidad del agua. Para ello, se completaron fichas de evaluación de cada índice, en todas las estaciones de muestreo, tanto en época de estiaje como en temporada de lluvias.

completaron fichas de evaluación de cada índice, en todas las estaciones de muestreo, tanto en época de estiaje como en temporada de lluvias.

*Determinación de especies vegetales colectadas en las estaciones de muestreo:*

En cada estación de muestreo, se realizó la identificación de especies vegetales presentes en la ribera, abarcando un área de 15 metros a ambos extremos del cauce. Esta caracterización permitió analizar la biodiversidad del ecosistema ripario y detectar posibles alteraciones en la composición florística, proporcionando información relevante sobre el estado de conservación del hábitat acuático y su interacción con la vegetación circundante

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se describen los resultados del estudio sobre la calidad del agua del río Cajamarquino, evaluada mediante el análisis de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores ambientales. La investigación abarcó 2 campañas estacionales (época de lluvia y estiaje), donde se realizaron análisis fisicoquímicos complementados con la aplicación de índices bióticos BMWP (Biological Monitoring Working Party Score) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). La evaluación integral se fortaleció con la aplicación del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR), así como índices de diversidad de Shannon y Simpson.

TABLA II  
RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Estaciones	Época	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Salinidad (%)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	TDS (mg/L)
E-1	Lluvia	9.20	801	0.40	16.4	7.78	398
	Estiaje	9.06	760	0.25	17.2	5.97	252
E-2	Lluvia	9.40	772	0.37	18.2	8.36	377
	Estiaje	8.85	608	0.20	18.1	5.78	202.9
E-3	Lluvia	9.46	788	0.39	20.9	10.01	391
	Estiaje	8.8	577	0.19	20.4	5.43	191.8
E-4	Lluvia	9.22	852	0.41	19.2	8.65	415
	Estiaje	8.4	641	0.21	18.7	5.07	214.9
E-5	Lluvia	9.26	842	0.42	19.5	8.84	416
	Estiaje	8.86	642	0.21	18.9	5.04	214
E-6	Lluvia	9.35	846	0.41	20.2	8.84	415
	Estiaje	8.36	616	0.20	18.6	5.18	205

Tras los resultados fisicoquímicos del agua recolectados en las seis estaciones registradas, los datos presentan varios indicadores, para el pH, presenta una ligera alcalinidad en ambas temporadas, oscilando entre los valores de 8.3 y 9.46, con un ligero aumento en lluvias. Asimismo, la temperatura del agua varía entre 18.3°C y 19.3°C en estiaje, y entre 16.4°C y 20.3°C en lluvias, observándose una mayor temperatura en la temporada de lluvias. La conductividad es más alta durante las lluvias, de 642 a 846 µS/cm, en comparación con el estiaje que es de 608 a 760 µS/cm. De igual modo, los sólidos disueltos totales (TDS) aumentan notablemente en época de lluvias, de 377 a 415 mg/L, en comparación con 191.8 a 252 mg/L en estiaje. Los niveles de oxígeno disuelto (OD) son más altos en lluvias, de 7.78 a 8.84 mg/L, en comparación con el estiaje que presenta 5.04 a 5.97 mg/L. La salinidad de igual modo muestra un incremento menor, de 0.19‰ a 0.25‰ en estiaje y de 0.37‰ a 0.42‰ en lluvias durante la etapa de análisis.

TABLA III  
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Clase	Macroinvertebrados		Época de Estiaje	Época de Lluvia
	Orden	Familia	Promedio Total	Promedio Total
Gastropoda		Physidae	35	58
Gastropoda		Lymnaeidae	95	--
	Amphipoda	Hyalellidae	87	75

<b>Hirudinea</b>	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	343	871
<b>Oligochaeta</b>	Haplotaxidae	Tubificidae	195	141
<b>Insecta</b>	Diptera	Simuliidae	20	9
		Chironomidae	--	15
		Tipulidae	75	35
<b>Turbellaria</b>	Tricladia	Planorbidae	3	--
		Odonata	Aeshnidae	219
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	1
		Leptohyphidae	25	--
		Baetidae	--	24
		Leptophlebiidae	11	3
Trichoptera	Hydroptilidae	16	8	

