Rev. Inst. investig. Fac. minas metal. cienc. geogr. vol 26 n° 51, 2023: e24158 ISSN-L:1561-0888
https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.24158

Artículos: Ingeniería Ambiental

Calidad del agua según variables fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del rio Chucchun

Water quality according to physicochemical variables and benthic macroinvertebrates in the Chucchun river micro-basin

Channel Yurico Rodriguez Torres[1,a]

Recibido: 02/12/2022 - Aprobado: 09/01/2023 – Publicado: 30/03/2023

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo comparar la calidad del agua entre las variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun durante el periodo de avenidas del 2020. El río Chucchun recorre el tramo que se encuentra en las tres zonas de la Reserva de Biosfera Huascarán (zona núcleo, amortiguamiento y transición), asimismo, es punto de captación de agua para consumo humano; por ello conforme a los ECAs para agua se encuentra en la categoría 1 (Poblacional y recreacional), A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Se decidió analizar la calidad del agua en nueve puntos de muestreo, tres puntos en cada zona de la Reserva de Biosfera, desde los puntos de menor a mayor interacción con las actividades humanas. El ICA determinó resultados de EXCELENTE a BUENO y el IBA de MUY BUENO a BUENO, los valores en los índices disminuían cuando había mayor interacción con la actividad humana. Se compararon ambos índices y se obtuvo una correlación de 86,87% determinando que a medida que el río transcurre, la calidad del agua disminuye por las actividades socioeconómicas que realizan las poblaciones aledañas.

Palabras claves: Índice de calidad del agua, índice biótico andino, macroinvertebrados bentónicos, microcuenca, variables fisicoquímicas.

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the water quality between the physicochemical variables and the community of benthic macroinvertebrates in the Chucchun river micro-basin during the flood period of 2020. The Chucchun river runs through the section that is found in the three areas of the Huascarán Biosphere Reserve (nucleus, buffer and transition zone), likewise, is a water collection point for human consumption; Therefore, according to the ECAs for water, it is in category 1 (Population and recreational), A2: Water that can be made drinkable with conventional treatment. It was decided to analyze the water quality in nine sampling points, three points in each zone of the Biosphere Reserve, from the points of least to greatest interaction with human activities. The ICA determined results from EXCELLENT to GOOD and the IBA from VERY GOOD to GOOD, the values in the indices decreased when there was greater interaction with human activity. Both indices were compared and a correlation of 86.87% was obtained, determining that as the river flows, the quality of the water decreases due to the socioeconomic activities carried out by the surrounding populations.

Keywords: Water quality index; Andean biotic index; benthic macroinvertebrates; micro-basin; physicochemical variables.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado, Lima, Perú.
Egresada de la Maestría en Gestión Integrada en Seguridad, Salud ocupacional y medio Ambiente
E-mail: channel.rodriguez@unmsm.edu.pe - ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9530-532X

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original. Para mas información, por favor póngase en contacto con iigeo@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es relevante con respecto a la planificación y gestión de los recursos hídricos, debido a que depende de la disponibilidad del mismo y el poder atender las demandas sin comprometer a la salud humana. Sin embargo, la calidad de agua está relacionada directamente con las actividades antropogénicas de la microcuenca (Reyes y Morales 2021), es decir los contaminantes aumentan por mayor interacción con la actividad humana, es por ello que las variables se incrementan de manera gradual a medida que se registran de la cabecera del rio a la desembocadura (Rivera 2016).

La microcuenca del río Chucchun se encuentra dentro de la Reserva de Biosfera Huascarán, cuya naciente es captada para el uso y consumo de agua potable por la población carhuacina (Equipo técnico de soluciones Prácticas 2012); el cual a lo largo de su recorrido va llevando consigo una serie de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

El problema de la contaminación se debe a: factores naturales como el retroceso glaciar, produciendo como consecuencia acidificación natural y con ello la liberación de metales y factores antrópicos por la disposición inadecuada de los residuos sólidos y las descargas líquidas que contribuye al calentamiento y alteración fisicoquímica de sus aguas (Ramírez 2022), ello producto de las diversas actividades que realiza la población aledaña, siendo las principales la agricultura y a menor escala la ganadera y crianza de animales menores (Equipo técnico de Soluciones Prácticas 2012).

