

Determination of Water Quality of the ChancayBaños River Applying Aquatic Macroinvertebrates

Atoche-Bazán, Leslie¹, Cordova-Rojas, Carlos¹, Ramos-Camacho, Anderson¹, Sanchez-Llanos, Sergio¹, Velezmore-Cruzado, Katherine¹, Sanchez-Peña Marco¹

¹ Universidad Privada Del Norte, Perú, N00273326@upn.pe, N00276784@upn.pe, N00299701@upn.pe, N00237860@upn.pe, N00236645@upn.pe, marco.sanchez@upn.pe

Summary – The objectives of the research were to analyze the quality of water in the ChancayBaños River by applying aquatic macroinvertebrates and biotic indices, taking into account physicochemical parameters (pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, TDS, salinity), as well as the list of benthic macroinvertebrates identified for the application of biotic indices of environmental quality (BMWP/Col and EPT), as well as the Shannon and Simpson diversity indices. In addition, obtaining the list of plants identified in the sampling stations and applying the IHF and QBR indices, considering all the data obtained from both campaigns carried out.

For the investigation, two samples were carried out, one in dry season and the other in rainy season, collecting a total of 16 samples in which the identification of macroinvertebrates present in the body of water was applied. Thus, a descriptive study was carried out, with results such as a pH whose average value is 7.2 and a maximum of 8.88 in E-7 at the dry season; the highest conductivity concentration was given for station E-1 with 365 $\mu\text{S}/\text{cm}$; of all the samples an average salinity of 0.095 and temperature of 23.7°C was obtained. For the TDS the maximum and minimum values were found in E-1, considering both campaigns. On the other hand, the indices IHF and QBR establish that the quality of the riverbank is of intermediate quality or in some stations of strong alteration, while the description of the fluvial habitat is in the ranges of habitat with some limitations and adequate habitat.

Additionally, the EPT and BMWP/col indices obtained values that were classified as poor water quality with contamination in the critical and very critical range. Concluding that, if there is a relationship between the results of the physicochemical parameters, benthic macroinvertebrates, biotic and diversity indices with the quality of the ChancayBaños river.

Keywords: Water quality, physicochemical parameters, indices, macroinvertebrates.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

IV. METODOLOGÍA

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos son sistemas de agua con movimiento constante unidireccional sobre la superficie terrestre. Los que se reabastecen de agua con la precipitación y los escurrimientos superficiales, los mantos freáticos y el deshielo de las altas montañas [1]. Los cursos de agua más importantes, como el mar o el océano, y las distintas regiones generalmente están conectados por ríos [2]. La interrupción y contaminación de los ríos pueden tener efectos profundos en el ciclo hidrológico del agua, lo que a su vez puede desencadenar trastornos significativos en el clima de la Tierra, en los procesos isostáticos y en la conservación de diversos ecosistemas [3]

Los macroinvertebrados acuáticos son una técnica novedosa aplicada para conocer los índices de contaminación en las aguas los cuales, según el orden, la familia y el género al que pertenecen tiene o no tolerancia a las condiciones que el agua le puede presentar por eso sirven como bioindicadores de calidad [4].

El uso de bioindicadores se utiliza para dos tipos de estudios: el diagnóstico o evaluación rápida, siendo puntual en el tiempo y habitualmente se basa en la comparación entre sitios desde río arriba y río abajo de un punto donde se dé la contaminación). La mayoría de los métodos e índices usados en la evaluación de la calidad biológica del agua han sido desarrollados para ecosistemas lóticos (ríos y quebradas) [5].

Los índices bióticos son ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, en especial de los ríos. Estos índices asocian a los taxa presentes (familia, género, especie) con un valor numérico según su nivel de tolerancia. Este valor, a su vez, es utilizado en conjunto con la riqueza taxonómica (índices cualitativos) o en combinación con las abundancias relativas (índices cuantitativos) para llegar a un valor final del índice [5].

Las actividades antropogénicas representan una fuente significativa de perturbación en la calidad del agua. En la zona de estudio el problema principal de la contaminación del río está asociado a las descargas de aguas residuales, y aporte de nutrientes en el agua provenientes de las actividades agrícolas. Estos incluyen, pero no se limitan a, compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, nitratos y fosfatos. La presencia de estos contaminantes puede alterar la homeostasis de los ecosistemas acuáticos, lo que resulta en una disminución de la biodiversidad y la salud ecológica [6].

La calidad del agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, siendo así como los parámetros físico-químicos dan información extensa sobre sus propiedades y la ventaja de emplearlos es que sus análisis suelen ser rápidos y económicos; lo cual los hace fáciles de monitorear para identificarlos lo que nos permite resolver conflictos sobre la integridad ecológica del espacio que se va a evaluar [7].