Los resultados del estudio de las cantidades de macroinvertebrados bentónicos tomados en un total de 2 periodos: época de estiaje y época de lluvia, mostrando el promedio total de individuos por clase, orden y familia. Se identifican macroinvertebrados de clases como *Gastropoda*, *Hirudinea*, *Oligochaeta*, *Insecta* y *Turbellaria*. Dentro de los *Gastropoda*, las familias *Physidae* y *Lymnaeidae* se registran en estiaje, con la primera aumentando su presencia en lluvias. En *Hirudinea*, la familia *Glossiphoniidae* muestra un incremento significativo de 343 en estiaje a 871 en lluvias. En *Oligochaeta*, la familia *Tubificidae* disminuye de 195 a 141. Entre los *Insecta*, los dípteros *Simuliidae* y *Chironomidae* presentan variaciones, con una disminución en *Simuliidae* (de 20 a 9) y presencia exclusiva en lluvias para *Chironomidae*. *Tipulidae* baja de 75 a 35 individuos. En *Turbellaria*, *Tricladia* (familia *Planorbidae*) solo aparece en estiaje. Los odonatos (*Aeshnidae*) aumentan de 219 a 459 en lluvias. En *Ephemeroptera*, las familias *Leptohyphidae*, *Baetidae* y *Leptophlebiidae* tienen variaciones, con *Baetidae* apareciendo solo en lluvias y *Leptohyphidae* reduciendo su presencia. Finalmente, en *Trichoptera*, la familia *Hydroptilidae* disminuye de 16 a 8. De igual modo, la presencia de la familia *Glossiphoniidae* fue la de mayor predominancia en el estudio realizado en el río Huila incesa tributario de la fuente de agua potable Piuray Cusco [18].

TABLA IV  
ESPECIES Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS  
PRESENTES EN EL RÍO CAJAMARQUINO

Clase	Orden	Familia	Género	Clase
<b>Gastropoda</b>		Physidae	Physa	Gastropoda
<b>Gastropoda</b>		Lymnaeidae	Lymnaea sp	Gastropoda
	Amphipoda	Hyalellidae		
<b>Hirudinea</b>	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae		Hirudinea
<b>Oligochaeta</b>	Haplotaxidae	Tubificidae		Oligochaeta
<b>Insecta</b>	Diptera	Simuliidae	Gigantodax sp	Insecta

		Chironomidae	
		Tipulidae	
<b>Turbellaria</b>	Tricladia	Planorbidae	Turbellaria
	Odonata	Aeshnidae	
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Haplohyphes sp
		Leptohyphidae	Tricorythodes
		Baetidae	Baetodes
		Leptophlebiidae	Farrodes
	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila sp

Dado el estudio de las muestras analizadas se obtuvo una amplia variedad de macroinvertebrados pertenecientes a distintas clases, órdenes y familias. En la clase *Gastropoda* incluye dos familias importantes: *Physidae*, representada por el género *Physa*, y *Lymnaeidae*, con el género *Lymnaea sp*. Estas especies de caracoles de agua dulce se encuentran comúnmente en ambientes con agua de calidad variable y pueden tolerar distintos niveles de contaminación, funcionando como indicadores de calidad. La clase insecta es el grupo más diverso en la tabla, abarcando varios órdenes y familias. Asimismo, en el estudio realizada en la cuenca del río Huacamaranga de la Libertad en el Perú, tuvo de igual modo, la variedad de macroinvertebrados tras el análisis [19].

TABLA V  
RESULTADOS DE LOS ÍNDICES BMWPCOL Y EPT EN LAS CAMPAÑAS DE  
LLUVIA Y ESTIAJE

Estaciones	Época	EPT	BMWP/col	Shannon	Simpson
E-1	Lluvia	3	46	1.50	3.21
	Estiaje	2	42		
E-2	Lluvia	1	32	1.86	4.22
	Estiaje	4	67		
E-3	Lluvia	1	27	1.39	2.69
	Estiaje	2	39		
E-4	Lluvia	3	37	1.66	3.65
	Estiaje	4	48		
E-5	Lluvia	2	35	1.75	4.07
	Estiaje	2	42		
E-6	Lluvia	1	20	1.47	3.06