A lo largo de los años se han realizado numerosos estudios, Gil (2014) de acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), concluye que los cuerpos de agua de la cuenca del Río Garagoa presentan en su mayoría aguas moderadamente contaminadas de calidad dudosa, se reportaron además aguas ligeramente contaminadas de calidad aceptable en el Puente Olaya y aguas muy contaminadas de calidad crítica en el inicio del Río Garagoa y Quebrada la Quigua. Por su parte Nemeses et al (2019) en el río Tota, determinaron que el BMWP/Col. presentó una calidad de agua buena, mientras que el Índice Biótico Andino (IBA) presentó una calidad aceptable, en la parte alta del Río Bogotá, tanto el BMWP/Col. como el IBA presentaron variaciones en la calidad del agua entre aceptable y muy crítica. Así mismo, Leyva et al (2009) manifiestan que la calidad del agua de los ríos Pariac y Casca es Moderada y el río Quilcay es mala, los ríos Quilcay y Casca presentan una elevada contaminación orgánica.

Es por ello que se pretende comparar la calidad del agua en la microcuenca del río Chucchun y a la vez verificar la variación de la calidad del agua en las tres zonas de la reserva de Biosfera Huascarán. Se decidió desarrollar el trabajo mediante la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA) para aguas superficiales y compararlo con la calidad del agua mediante macroinvertebrados bentónicos los cuales se estudian de forma cualitativa mediante su cálculo a través del Índice Biótico Andino (IBA).

II. MÉTODOS

Materiales. 9 Frascos recolectores de 1L (plástico), 9 frascos recolectores de 1/2L (vidrio), frascos de 50-100 ml , 2 cajas de tecnopor, envases plásticos con tapa de 1 galón, red Surber, alcohol al 70%, botas de caucho, bolsas, pinzas, agua destilada, reactivos, papel filtro, tubos de ensayo, placas Petri, pinzas, lupa, porta objetos, pipetas de 5 y 10 ml, pro pipetas o vasos Erlenmeyer, embudo o gradilla, turbidímetro, bandejas metálicas de color blanco, frascos plásticos con tapa rosca, guías y claves taxonómicas, rotulador

Equipos. Espectrofotómetro, microscopio y estereoscopio.

Universo. Parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos distribuidos en la microcuenca del río Chucchun.

Diseño y caracterización de la muestra. Se decidió tomar tres puntos de muestreo en cada zona de la reserva de biosfera de parque nacional Huascarán dentro de la microcuenca del río Chucchun, es decir se tomaron tres muestras en la zona núcleo, tres muestras en la zona de amortiguamiento y tres muestras en la zona de transición.

Procedimiento.

Trabajo de campo. Los muestreos se realizaron en nueve estaciones de monitoreo sobre la microcuenca del río Chucchun. En total la frecuencia realizada fue de tres muestreos, los tres en la época de avenidas (19 de febrero del 2020, 02 de marzo del 2020 y 11 de marzo del 2020). Para ello se tomó como base el protocolo de monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018).

Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos. En el trabajo de campo se midió in-situ el pH, DBO y oxígeno disuelto, se extrajo la muestra de agua y se midieron directamente. Luego de ello se tomaron muestras de agua en frascos, para medir la concentración de parámetros inorgánicos (Cu, Fe, Mn, Zn y Cr total). Estos frascos fueron rotulados y se aseguró el control de calidad mediante su cumplimiento con los requisitos técnicos, utilizando cadenas de custodia y etiquetas durante el muestreo para asegurar que los datos de campo no varíen en su descripción y así evitar la alteración de los datos obtenidos. Luego de ello fueron llevados al laboratorio de la facultad de Ciencias del Ambiente (302B) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo para realizar su respectivo análisis con los kits correspondientes.

Macroinvertebrados bentónicos. En cada estación de la microcuenca del río Chucchun se tomó una muestra con una red tipo Surber (30 x 30 cm, 250 μm). La elección de las muestras se basó tanto en la complejidad del sustrato como en el área de muestreo, debido a que los macroinvertebrados acuáticos son una comunidad indicadora de la correlación de las familias sensibles a cambios en el ambiente. El método de muestreo consistió en pasar la red, rozando y sacudiendo las raíces en dirección vertical (de abajo hacia arriba) incluyendo el sedimento donde enraíza la vegetación. Las muestras colectadas fueron conservadas en alcohol al 70%, para ser posteriormente almacenadas en envases plásticos con tapa hermética para aumentar la