El presente estudio adopta un enfoque descriptivo, ya que está orientado a recolectar información relacionada con el estado real de las situaciones o fenómenos. Describiéndolos de manera objetiva y sin intervención [8].

4.1. Descripción del lugar de estudio

El área de estudio abarca el río Chancaybaños, perteneciente a la cuenca de la quebrada Agua Dulce, en la zona urbana del distrito Chancaybaños [9], al Norte del Perú. Geográficamente, se sitúa entre los paralelos 6° 20' y 6° 56' de Latitud Sur, y los meridianos 78° 38' y 80° 00' de longitud Oeste. La cuenca tiene 5555.49 km² y limita al norte con las cuencas de los ríos Motupe-La Leche, al sur con Jequetepeque y Zaña, al este con Llaucano y Chotano, y al oeste con el Océano Pacífico [10] La zona de Chancaybaños es ecológicamente diversa y geográficamente significativa, dentro de la provincia de Santa Cruz, en el departamento de Cajamarca, Perú, caracterizada por presentar una llanura de pendientes suaves que está densamente cubierta por un bosque donde se cuenta con un ecosistema de bosque árido premontano tropical [11]. Actualmente, en esta localidad no se cuenta con la presencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), lo que no permite el adecuado tratamiento de sus aguas residuales, lo que genera de tal manera que éstas se descarguen directamente en el río de Chancaybaños [12]. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, la población era de aproximadamente 3942 habitantes en el año 2005, por lo que considerando el crecimiento exponencial de la población identificada en Cajamarca en los últimos años se puede afirmar que esa cifra podría estar superando los 4000 habitantes [13].

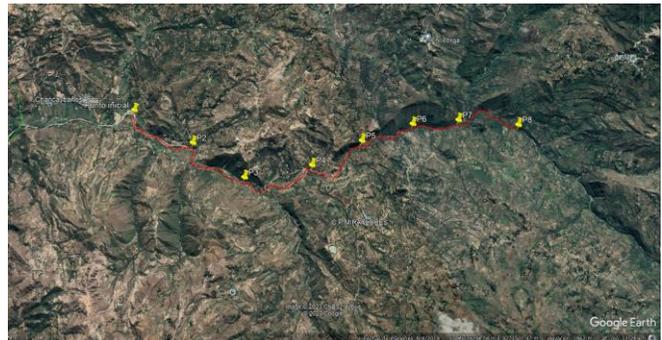


Fig.1. Ubicación de puntos de muestreo

4.2. Selección de estaciones y toma de muestras:

El estudio abarca 8 estaciones a lo largo de un tramo de 8 kilómetros en las orillas del río Chancaybaños. Se tomaron muestras a una distancia de 1 metro desde la orilla, con una separación de 1 kilómetro entre estaciones. Las mediciones se realizaron en dos momentos: época seca y de lluvia, con el objetivo de obtener datos representativos de las condiciones del río a lo largo del tiempo y el espacio de evaluación.

TABLA I
COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS84 DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

ESTACIONES	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTITUD (M.S.N.)
E-1	736488.25 m E	9272043.04m S	1617
E-2	737143.00 m E	9271104.00m S	1645
E-3	737778.39 m E	9270012.44 m S	1654
E-4	738651.00 m E	9269903.93 m S	1658
E-5	739645.00 m E	9269888.04 m S	1689
E-6	740546.00 m E	9269738.00 m S	1718
E-7	741253.00 m E	9269456.00 m S	1723
E-8	742087.00 m E	9268945.00 m S	1755

4.3. Toma de muestras:

Considerando la variable a analizar, calidad de agua mediante la identificación de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos y, se realizó una serie de procedimientos para la determinación de estos.

4.3.1. Análisis Fisicoquímico in situ:

En el proceso, las muestras de agua de cada estación se obtuvieron a 1 metro desde la orilla, cubriendo un área de 100 metros a lo largo del río. Se descartaron las primeras 3 recolecciones, considerando la cuarta como la muestra definitiva. Utilizando un equipo Multiparámetro con tres sondas, se analizaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, TDS, salinidad y oxígeno disuelto. Además, en cada estación se registraron medidas de temperatura y humedad con un termohigrómetro. Estos análisis proporcionarán datos fundamentales sobre el estado físico, químico, biológico y la calidad del agua del río [14].

4.3.2. Identificación de la vegetación en la ribera con el índice QBR:

En cada una de las ocho estaciones de muestreo, se aplicó el índice QBR-And [15], el cual permitió no solo identificar la diversidad, composición y estructura de la vegetación a lo largo de la ribera del río Chancaybaños, describiendo el estado ecológico como muy bueno, bueno, regular, malo o pésimo [16].