Estiaje	1	34
---------	---	----

Los resultados de los índices BWMP/col, EPT, Shannon y Simpson en diferentes estaciones (E-1 a E-6) durante las campañas de lluvia y estiaje. Se observa que, en la mayoría de las estaciones, el índice BWMP/col tiende a ser mayor en la época de estiaje que en la de lluvia, indicando una mejor calidad biológica del agua durante el estiaje. El índice EPT (indicador de biodiversidad en términos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) muestra variabilidad entre ambas épocas, siendo generalmente mayor en estiaje, indicando una mayor presencia de estos grupos durante esta temporada. En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon varía entre estaciones y épocas, con valores más altos en estiaje en algunas estaciones (E-2 y E-4), lo que indica una mayor diversidad en estos puntos durante esa época. El índice de Simpson también varía entre épocas y estaciones; en E-2, muestra un valor más alto en la época de lluvia (4.22) comparado con el estiaje (3.92), lo que indica una mayor dominancia específica en la época de lluvia en esta estación. De igual modo, que el estudio del río Sendamal en Celendín, el cual presenta que la calidad del agua es moderadamente impactada [20].

TABLA VI

PRESENCIA DE ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO POR AMBAS CAMPAÑAS

Familia	Género	Época estiaje					Época lluvia						
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
	Phragmites		X				X	X					X
Poaceae	Cynodon						X						X
	Gamochaeta				X		X				X		X
	Achyrocline				X					X			
	Senecio	X	X				X	X	X				X
Asteraceae	Cnicus	X	X		X		X	X					X
	Nerium					X							X
Apocynaceae	Asclepias	X	X				X	X					
	Caesalpinia			X		X	X		X		X	X	
	Medicago	X		X	X		X		X	X			
< Fabaceae	Acacia					X							X
	Spartium			X		X	X		X		X	X	X
	Melilotus	X		X			X		X				X
Euphorbiaceae	Ricinus		X		X				X		X		
Polygonaceae	Persicaria			X		X	X		X		X	X	X
Cyperaceae	Eleocharis	X	X	X				X	X	X			
Brassicaceae	Sisymbrium		X		X	X		X			X	X	
Poaceae	Pennisetum			X			X		X				X

Loasaceae	Mentzelia	X		X	X		X		X	X
Fabaceae	Trifolium			X			X		X	X
Lamiaceae	Leonotis	X		X	X		X		X	X
Apiaceae	Conium	X	X			X	X	X		X
Acacia	Acacia macracantha	X	X	X		X	X	X	X	X

En la clasificación de especies vegetales identificadas en diversas estaciones de muestreo durante dos campañas, correspondientes a la época estiaje y la época de lluvias. Las especies se agrupan por familia y género, registrándose su presencia en seis estaciones (E-1 a E-6) para cada temporada. Se identifican especies de familias como Poaceae, Asteraceae, Apocynaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Polygonaceae, Cyperaceae, Brassicaceae, Loasaceae, Lamiaceae y Apiaceae. Algunas especies, como *Phragmites*, *Cynodon*, *Senecio*, *Cnicus*, *Medicago*, *Acacia*, *Persicaria* y *Eleocharis*, están presentes en varias estaciones y en ambas épocas, indicando su adaptación a distintas condiciones climáticas. Otras, como *Nerium* y *Leonotis*, tienen una distribución más restringida. Este análisis permite comprender la variabilidad y persistencia de la vegetación en diferentes condiciones ambientales y puede ser útil para estudios ecológicos y de gestión ambiental.

TABLA VII

RESULTADOS DEL ÍNDICE IHF Y QBR EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estaciones	Resultados de los índices					
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
Valores obtenidos (QBR)	60	55	55	60	75	60
Valores obtenidos (IHF)	55	63	64	67	76	63

El índice IHF se presenta en orden de mayor a menor, donde el E-5 con un valor total de 76 representa el mayor valor entre estos, mientras que el E-3 es la estación con el menor resultado del índice IHF, los valores obtenidos en orden decreciente son: E-5 > E-1 > E-2 > E-4 > E-6 > E-3, haciendo comparación con la tabla 11 de valoración del índice IHF, los resultados de las estaciones E1, E-2, E-3, E-4 y E-6 se encuentran con valores de entre 40 – 75 por lo cual son hábitats con algunas limitaciones (amarillo), para la estación E-5, esta se establece en >75 siendo un hábitat adecuado (azul). Respecto al índice QBR, los datos obtenidos, se mantienen en color amarillos; en el E-5 se contó con un 75, siendo el valor más alto, no obstante, en las estaciones E-3 y E-4 se obtuvieron los valores más bajos de 55, considerando la valoración del índice QBR, todas las estaciones se establecen entre 51 -75 (amarillo) teniendo una calidad intermedia, esto quiere decir que cuenta con una alteración promedio.