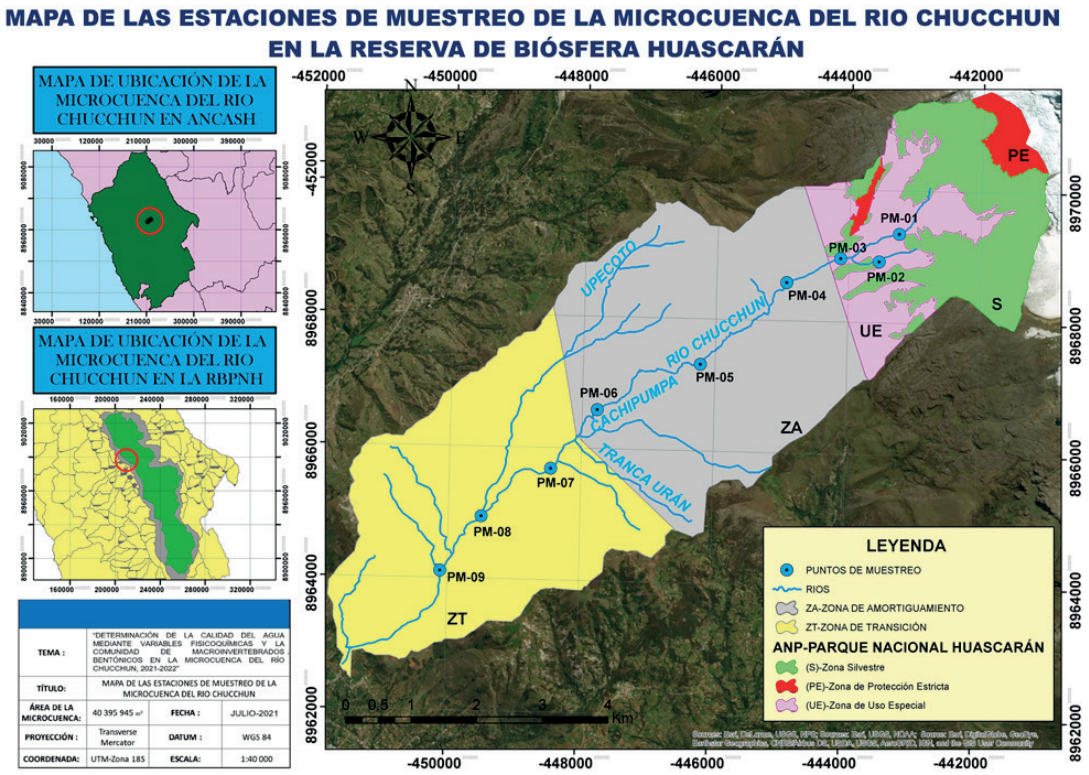

Figura 1. Mapa de las estaciones de muestreo de la microcuenca del río Chucchun en la Reserva de Biósfera Huascarán.

protección. Para ello, se usó las etiquetas correspondientes por muestra.

Trabajo de laboratorio. Se realizaron dos tipos de análisis:

Análisis fisicoquímico. Se llevaron las muestras al laboratorio y se realizó la determinación de parámetros inorgánicos (Cu, Fe, Mn, Zn y Cr total); mediante el método de la espectrofotometría – UV.

Análisis de macroinvertebrados. Tras la recolecta de las muestras en campo y tener todos los frascos en el laboratorio se comenzó a trabajar, se vertió la muestra sobre una placa Petri y se analizó mediante el estereoscopio binocular Bausch & Lomb. Cada muestra, por cada estación fue analizada independientemente identificando los organismos hasta el mínimo nivel posible. También se utilizó la aplicación de la calculadora IBA.

Trabajo en gabinete. Una vez obtenido los resultados de laboratorio se procedió a realizar:

Análisis Fisicoquímicos. Se determinó el ICA de los recursos hídricos superficiales en el Perú, mediante la utilización y comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECAs) Categoría 1, A2-Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional los cuales fueron aprobados mediante D.S. N° 004-2017-MINAM (2017). Donde el índice de calidad de agua comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resultó del cálculo matemático de un valor único (entre 0 y 100), que representó y describió el estado de la calidad del agua en la microcuenca del río Chucchun.

Análisis de macroinvertebrados. Se utilizó el Índice Biótico Andino ABI, este índice es adaptado del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los andes con altitudes mayores a 2 000 m.s.n.m. Cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona. El ABI asignó un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice dio la sumatoria de los valores de sensibilidad en la microcuenca.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación del índice de calidad de agua (ICA) para recursos hídricos superficiales del río Chucchun (ver Tabla 1)

3.2. Cálculo de los factores del ICA -CCME excedentes de cada parámetro en cada monitoreo (ver Tabla 2)

3.3. Determinación del índice biótico andino (IBA)

Se determinó el Índice de Calidad del Agua para la microcuenca del río Chucchun mediante los análisis fisicoquímicos, teniendo como resultado que en los puntos de monitoreo N° 1, 2, 3, 4 y 5 la calidad del agua es “EXCELENTE” y en los puntos de monitoreo N° 6, 7, 8 y 9 la calidad del agua disminuye considerándose como “BUENO”. Del análisis se obtiene que a medida que el río transcurre el ICA disminuye, pudiéndose ver ello en los ICA-CCME calculados, donde el río cada vez que transcurre hacia partes más bajas como son la zona de amortiguamiento y sobretodo la zona de transición, los valores del Índice de Calidad del agua disminuyen (ver Tablas 3-4).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de los tres muestreos en los nueve puntos de monitoreo en la microcuenca del río Chucchun