4.3.3. Determinación de la calidad de los tramos fluviales con el índice IHF:

Se evaluó las condiciones del cauce del río para cada estación de muestreo considerando el índice IHF (Índice de hábitat Fluvial), al ser esta de valoración rápido permitió obtener una evaluación precisa de la calidad del hábitat en cada

punto de muestreo. El IHF, al considerar múltiples variables relacionadas con la estructura y las condiciones del entorno fluvial [17], brindó información esencial sobre la relación del hábitat con la fauna asociada al río Chancaybaños.

4.3.4. Determinación de especies vegetales colectadas en las estaciones de muestreo:

Para evaluar la calidad de los ecosistemas de ribera se realizó una recolección de plantas considerando la vegetación 15 metros a la derecha y a la izquierda de la ribera del río, en cada punto de muestreo en un largo de 100 metros. Tomándose fotografías de las plantas recolectadas y una rama pequeña de los árboles para su identificación posterior.

4.3.5. Método de muestreo de Macroinvertebrados Acuáticos:

Se empleó un método estandarizado para recolectar macroinvertebrados acuáticos en cada estación de muestreo. Se seleccionó un área a un metro desde la ribera hacia el río y se utilizó el método de dragado, arrastrando una red a través del fondo del río para recolectar los macroinvertebrados. Estos se colocaron en frascos de 100 ml con alcohol, cubriendo la muestra, en cada estación de muestreo. En la época de lluvia, se optó por usar envases más grandes de 500 ml.

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

Para evaluar la calidad del agua a través de macroinvertebrados, se utilizarán índices bióticos como el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) [18] y el índice BMWP/col (Biological Monitoring Working Party) [19]. Estos índices se basan en la presencia y abundancia de ciertos grupos de macroinvertebrados en el ecosistema acuático.

4.3.7. Índices de Shannon y Simpson para macroinvertebrados:

Se realizó el análisis de la diversidad y la equitatividad de especies en un ecosistema acuático. El índice de Shannon se basa en la diversidad de especies presentes, considerando tanto la riqueza (número de especies) como la uniformidad de su distribución [20]. Mientras que el índice de Simpson se centra más en la dominancia de especies, dando mayor peso a las especies más abundantes [21]. Ambos índices se calcularon a partir de la distribución de abundancias de especies en una muestra de macroinvertebrados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de la investigación sobre la calidad del agua del río Chancay Baños, abordada mediante la aplicación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores ambientales. Los análisis fisicoquímicos, junto con índices bióticos como el BMWP/col, EPT, IHF, QBR, así como índices de diversidad biológica como el de Shannon y Simpson

Los resultados de las 2 campañas, una en lluvia y otra en época de estiaje, por cada estación de monitoreo, organizada la

información determinada luego de los procedimientos efectuados para la medición de parámetros fisicoquímicos.

TABLA II
RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Estaciones	Época	pH	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinidad (%)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxígeno disuelto (mg/L)	TDS (mg/L)
E-1	Lluvia	8.76	154	0.07	24.8	6.54	70.3
	Estiaje	8.76	365	0.17	23.2	6.74	169.6
E-2	Lluvia	8.66	163.6	0.07	23.5	6.23	74.3
	Estiaje	8.71	233	0.11	24.3	6.72	107.3
E-3	Lluvia	8.6	158.2	0.07	23.4	6.3	72.9
	Estiaje	8.73	232	0.1	25.7	6.68	106.4
E-4	Lluvia	8.71	160.2	0.07	23.2	5.92	73
	Estiaje	8.85	224	0.1	23.5	6.76	102.6
E-5	Lluvia	8.55	169.5	0.07	23.6	6.7	73.4
	Estiaje	8.77	254	0.12	24.5	6.69	120.4
E-6	Lluvia	8.47	162.4	0.07	23.8	7.06	74.4
	Estiaje	8.80	224	0.1	24.2	7.20	101.5
E-7	Lluvia	8.39	157.2	0.07	22.6	6.4	71.8
	Estiaje	8.88	238	0.1	25.6	7.08	104.8
E-8	Lluvia	8.35	162.2	0.07	21.9	6.81	74.4
	Estiaje	8.47	225	0.1	23.2	6.42	104.5

A partir de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, el pH del río Chancaybaños muestra variaciones estacionales y estacionales, manteniéndose generalmente alcalino entre 8.35 y 8.88. La estación E-7 registra el pH más alto durante el estiaje (8.88), mientras que la estación E-8 muestra el pH más bajo durante la temporada de lluvias (8.35). La conductividad eléctrica varía entre estaciones, siendo más alta en E-1 durante el estiaje (365 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y más baja en E-1 durante la lluvia (154 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando diferencias en la concentración de iones. La salinidad aumenta durante el estiaje, destacando en estaciones como E-2 y E-4. La temperatura del agua es generalmente más alta durante el estiaje en la mayoría de las estaciones. Los niveles de oxígeno disuelto son aceptables, con E-6 mostrando el valor más alto (7.20 mg/L) durante el estiaje y E-4 el más bajo (5.92 mg/L) durante la lluvia. Los sólidos disueltos totales varían, siendo E-1 el más alto durante el estiaje (169.6 mg/L) y E-1 el más bajo durante la lluvia (70.3 mg/L), indicando la concentración de sustancias disueltas en el agua.