TABLA VIII  
CORRELACIÓN BILATERAL (PEARSON) ENTRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y LOS ÍNDICES

	pH	T agua (°C)	Conductividad µS/cm	TDS mg/L	OD	Salinidad ‰	IHF	QBR	BMWP/Col	EPT	
pH	Correlación de Pearson	1	.122	.814 <sup>**</sup>	.845 <sup>**</sup>	.886 <sup>**</sup>	.845 <sup>**</sup>	.131	.140	-.437	-.372
	Sig. (bilateral)		.706	.001	<.001	<.001	<.001	.685	.665	.155	.233
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T agua (°C)	Correlación de Pearson	.122	1	.181	.151	.260	.143	-.341	-.253	-.413	-.281
	Sig. (bilateral)	.706		.573	.640	.414	.658	.277	.427	.182	.397
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Conductividad µS/cm	Correlación de Pearson	.814 <sup>**</sup>	.181	1	.952 <sup>**</sup>	.869 <sup>**</sup>	.951 <sup>**</sup>	.210	.192	-.512	-.298
	Sig. (bilateral)	.001	.573		<.001	<.001	<.001	.512	.551	.089	.419
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
TDS mg/L	Correlación de Pearson	.845 <sup>**</sup>	.151	.952 <sup>**</sup>	1	.946 <sup>**</sup>	1.000 <sup>**</sup>	.080	.076	-.541	-.289
	Sig. (bilateral)	<.001	.640	<.001		<.001	<.001	.805	.814	.089	.362
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
OD	Correlación de Pearson	.886 <sup>**</sup>	.260	.869 <sup>**</sup>	.946 <sup>**</sup>	1	.946 <sup>**</sup>	-.101	-.079	-.589	-.375
	Sig. (bilateral)	<.001	.414	<.001	<.001		<.001	.756	.807	.053	.229
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Salinidad ‰	Correlación de Pearson	.845 <sup>**</sup>	.143	.951 <sup>**</sup>	1.000 <sup>**</sup>	.946 <sup>**</sup>	1	.094	.092	-.533	-.283
	Sig. (bilateral)	<.001	.658	<.001	<.001	<.001		.771	.776	.074	.373
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
IHF	Correlación de Pearson	.131	-.341	.210	.080	-.101	.094	1	.954 <sup>**</sup>	.254	.168
	Sig. (bilateral)	.685	.277	.512	.695	.756	.771		<.001	.425	.589
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
QBR	Correlación de Pearson	.140	-.253	.192	.076	-.079	.092	.954 <sup>**</sup>	1	.086	-.052
	Sig. (bilateral)	.665	.427	.551	.814	.807	.776	<.001		.767	.872
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
BMWP/Col	Correlación de Pearson	-.437	-.413	-.512	-.541	-.569	-.533	.254	.096	1	.890 <sup>**</sup>
	Sig. (bilateral)	.155	.182	.089	.069	.053	.074	.425	.767	<.001	
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
EPT	Correlación de Pearson	-.372	-.281	-.258	-.289	-.375	-.283	.169	-.052	.850 <sup>**</sup>	1
	Sig. (bilateral)	.233	.377	.419	.362	.229	.373	.599	.872	<.001	
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

Las correlaciones de Pearson entre diferentes variables fisicoquímicas y de calidad ambiental. Se observa una correlación significativa positiva muy fuerte entre algunas variables, como el pH y la conductividad ( $r = 0.814$ ,  $p < 0.01$ ), pH y TDS ( $r = 0.845$ ,  $p < 0.01$ ), así como entre pH y OD ( $r = 0.886$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual indica que el aumento en el pH se asocia con aumentos en la conductividad, TDS y OD. La salinidad también muestra correlaciones significativas positivas fuertes con el pH ( $r = 0.845$ ,  $p < 0.01$ ), conductividad ( $r = 0.951$ ,  $p < 0.01$ ) y TDS ( $r = 1.000$ ,  $p < 0.01$ ), indicando que, a mayor salinidad, también aumentan estos parámetros. Además, el índice QBR muestra una correlación significativa y positiva con el índice IHF ( $r = 0.954$ ,  $p < 0.01$ ), lo que indica que los hábitats fluviales mejor estructurados tienen una mayor calidad. Comparando, se observaron correlaciones negativas entre el pH y algunas métricas de biodiversidad como BMWP/col ( $r = 0.437$ , no significativo) y EPT ( $r = -0.372$ , no significativo), indicando una influencia compleja de la química del agua sobre la biodiversidad.