RESERVA DE BIOSFERA PNH				ANP-PARQUE NACIONAL HUASCARÁN									ZONA DE AMORTIGUAMIENTO									ZONA DE TRANSICIÓN								
PUNTOS DE MONITOREO				PM01			PM02			PM03			PM04			PM05			PM06			PM07			PM08			PM09		
Parámetros a Evaluar -CCME WQI			ECA Cat.1-A2	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	pH	–	5.5-9.0	6.79	6.72	6.89	6.68	6.74	6.91	6.89	6.83	6.88	6.73	6.65	6.72	6.69	6.59	6.64	6.76	6.67	6.75	6.83	6.78	6.9	6.54	6.47	6.59	6.65	6.73	6.57
PARÁMETRO FISICO-QUÍMICO	DBO	mg/L	5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
	OD	mg/L	>=5	6.09	6.12	6.04	6.16	6.18	6.12	6.19	6.2	6.14	6.21	6.28	6.2	6.24	6.3	6.23	6.26	6.32	6.29	6.31	6.4	6.37	6.39	6.44	6.49	6.58	6.46	6.54
	Cobre	mg/L	2	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.04	0.07	0.07	0.05	0.09	0.09	0.07	0.13	0.10
	Hierro	mg/L	1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.06	0.04	0.05	0.08	0.07	0.06	0.14	0.12	0.08	0.16	0.16	0.15	0.21	0.18	0.18	0.23	0.20	0.21	0.25	0.23
PARÁMETRO INORGÁNICO	Manganeso	mg/L	0.4	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.07	0.05	0.06	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.09	0.11	0.11	0.09	0.14	0.14	0.11	0.15	0.17
	Zinc	mg/L	5	0.12	0.18	0.09	0.14	0.21	0.11	0.15	0.2	0.15	0.24	0.25	0.17	0.27	0.28	0.18	0.3	0.33	0.23	0.33	0.36	0.26	0.35	0.37	0.30	0.36	0.46	0.32
	Cromo Total	mg/L	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07
DATOS	Numero de parámetros que no cumplen			0			0			0			0			0			1			1			1			1		
	Número total de parámetros a evaluar			8			8			8			8			8			8			8			8			8		
	Número de datos que NO cumplen el ECA			0			0			0			0			0			1			2			3			3		
	Número total de datos			24			24			24			24			24			24			24			24			24		

Tabla 2. Cálculo de los factores del ICA -CCME excedentes de cada parámetro en cada monitoreo

RESERVA DE BIOSFERA PNH			ANP-PARQUE NACIONAL HUASCARÁN			ZONA DE AMORTIGUAMIENTO		ZONA DE TRANSICIÓN			
PUNTOS DE MONITOREO			PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	PM06	PM07	PM08	PM09
CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA -CCME EXCEDENTES DE CADA PARÁMETRO EN CADA MONITOREO	F1		0	0	0	0	0	12.50	12.50	12.50	12.50
	F2		0	0	0	0	0	4.17	8.33	12.50	12.50
	pH	–	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	DBO	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	OD	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	Cobre	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	Hierro	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	Manganeso	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	Zinc	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
	Cromo Total	mg/L	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– 0.2 0.2	– 0.2 0.2	0.2 0.4 0.4	0.2 0.4
	Sumatoria de los excedentes		0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.03	0.04
	F3		0	0	0	0	0	0.83	1.64	3.23	4.00
ICA-CCME			100	100	100	100	100	92.4	91.3	89.6	89.5
			EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Tabla 3. Cuadro de la determinación del Índice Biótico Andino (IBA) mediante el muestreo de macroinvertebrados bentónicos en nueve estaciones de la microcuenca del río Chucchun