TABLA III

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Macroinvertebrados			Época de estiaje	Época de Lluvia
Clase	Orden	Familia	Promedio total	Promedio total
Insecta	Diptera	Simuliidae	1	1
		Chironomidae	13	103
		Ceratopogonidae	--	1
		Tipulidae	--	1
	Odonata	Aeshnidae	1	--
	Hemiptera (Heteroptera)	Naucoridae	4	--
		Plecoptera	Perlidae	--
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	2
		Baetidae	2	2
		Caenidae	--	4
		Hydropsychidae	--	1
	Trichoptera	Hydropsychidae	5	3
		Hydrobiosidae	--	7
		Polycentropodidae	--	5
		Hidrotipidae	19	60

Observamos la abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el río Chancaybaños durante las épocas de estiaje y lluvia. En la época de estiaje, se registraron principalmente insectos de la clase Diptera y la presencia de algunos individuos en las clases Odonata y Hemiptera (Heteroptera), mientras que la época de lluvia mostró un aumento significativo, especialmente en la familia Chironomidae de la clase Diptera. Además, se detectaron individuos en varias familias de las clases Ephemeroptera y Trichoptera. Las diferencias estacionales reflejan cambios en la comunidad de macroinvertebrados, proporcionando información valiosa sobre la ecología del río en diferentes períodos del año. Siendo igual de predominante la presencia de la familia Chironomidae en el estudio realizado del humedal costero de las Albuferas de Medio Mundo en Lima [22].

TABLA IV

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LOS ÍNDICES EPT, BMWP/COL, SHANNON Y SIMPSON PARA MACROINVERTEBRADOS

Estaciones	Época	EPT	BMWP/col	Shannon	Simpson
E-1	Lluvia	3	26	1.05	2.26
	Estiaje	0	7		
	Lluvia	5	47		

E-2	Estiaje	1	10	1.39	2.89
E-3	Lluvia	1	11	1.07	2.54
	Estiaje	1	7		
E-4	Lluvia	2	19	0.96	2.13
	Estiaje	2	17		
E-5	Lluvia	3	25	1.15	2.63
	Estiaje	1	16		
E-6	Lluvia	3	28	1.27	2.84
	Estiaje	2	16		
E-7	Lluvia	4	41	0.96	1.83
	Estiaje	0	2		
E-8	Lluvia	2	2	1.03	2.31
	Estiaje	1	15		

Tomando en cuenta la tabla IV, se obtuvo la diversidad biológica en diferentes estaciones del río Chancaybaños durante las épocas de lluvia y estiaje. Se observa en la tabla V que la estación E-7 muestra una alta abundancia de macroinvertebrados durante la época de lluvia, pero experimenta una disminución significativa en la época de estiaje. Para el índice EPT, en los resultados de la época de estiaje se contaron con valores de 0, siendo la E-1 y E-7 respectivamente, mientras que para la época de lluvia los valores de algunas estaciones subieron exponencialmente; es así que, a partir de los valores obtenidos y haciendo uso de la escala de valores del índice EPT, los valores se encuentran dentro de “mala” en calidad de agua; por otro lado, para el BMWP/col entre las dos épocas se obtuvieron valores de aguas muy críticas o críticas para la calidad del agua. A diferencia del Río Mosca Del Cantón Junín que, al evaluar los mismos índices, obtuvieron una calidad de agua buena.[23]

Adicionalmente, es importante destacar que los valores de Shannon y Simpson permanecen constantes en la mayoría de las estaciones entre las épocas de lluvia y estiaje, lo que sugiere una estabilidad relativa en la diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo del año en estas estaciones específicas. Estos resultados proporcionan información clave para comprender la respuesta de la comunidad biológica del río Chancaybaños a las variaciones estacionales y la posible influencia de factores ambientales en la salud del ecosistema acuático.