## VI. CONCLUSIONES

Basándose en los distintos muestreos realizados, todos ellos de aptitud in situ, con el uso de equipos, se recopilaron datos fisicoquímicos que son fundamentales para el objetivo de conocer el estado a el río Cajamarquino, de la región de Cajamarca. Para la relación entre la calidad de agua e índices BMWP/Col y EPT macroinvertebrados bentónicos, se determina que los resultados indican que, en las diferentes estaciones del río Cajamarquino, al compararlos con los índices BMWP/Col y EPT entre las épocas de lluvia y estiaje, muestran lo que es una clara variación en la calidad del agua. Durante la temporada de lluvias, los valores más altos de ambos índices reflejan una mayor diversidad de macroinvertebrados sensibles a la contaminación, lo que sugiere una mejor calidad del agua gracias a un mayor caudal que favorece la dilución de contaminantes. Los valores más altos para el índice BMWP/Col

se registraron en la estación E-2 durante la época de lluvias, alcanzando un puntaje de 67, y también presentando el valor más alto para el índice EPT con 4. En contraste, los valores más bajos de BMWP/Col se observaron en la estación E-6 durante la temporada de lluvias, con un puntaje de 20, y también para EPT con 1, lo que refleja una menor diversidad de macroinvertebrados sensibles a la contaminación en esta área.

En la época de estiaje, aunque los puntajes en general disminuyen, la estación E-2 sigue manteniendo valores relativamente altos, con un BMWP/Col de 32 y un EPT de 1, mientras que la estación E-6 presenta nuevamente uno de los puntajes más bajos en BMWP/Col con 34. De tal modo, en la época de estiaje, los puntajes más bajos de los índices en todas las estaciones analizadas indican un deterioro en la calidad del agua. Los puntajes más altos de sugieren una mejor calidad del agua, con mayor presencia de especies sensibles a la contaminación. Esto es característico de ambientes con menor impacto antropogénico y mejores condiciones ecológicas. Por otro lado, los puntajes indican una mayor contaminación o degradación del hábitat, con predominancia de especies más tolerantes a condiciones adversas.

El análisis de las especies y familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Cajamarquino aplicando los índices BMWP/Col y EPT durante ambas campañas presentó diversidad de organismos clasificados en diferentes grupos, destacando Gastropoda, Amphipoda, Insecta, en los cuales se incluye órdenes como Diptera (Simuliidae, Gigantodax sp), Ephemeroptera (Leptohephyidae, Baetidae, Leptophlebiidae), y Trichoptera (Hydroptilidae, Hydroptila sp), Siendo así, el índice BMWP/Col, obtuvo valores que oscilaron entre 20 (E-6, época de lluvia) y 67 (E-2, estiaje) y valores de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) entre 1 y 4 según la estación y la época del año, reflejando variaciones en la calidad del agua en función de las condiciones climáticas.

En cuanto al monitoreo de la calidad de agua del río Cajamarquino en base a los parámetros fisicoquímicos durante la época de lluvia y estiaje, los resultados muestran que los parámetros, en el caso del pH, indican que es ligeramente alcalino en ambas temporadas, oscilando entre 8.3 y 9.46, con un ligero aumento en lluvias. La temperatura del agua varía entre 18.3°C y 19.3°C en estiaje, y entre 16.4°C y 20.3°C en lluvias, observándose una mayor temperatura en la temporada de lluvias. Para la conductividad es más alta durante las lluvias, de 642 a 846 µS/cm, en comparación con el estiaje que es de 608 a 760 µS/cm. Del mismo modo, los sólidos disueltos totales (TDS) aumentan notablemente en época de lluvias, de 377 a 415 mg/L, en comparación con 191.8 a 252 mg/L en estiaje. Los niveles de oxígeno disuelto (OD) son más altos en lluvias, de 7.78 a 8.84 mg/L, a comparación con el estiaje que presenta 07 a 5.97 mg/L. Asimismo, la salinidad muestra un incremento menor, de 0.19‰ a 0.25‰ en estiaje y de 0.37‰ a 0.42‰ en lluvias durante la etapa de análisis.