		Puntuación	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Altitud (m.s.n.m.)		–	4067	3937	3746	3623	3575	3289	3107	2969	2885
ORDEN	**FAMILIA**										
Amphipoda	*Hyalellidae*	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bivalvia	*Sphaeriidae*	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Elmidae	5	X	X	X		X	X			X
	Hidrophilidae	3									
	Scirtidae	5									
	Dryopidae	5									
	Dytiscidae	3									
Coleoptera	*Gyrinidae*	3									
	Hydraenidae	5			X	X	X		X		
	Lampyridae	5									
	Psephenidae	5									
	Ptilodactylidae	5	X	X	X	X	X	X		X	
	Staphylinidae	3									
	Blephariceridae	10	X	X	X						
	Ceratopogonidae	4	X	X				X		X	X
	Chironomidae	2							X		X
	Dolichopodidae	4				X					
	Empididae	4									
	Muscidae	2		X		X					
	Simuliidae	5	X	X	X	X	X	X	X		X
	Tabanidae	4	X	X						X	
Diptera	*Tipulidae*	5									
	Athericidae	10									
	Culicidae	2									
	Dixidae	4									
	Ephydridae	2									
	Limoniidae	4									
	Psychodidae	3									
	Stratiomyidae	4									
	Syrphidae	1									
	Baetidae	4	X	X	X	X			X		X
Ephemeroptera	*Leptophlebiidae*	10	X	X		X	X	X	X	X	
	Leptohyphidae	7									
	Oligoneuridae	10									
	Ancylidae	6						X		X	
	Hydrobiidae	3									
Gasteropoda	*Limnaeidae*	3	X				X	X	X	X	
	Physidae	3									
	Planorbidae	3									
	Corixidae	5									
	Notonectidae	5									
Heteroptera	*Belostomatidae*	4									
	Gerridae	5									
	Naucoridae	5									
	Veliidae	5									
Hirudinea	*Hirudinea*	3							X		X
Hydracarina	*Hydracarina*	4									
Lepidoptera	*Pyralidae*	4			X	X	X	X		X	X
	Aeshnidae	6									
	Calopterygidae	8			X	X					
Odonata	*Coenagrionidae*	6									
	Gomphidae	8									
	Libellulidae	6									
Oligochaeta	*Oligochaeta*	1				X			X	X	X
Plecoptera	*Gripopterygidae*	10				X	X				
	Perlidae	10									
	Hydrobiosidae	8	X	X					X		
	Leptoceridae	8									
	Odontoceridae	10			X			X	X	X	
	Calamoceratidae	10									X
	Glossosomatidae	7									
Trichoptera	*Helicopsychidae*	10									
	Hydropsychidae	5									
	Hydroptilidae	6									
	Limnephilidae	7	X	X	X		X				
	Polycentropodidae	8									
	Xiphocentronidae	8									
Turbellaria	*Turbellaria*	5				X	X	X			X
PUNTUACIÓN TOTAL		–	77	76	75	75	71	69	63	59	55
IBA		–	MUY BUENA	MUY BUENA	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

3.4. Análisis de los macroinvertebrados encontrados en la microcuenca del río Chucchun

Se realizó un análisis cualitativo en los nueve puntos de monitoreo logrando encontrar macroinvertebrados como *Leptophlebiidae (Ephemeroptera*); *Gripopterygidae (Plecoptera); Hydrobiosidae y Odontoceridae (Trichoptera)* y entre los dípteros está *Blephariceridae,* los cuales indican una buena calidad del agua, por tener una alta valoración y ser consideradas ordenes más sensibles a la contaminación del agua, estas fueron encontradas y distribuidas principalmente en la cuenca de cabecera de la microcuenca del río Chucchun. A medida que se bajaba de la cabecera en la microcuenca hacia la zona de amortiguamiento se encontraban especies como *Limnephilidae (Trichoptera); Calopterygidae (Odonata); Hyalellidae (Amphipoda); Sphaeriidae (Bivalvia); Elmidae, Hydraenidae, Ptilodactylidae (Coleoptera); Simuliidae (Diptera) y Ancylidae (Gasteropoda);* las cuales son más tolerantes a la contaminación que las especies mencionadas anteriormente. Finalmente, en la zona de transición se encontró que había especies tolerantes a la contaminación, debido a que la población realizaba sus principales actividades económicas, generando así mayor presencia de contaminantes en el río. Los macroinvertebrados encontrados principalmente fueron *Chironomidae, Dolichopodidae, Muscidae (Diptera); Hirudinea (Hirudinea)* y *Oligochaeta (Oligochaeta).*

3.5. Análisis del índice biótico andino (IBA) mediante el uso de macroinvertebrados en la microcuenca del río Chucchun

Se determina el Índice de Calidad del Agua para la microcuenca del río Chucchun mediante el Índice Biótico Andino (IBA). Teniendo como resultado que en los puntos de monitoreo N° 1, 2, 3 y 4 la calidad del agua es "MUY BUENO" y en los puntos de monitoreo N° 5, 6, 7, 8 y 9 la calidad del agua disminuye considerándose esta como "BUENO". Obteniendo que a medida que el río transcurre el IBA disminuye, pudiéndose ver ello en los IBAs calculados a través de los macroinvertebrados, que mientras el río transcurre hacia partes más bajas la calidad disminuye (ver Tabla 5).