TABLA V

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

Familia		Especies vegetales identificadas en las estaciones de muestreo															
		Época estiaje								Época lluvia							
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Lamiaceae	Leonotis	X				X	X	X	X			X	X	X		X	
	Teucrium		X					X	X			X	X	X		X	
	Baccharis			X	X					X	X	X	X			X	
	Lactuca			X			X			X					X	X	
	Ambrosia	X	X			X	X	X	X					X		X	

Asteraceae	Hypochaeris	X	X			X		X	X	X	X	X				
	Ambrosia	X	X					X	X	X			X	X		X
	Bellis			X	X			X				X	X	X	X	X
	Nerium					X							X			
Apocynaceae	Asclepias	X	X			X		X	X	X			X	X		X
	Caesalpinia		X	X	X	X				X		X	X	X	X	X
	Cajanus	X	X	X				X	X	X	X			X		
Fabaceae	Trigonella			X				X					X			X
	Prosopis	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X
	Caesalpinia	X	X			X	X	X					X			X
Euphorbiaceae	Ricinus	X	X	X				X	X	X	X					X
Polygonaceae	Polygonum		X	X	X					X		X	X			
Papaveraceae	Argemone	X	X	X				X	X	X	X	X			X	X
Solanaceae	Physalis	X		X	X			X	X			X	X			X
Poaceae	Pennisetum		X			X	X			X			X	X	X	X
Molluginaceae	Mollugo	X	X			X	X			X	X		X	X		
Boraginaceae	Echium			X				X	X			X			X	X
Myrtaceae	Eucalyptus	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X

A partir de la clasificación de las especies vegetales identificadas por familia y género en las estaciones de muestreo por ambas campañas, se concluye que todas las especies identificadas en las estaciones de muestreo son autóctonas, de la misma zona, sin presencia de especies introducidas, conservándose así las especies silvestres que habitan en los bosques. Siendo la familia *Fabaceae* y el género *Prosopis* los que presentan mayor abundancia identificada en las estaciones de muestreo considerando ambas campañas. Coincidiendo así con la premisa de que esta zona es caracterizada por presentar diversas zonas de vida, tales como: bosque seco premontano tropical, bosque seco montano bajo tropical, y monte espinoso premontano tropical con especies vegetales propias de estos ecosistemas [24].

TABLA VI

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LOS ÍNDICES QBR E IHF

Estaciones de muestreo	Resultados del índice QBR e IHF							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Valores obtenidos (QBR)	70	60	55	55	75	60	30	35
Valores obtenidos (IHF)	74	69	64	67	76	66	55	68

De acuerdo con la Tabla VI, se analizaron los resultados de los índices QBR e IHF, de los cuales, el primer mencionado indica que las estaciones E-5 y E-1 muestran los valores más altos, con 75 y 70 respectivamente, sugiriendo condiciones relativamente saludables en términos de calidad del río. Por otro lado, las estaciones E-7 y E-8 presentan valores más bajos, los

cuales se representan con un color naranja que indica una alteración fuerte, siendo de mala calidad con valores de 30 y 35 respectivamente, indicando condiciones menos favorables. Además, que el resto de estaciones se representan con un color amarillo, el cual indica una calidad intermedia. En cuanto al Índice de hábitat fluvial (IHF), nuevamente las estaciones E-5 y E-1 lideran con valores de 76 y 74, de los cuales el E-5 adquiere una representación azul indicando un hábitat adecuado, sugiriendo hábitats de fondos más saludables. Las estaciones E-7 y E-8 muestran valores más bajos, con 55 y 68 respectivamente, indicando una menor calidad en los hábitats de fondos. En donde el resto de hábitats que se encuentren entre 40 – 75 se representan con el color amarillo de calidad intermedia.