Por último, según el tercer objetivo específico en la descripción de las características hidromorfológicas y de la vegetación de ribera con la aplicación de los índices IHF y QBR-And, durante ambas épocas, se obtuvo que las estaciones E-1, E-5 y E-6 presentan los valores más altos para ambos

índices, lo cual indica una mejor calidad del hábitat fluvial y del bosque en estas estaciones. El índice QBR varía de 55 a 75, siendo E-5 la estación con el valor más alto (75) y E-3 y E-4 con los valores más bajos (55). Para el índice IHF, los valores oscilan entre 64 y 76, destacando la estación E-5 con el valor más alto (76).

#### REFERENCIAS

- [1] Nations U. Agua | Naciones Unidas [Internet]. United Nations. 2023 [cited 2025 Feb 4]. Available from: <https://www.un.org/es/globalissues/water>
- [2] Paredes-Vilca OJ, Jiménez Díaz L, Dávila García J, Apaza Cruz J. Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte. *Rev Investig Altoandín*. 31 de enero de 2024;26(1):56-66.
- [3] Ladrera R, Rieradevall M. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA.
- [4] Bonada N, Prat N, Resh VH, Statzner B. DEVELOPMENTS IN AQUATIC INSECT BIOMONITORING: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu Rev Entomol*. 1 de enero de 2006;51(1):495-523.
- [5] Chapman DV. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, Second Edition. 2nd ed. Milton: Taylor & Francis Group; 1996. 1 p.
- [6] Del Canto, E., & Silva Publicaciones, A. (2013). Metodología Cuantitativa: Abordaje Desde La Complementariedad En Ciencias Sociales. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, III (141), 25-34.
- [7] Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- [8] Chávez Vásquez, M. (2020). Mashcón, el río cajamarquino que se ahoga en basura . *Agroperu.pe*.
- [9] Gobierno Regional de Cajamarca. (2023). *Plan Operativo Institucional* . Gob.pe.
- [10] ISO. (2014). *ISO 5667-6:2014 Water quality — Sampling — Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/55451.html>
- [11] Ramírez, Alonso. (2010). Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical* , 58 (Supl. 4), 41-50.
- [12] Forero, L. C., Longo, M., Ramírez, J. J., & Chalar, G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia. *Revista de biología tropical*, 62, 233-247.
- [13] López Mendoza, S., Huertas Pineda, D., Jaramillo Londoño, Á. M., Calderón Rivera, D. S., & Díaz Arévalo, J. L. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 269-288.
- [14] Reyes Reusará, J., Rodríguez Morales, JA, Pimienta de la Torre, DDJ, Fuentes Pérez, MA, Marroquín Morales, P., Merino García, A., & Aguirre Medina, JF (2022). Diversidad y estructura de árboles de sombra asociados a *Coffea arabica* L. en Soconusco, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales* , 13 (71), 4-27.
- [15] Soler, P. E., Berroterán, J. L., José, G., & Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía tropical*, 62(1-4), 25-37.
- [16] Trama, F. A., Salcedo Gustavson, S. A., Demarcy, L., Erburu Cardozo, L., Jara Palomino, B. A., Muñoz Ccuro, F. E., ... & Rizo Patrón Viale, F. L. (2020). Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista peruana de biología*, 27(2), 149-168.
- [17] Herrera-Martínez, J. R., Navarro-Sining, B. A., Torres-Cervera, K. P., Martínez-García, N., Royero-Ibarra, A., & Cahuana-Mojica, A. (2022). Determinación de los índices BMWP/COL,(QBR),(IHF) e ICO en Valledupar, Colombia. *Revista Politécnica*, 18(35), 110-127.
- [18] Mendoza-Muñoz, Y., Ormachea-Gamero, C. R., Huaman, H. R. H., & Luque-Callo, N. A. (2022). 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.
- [19] Tisnado, G. M., Tafur, C. M., Polo-Corro, J. L., & Revilla, M. H. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del Río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *REBIOL*, 40(1), 85-98.
- [20] Jáuregui, D. (2019). *Determinación de la calidad del agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal-Celendín* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Ambiental. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 70p).