3.6. Comparación y correlación entre los índices de calidad de agua (ICA) con el índice biótico andino (IBA) de la microcuenca del río Chucchun (ver Tabla 2 y Figura 2)

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el índice de calidad de agua y el índice biológico andino.

Los análisis fisicoquímicos realizados en conjunto con los análisis de macroinvertebrados como bioindicadores del agua, concuerdan con respecto a los índices determinados tanto fisicoquímicamente como biológicamente, mediante los datos obtenidos se evidencia cierta relación de disminución entre los índices ICA y ABI. Se muestra que en los puntos de monitoreo N° 1, 2, 3, 4 y 5 el ICA se mantiene constante y a partir de los puntos de monitoreo N° 6, 7, 8 y 9, se muestra su disminución. Por lo cual para corroborar se realizará la siguiente correlación:

Como se muestra en la Figura 3 existe una correlación significativa de 86,87 % entre el Índice de Calidad del Agua de los análisis fisicoquímicos y el Índice Biótico Andino mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos. Se indica que a medida que el río transcurre la

Tabla 4. Resumen del Índice de Calidad del agua (ICA) mediante análisis fisicoquímicos en nueve estaciones de la microcuenca del río Chucchun

RESERVA DE BIOSFERA HUASCARÁN	PUNTOS DE MUESTREO	VALORES	CALIDAD BIOLÓGICA	COLOR
	PM01	100	EXCELENTE	
ANP-PARQUE NACIONAL HUASCARÁN	PM02	100	EXCELENTE	
	PM03	100	EXCELENTE	
	PM04	100	EXCELENTE	
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	PM05	100	EXCELENTE	
	PM06	92,4	BUENO	
	PM07	91,3	BUENO	
ZONA DE TRANSICIÓN	PM08	89,6	BUENO	
	PM09	89,5	BUENO	

Tabla 5. Resumen del Índice Biótico Andino (IBA)

RESERVA DE BIOSFERA HUASCARÁN	PUNTOS DE MUESTREO	VALORES	CALIDAD BIOLÓGICA	COLOR
	PM01	77	MUY BUENO	
ANP-PARQUE NACIONAL HUASCARÁN	PM02	76	MUY BUENO	
	PM03	75	MUY BUENO	
	PM04	75	MUY BUENO	
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	PM05	71	BUENO	
	PM06	69	BUENO	
	PM07	63	BUENO	
ZONA DE TRANSICIÓN	PM08	59	BUENO	
	PM09	55	BUENO	

Tabla 6. Comparación de valores de calidad entre índice ICA e índice ABI.

PUNTOS DE MUESTREO	VALORES ICA	VALORES ABI
PM01	100	77
PM02	100	76
PM03	100	75
PM04	100	75
PM05	100	71
PM06	92,4	69
PM07	91,3	63
PM08	89,6	59
PM09	89,5	55