TABLA VII

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

		pH	Temperatura Agua	Temperatura Aire	Conductividad	TDS	OD	Salinidad	BMWPCol	EPT	IHF	QBR
pH	Correlación de Pearson	1	.892*	-.139	.495	.473	.198	.481	-.271	-.400	.109	.265
	Sig. (bilateral)		.003	.608	.051	.064	.462	.059	.309	.124	.888	.141
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Temperatura Agua	Correlación de Pearson	.892*	1	-.198	.241	.219	.346	.208	-.228	-.333	-.074	.237
	Sig. (bilateral)	.003		.483	.368	.415	.189	.438	.385	.208	.784	.377
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Temperatura Aire	Correlación de Pearson	-.139	-.198	1	-.607*	-.619*	-.174	-.620*	.107	.362	.092	-.113
	Sig. (bilateral)	.608	.483		.013	.011	.519	.010	.692	.168	.735	.677
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Conductividad	Correlación de Pearson	.495	.241	-.607*	1	.899*	.348	.994*	-.556*	-.896*	.191	.183
	Sig. (bilateral)	.051	.368	.013		<.001	.187	<.001	.046	.003	.477	.498
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
TDS	Correlación de Pearson	.473	.219	-.619*	.899*	1	.326	.997*	-.493	-.889*	.230	.211
	Sig. (bilateral)	.064	.415	.011	<.001		.218	<.001	.052	.003	.391	.432
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
OD	Correlación de Pearson	.198	.346	-.174	.348	.326	1	.317	-.382	-.291	-.071	.019
	Sig. (bilateral)	.462	.189	.519	.187	.218		.231	.144	.275	.794	.944
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Salinidad	Correlación de Pearson	.481	.208	-.620*	.994*	.997*	.317	1	-.478	-.876*	.255	.241
	Sig. (bilateral)	.059	.439	.010	<.001	<.001	.231		.081	.004	.341	.368
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
BMWPCol	Correlación de Pearson	-.271	-.228	.107	-.556*	-.493	-.382	-.478	1	.909*	.007	.140
	Sig. (bilateral)	.309	.385	.692	.046	.052	.144	.081		<.001	.979	.696
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
EPT	Correlación de Pearson	-.400	-.333	.362	-.696*	-.689*	-.291	-.678*	.909*	1	.011	.064
	Sig. (bilateral)	.124	.208	.188	.003	.003	.275	.004	<.001		.989	.815
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
IHF	Correlación de Pearson	.109	-.874	.092	.189	.238	-.071	.256	.007	.811	1	.815*
	Sig. (bilateral)	.688	.784	.735	.477	.391	.794	.341	.979	.968		<.001
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
QBR	Correlación de Pearson	.385	.237	-.113	.183	.211	.019	.241	.140	.064	.815*	1
	Sig. (bilateral)	.141	.377	.677	.498	.432	.944	.388	.858	.815	<.001	
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

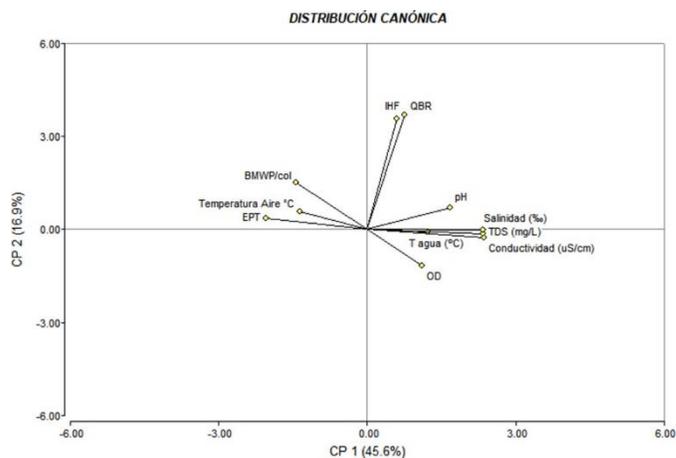
** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

El análisis de la presente tabla VII Correlación de Pearson, revela diversas correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura del agua, temperatura del aire, Conductividad, TDS, OD y salinidad) e índices de calidad ambiental (BMWPCol, EPT, IHF y QBR) evaluados del río Chancaybaños tanto en época de estiaje y de lluvia. La acidez del agua, representada por el pH, muestra una correlación positiva notable con la temperatura del agua y la conductividad, indicando una posible relación entre estos factores. A su vez, la temperatura del agua exhibe una fuerte correlación positiva con el pH y una correlación negativa con la temperatura del aire. La conductividad del agua presenta una correlación significativa con el TDS (sólidos disueltos totales) y otras variables asociadas a la calidad del agua. Además, el índice BMWPCol, que evalúa la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos, muestra una fuerte correlación positiva con la EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), sugiriendo una conexión entre la diversidad biológica y la calidad del agua. Por otro lado, el índice QBR (Índice de Calidad del Hábitat del Arroyo) exhibe correlaciones significativas con varios parámetros, incluyendo la temperatura del agua y la salinidad. Estos hallazgos proporcionan una visión integral de las interrelaciones entre las variables estudiadas, arrojando luz sobre la complejidad del entorno acuático analizado.

GRÁFICO I

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN AMBAS CAMPAÑAS DE MUESTREO



La gráfica indica lo que es el análisis de componentes principales, que se realizó con los parámetros fisicoquímicos y los índices de calidad ambiental de las estaciones E-1 a E-8 (época de estiaje) y de E-9 a E-16 (época de lluvia) da que la varianza total de los datos se puede explicar en un 61.5% por dos componentes principales el CP 1 (45.6%): asocia positivamente a la salinidad, el TDS y la conductividad, y negativamente al índice OD, en cuanto el CP 2 (16.9%) asocia positivamente a la temperatura del agua y la temperatura del aire, y negativamente al pH. El hecho de que la que, la salinidad, el TDS y la conductividad se encuentren juntas en el cuadrante IV sugiere que estas variables están relacionadas entre sí. Esto puede deberse a que todas ellas están influenciadas por la concentración de sales en el agua. Esto significa que, en general, estas variables tienden a aumentar en conjunto en la dirección de CP 1 (es decir, a medida que la salinidad, el TDS y la conductividad aumentan, el índice OD disminuye), pero a disminuir en conjunto en la dirección de CP2 (es decir, a medida que la salinidad, el TDS y la conductividad aumentan, la temperatura del agua y la temperatura del aire disminuyen).

VII. CONCLUSIONES

A partir de la serie de muestreos realizados, todos ellos de aptitud in situ, con ayuda de equipos se logró recolectar datos fisicoquímicos que le aportan relevancia al objetivo que es conocer las condiciones actuales en las que se encuentra el río Chancaybaños en la provincia de Santa Cruz, donde tenemos que las muestras de pH en las 8 estaciones tienen un promedio es de 7.2 y la interpretación es que es ligeramente alcalino, tenemos la conductividad eléctrica por ambas campañas que mostraron un rango parecido donde el valor más alto es de 369 µS/cm y el más bajo fue de 224 en la campaña de lluvia, el más

alto fue de 163 y el más bajo fue de 154 lo que nos indica que mayor caudal menos conductividad. en el caso de la salinidad es de 0.095% y en estiaje fue de 0.12% en caso de la época de lluvia fue de 0.07% lo que resalta que la escorrentía superficial es menor en época de estiaje por lo que la salinidad del río se concentra más eso explica los resultados altos. Tenemos ahora la temperatura que es de 23.7 °C donde el promedio de la primera campaña es de 24.2 °C mientras que en la época de lluvia es de 23.2 °C, reconocemos que la temperatura más alta es en la época de estiaje que en la de lluvia. El oxígeno disuelto de río tiene un promedio de 6,64 mg/L en la de estiaje 6,48 mg/L el más bajo en ambas campañas es de 5.92 mientras que el más alto fue de 7.20.

Tenemos también los macroinvertebrados encontrados y recolectados lo que nos sirve como un indicador de la calidad de agua que hay en el río, en ambas campañas encontramos 4 familias en la época de estiaje, tenemos que en la época de lluvia esto aumentó ya que se encontró 7 familias la segunda visita. En caso del índice IHF donde vemos que los valores se encuentran entre 40-75 lo que indica que es un hábitat adecuado, mientras que en el QBR se establecen los resultados de 51-75 lo que da un indicio de que la calidad es intermedia y de 26 y 50 que nos indica que hay una alteración fuerte que se traduce como mala calidad de agua. En el EPT tenemos un valor promedio de 1.94 en ambas épocas y al evaluar los valores generales según la escala de este índice, se constata que estos se sitúan dentro de la categoría 'mala' en términos de calidad del agua.

Por otro lado, en los resultados BMWP/col donde las medidas de las estaciones nos dieron un valor de <15 siendo muy críticas (rojo), otras menos críticas arrojando valores 16-35 siendo críticas en la segunda campaña tenemos los valores de 36-60 siendo de calidad dudosa de color amarillo señalamos también que en la época de estiaje hubo disminución de valores y así mismo de calidad en la época de lluvia. En la diversidad de especies con los índices de Shannon y Simpson se obtuvieron valores bajos siendo un promedio general por índice por ambas estaciones (estiaje y lluvia) de 1,09 y 2.41 respectivamente, ya siendo la causa de las condiciones de calidad de río en cuanto a los parámetros fisicoquímicos quienes expliquen el porqué de estos resultados tan bajos.

De esta manera, se han revelado variaciones estacionales y espaciales en los parámetros fisicoquímicos del agua y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, resaltando la importancia de un monitoreo continuo y una investigación más exhaustiva en esta área. Siendo futuras investigaciones las que podrían enfocarse más en identificar influencias antropogénicas y geográficas en la zona, así como en comprender las modificaciones ecosistémicas que existen. Asimismo, es fundamental establecer sistemas de monitoreo que empleen comunidades acuáticas, como los macroinvertebrados en los ríos, para mejorar la vigilancia de la calidad de los ecosistemas acuáticos mediante la aplicación de sistemas de evaluación técnicos y de bajo costo. Este estudio podría sentar las bases para nuevas líneas de investigación, como el estudio de la ecología de especies, el análisis de nichos ecológicos y gremios tróficos,

así como la evaluación del impacto de las actividades humanas en la calidad del agua, o la modelización de los efectos del cambio climático en el ecosistema del río.