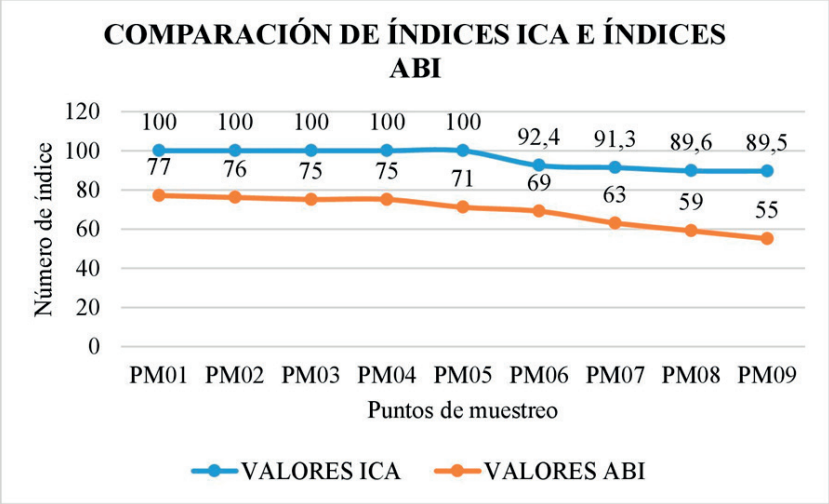

Figura 2. Comparación del índice ICA e índice ABI

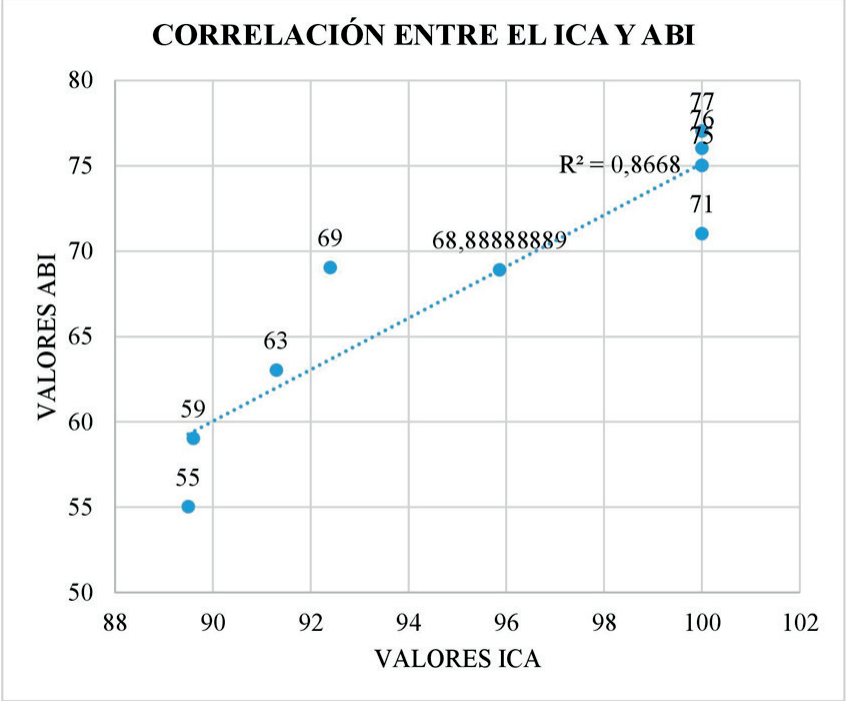

Figura 3. Correlación entre el ICA y ABI de la microcuenca del río Chucchun.

calidad del agua disminuye, tanto de forma fisicoquímica como mediante la forma biológica a través de la utilización de macroinvertebrados, ello debido a las actividades que realiza la población aledaña a la Microcuenca.

IV. DISCUSIÓN

Según el análisis de los parámetros físico-químicos e inorgánicos como oxígeno disuelto, DBO_5, pH, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, mercurio y zinc no sobrepasan los estándares de calidad del agua ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM), aunque en los puntos más bajos de monitoreo se ejecuten actividades socioeconómicas, ello se debe a que el aumento del caudal durante la época húmeda tendría un efecto de dilución por la cual los valores en dicha época se normalicen con lo estipulado por la norma (Arana y Cabrera 2015). Sin embargo, se encontró mayor concentración de cromo en las partes más bajas que superan el ECA, ya que este parámetro puede encontrarse en las aguas residuales y de forma natural en rocas, plantas y suelos, donde en combinación con otros elementos puede formar diversos compuestos.

Con respecto a los macroinvertebrados, la calidad del agua tiene una tendencia a empeorar y se ve afectada con el transcurso y el avance del río, resultado que es similar a las conclusiones obtenidas con análisis fisicoquímicos (Gil 2014), en el presente estudio se encontraron especies de muy buena calidad en la cabecera de la microcuenca, pero a medida que se bajaba hacia la zona de amortiguamiento y transición se encontraban especies más tolerantes a la contaminación.

En cuanto a la predominancia, el presente estudio coincide con Leyva et al. (2019) quienes pudieron identificar que las ordenes dominantes fueron *Díptera* y *Ephemeroptera*, así mismo Nemeses et al. (2019) en su investigación determinó que era abundante la orden *Amphipoda* mediante la familia *Hyalellidae*, orden que también fue encontrada en nuestra investigación. Es importante señalar que *Baetidae* se distribuye en casi todo el planeta, exceptuando Nueva Zelanda y Antártida. En América del Sur, es después de *Leptophlebiidae* la segunda familia más diversa para esta región (Domínguez y Fernández, 2009) ambas pertenecientes a la orden *Ephemeroptera*.

En los puntos muestreados el índice de calidad de agua (ICA) para recursos hídricos superficiales varia de "EXCELENTE" descendiendo a "BUENO". El Índice Biótico Andino (IBA) varia de "MUY BUENO" a "BUENO ", por su parte Sajamí y Huamantinco (2021) encontraron una variación ABI entre "MODERADO", "BUENO" y MUY BUENO, dicho análisis se centró en el muestreo de cuatro microhábitats representativos a lo largo de la quebrada Pichita. Así mismo, Nemeses (2019) en el río Tota, el ABI presentó una calidad "ACEPTABLE" y en la parte alta del Río Bogotá el ABI presentó variaciones en la calidad del agua entre "ACEPTABLE" y "MUY CRÍTICO".