REFERENCIAS

- [1] Garnero, G. (2022). El estudio histórico de ríos: una propuesta teórica-metodológica. https://www.academia.edu/75101016/El_estudio_histórico_de_ríos_una_propuesta_teórica_metodológica
- [2] N. (15 de febrero, 2018). Río: Definición, Partes, Características, Tipos e Importancia - TÉRMINOS Y DEFINICIONES. TÉRMINOS Y DEFINICIONES/<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v2n1/a18v2n1.pdf>
- [3] Honorio Campoblanco Díaz, & Julia Gómero Torres. (2015). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas, 3(5), 57-63. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2539/2229>
- [4] Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (n.d.). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA. https://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- [5] Springer, M. (2023). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58, 53-59. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a03v58s4.pdf>
- [6] Mora-Barrantes, J. C., Sibaja-Brenes, J. P., & Borbón-Alpizar, H. (2021). Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica en el agua de lluvia y de niebla. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- [7] Eugenia, N., Escobar, C., & Escobar, J. C. (2023). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería E Investigación*, 27(3), 172-181. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- [8] Villanueva, F. J. (2022). Metodología de la investigación. Klik Soluciones Educativas, S.A. de C.V. <https://books.google.es/books?id=6e-KEAAAQBAJ&lpg=PP1&dq=metodologia%20de%20car%3%A1cter%20descriptivo%2C&lr&hl=es&pg=PA2#v=onepage&q&f=true>
- [9] Zona Reservada Chancaybaños. (2018). Mincetur.gob.pe. https://consultasenlinea.mincetur.gob.pe/fichaInventario/index.aspx?cod_Ficha=1966#~:~:text=Descripci%C3%B3n,pendientes%20suaves%20cubiertas%20de%20bosque
- [10] ypsa-Tecnoma-Engecorps, C. (n.d.). *Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay-Lambayeque Diagnóstico Participativo de la Gestión de los Recursos Hídricos MEMORIA DIVULGATIVA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE* Pág. 0. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1961/ANA0000831.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] SERNANP. (2019). DECRETO SUPREMO N°001-96-AG. Org.pe. <https://legislacionanp.org.pe/wp-content/uploads/1996/02/DECRETO-SUPREMO-N°001-96-AG.pdf>
- [12] SUNASS. (2023). Lista de registro de PTAR. Gob.pe. <http://aplicaciones.sunass.gob.pe:8080/adm-ptar/ptar/listado>
- [13] Divulgativa, M., & Chancay-Lambayeque, C. (2012). Diagnóstico Participativo de la Gestión de los Recursos Hídricos. Gob.pe. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1961/ANA0000831.pdf?seq>
- [14] Yaneth, M., & Chaquea, C. (2017). ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33951/Capitulo1Analisisfisico2016MyriamChacon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2), 147-163. https://www.nuriabonada.com/All_papers_files/Munné%20et%20al%202003_AquaticConservation.pdf

- [16] Bonet, M. (2011). Propuesta de un protocolo de evaluación de calidad ecológica en la zona minera de la Cuenca del Jequetepeque, Perú. España. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13722>
- [17] PARDO, I., M. ÁLVAREZ, J. CASAS, J. MORENO, S. VICAS, N. BONADA, J. ALBA-TERCEDOR, P. JÁIMEZ-CUELLAR, G. MOYA, N. PRAT, S. ROBLES, M. SUAREZ, M. TORO & M. VIDAL-ABARCA. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21: 115-132
<https://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-115.pdf>
- [18] Klemm, D. J., Lewis, P., Fulk, F., and Lazorchak, J. (2002). Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/4-90/030 (NTIS PB91171363)
https://projects.itrcweb.org/contseds-bioavailability/References/macro_field_lab.pdf
- [19] Restrepo-Manrique, R., and Salcedo-Reyes, J. C. (2018). Application of physico chemical indexes and BMWF/Col. To establish the impact of urbanization on Río Frío (Bucaramanga, Colombia). *Univ. Sci. (Bogota)*. 23 (20), 109–128. doi:10.11144/javeriana.sc23-1.aopc
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/22170/17271>
- [20] Pla, L. (2023). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- [21] C., Agronómica, I., Tres, E., De, L., Montano, U., La, E., De Madidi, R., Paz-Bolivia, L., Ricardo, S., Suri, L., & Paz -Bolivia. (2013). UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD ALFA (α) Y BETA (β).
https://www.mobot.org/pdfs/research/madidi/sonco_2013_thesis.pdf
- [22] Iannacone, J., Mansilla, J., & Ventura, K. (2023). Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1), 116–124.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v2n1/a18v2n1.pdf>
- [23] Lara, C., & Paola, J. (2022). Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Mosca del cantón Junín. *Espam.edu.ec*.
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1923/1/TTMA87D.pdf>
- [24] Lara, C., & Paola, J. (2022). Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Mosca del cantón Junín. *Espam.edu.ec*.
<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1923>