Por otro lado, Leyva et al (2009) realizando el análisis de regresión múltiple a partir de los parámetros físico-químicos de las aguas de los ríos Pariac, Quilcay y Casca; encuentra un 83,17% de la variabilidad (varianza) del IBA. Así mismo en el presente trabajo se halló una correlación de 86,97% entre ambos índices.

Para Nemeses (2019) la parte alta presenta condiciones hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas más favorables que la parte baja, es notorio el impacto producido por las perturbaciones humanas lo que favorece la presencia de las familias tolerantes a diferentes tipos de contaminación. La presente investigación concuerda con lo indicado anteriormente, ya que cuando el río transcurre hacia partes más bajas la calidad del agua disminuye ya que las actividades socioeconómicas que realiza la población (agricultura y ganadería) afectan directamente a la calidad del agua en la microcuenca del río Chucchun.

V. CONCLUSIONES

Se determinó una correlación del de 86, 87 % entre el Índice de Calidad del Agua de los análisis fisicoquímicos y el Índice Biótico Andino, dándose a conocer que los resultados de la presente investigación tanto en materia fisicoquímica como biológica son similares. A medida que el río Chucchun transcurre la calidad del agua disminuye y los valores del ICA e IBA también disminuyen.

El índice de calidad de agua (ICA) para recursos hídricos superficiales en los puntos de monitoreo N° 1, 2, 3, 4 y 5 fueron "EXCELENTE" mientras que en los puntos de monitoreo N° 6, 7, 8 y 9 descendieron a "BUENO" en el Índice Biótico Andino (IBA) en los puntos de monitoreo N° 1, 2, 3 y 4 fueron "MUY BUENO" mientras que en los puntos de monitoreo N° 5, 6, 7, 8 y 9 descendieron a "BUENO".

La calidad del agua de la microcuenca del río Chucchun en la zona núcleo en la cuenca de cabecera fue "EXCELENTE", mientras el río transcurría hacia la zona de amortiguamiento la calidad del agua varió de "EXCELENTE" a "BUENO" y cuando llegó hacia la zona de transición descendió a "BUENO". Por lo cual cuanto el río transcurre hacia partes más bajas la calidad del agua disminuye, principalmente por las actividades socioeconómicas que realizan las poblaciones aledañas y en su conjunto.

VI. REFERENCIAS

Arana, J. y Cabrera, C.(2022). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 20(40), 86–93.* https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14394

Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos Hídricos Superficiales*.Repositorio Digital de Recursos Hídricos. https://hdl.handle.net/20.500.12543/2440

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos*. *Sistemática y biología.* Fundación Miguel Lillo. https://www.researchgate.net/

publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia

D.S. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Sistema Nacional de Información Ambiental. https://sinia.minam.gob.pe/normas/apruebanestandarescalidadambientalecaaguaestablecen disposiciones

Equipo de soluciones Prácticas (2012). *Análisis de riesgo de desastres de la microcuenca del rio Chucchun, distrito de Carhuaz y Acopampa,Provincia de Carhuaz, Región Ancash, Perú*. https://es.scribd.com/document/369205567/Rio-Chucchun

Gil, J. (2014*). Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca de río Garagoa. Manizales* [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional de la Universidad de Manizales.https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1

Leyva, M. et al. 2009. *Calidad de aguas de los ríos Paria, Quillcay y Casca de la ciudad de Huaraz utilizando el Índice Biótico Andino setiembre-diciembre 2009*. https://es.scribd.com/document/393418036/Calidad-de-Aguas-de-Los-Rios-Paria

Nemeses, Y., Castro, M. y Jaramillo, A. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biológica Colombiana,24(2),299-310.* https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716

Ramírez, A. (2022). Caracterización de las actividades acuáticas en la zona del VRAEM y su impacto ambiental. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 25(49), 73–81.* https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.23003

Reyes, R. y Morales, R. (2021). *Informe de calidad de agua de ríos de la cuenca del Lago de Atitlán 2021.* Departamento de Investigación y Calidad Ambiental. https://www.amsclae.gob.gt/wp-content/uploads/2021/12/rios2021.pdf

Rivera, M. (2016).*Relación de parámetros fisicoquímicos y presencia de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua del río Duero, Michoacán.* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio del Instituto Politécnico Nacional. http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/24587

Sajamí, J. y Huamantinco, A.(2021). Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 24(47), 141–153.*