



*Evaluación de la Calidad del Agua del Río Upano, Tramo de la Ciudad de Macas
Mediante el Análisis de Macroinvertebrados*

*Evaluation of the Water Quality of the Upano River, Section of the City Of
Macas through the Analysis of Macroinvertebrates*

*Avaliação da Qualidade da Água do Rio Upano, Trecho da Cidade de Macas
Através da Análise de Macroinvertebrados*

Gabriela Alejandra Rodríguez-Vega ^I
alejaro_98@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1040-8400>

Patricio Vladimir Méndez-Zambrano ^{II}
patricio.mendez@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4305-8152>

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza ^{III}
ximena.cazorla@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Renata Alejandra Alvarado-Barba ^{IV}
rena_884@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9782-2101>

Correspondencia: patricio.mendez@esepoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 30 de enero de 2022 ***Aceptado:** 18 de febrero de 2022 * **Publicado:** 08 marzo de 2022

- I. Investigador independiente, Macas, Ecuador.
- II. Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Master en Gestión Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Ambiental, Macas, Ecuador.
- III. Ingeniera Ambiental, Master en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa, Docente de las Carreras: Ingeniería en Ambiental, Tecnologías de la información Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador.
- IV. Investigador independiente, Riobamba, Ecuador

Resumen

El propósito de este trabajo fue evaluar la calidad del agua del río Upano de Morona Santiago, Ecuador, mediante la aplicación del índice biológico Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Colombia. La investigación tuvo un enfoque cuali-cuantitativo, puesto que se realizaron descripciones de las especies de los macroinvertebrados encontrados, además se establecieron valores numéricos, como el caso de los indicadores de la calidad del agua debido a la sensibilidad que estos presentan a ciertas perturbaciones ambientales. También se aplicó el Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF) para realizar una comparación de la calidad del agua obtenida en los dos diferentes índices. El estudio consistió en seleccionar tres estaciones de muestreo en un periodo de tres meses desde noviembre 2020 hasta enero 2021. Para el índice biológico se determinó un total de 225 individuos, distribuidos en 16 familias y 6 órdenes. Como resultados, en el índice biológico se obtuvo: una valoración de calidad aceptable para la estación Upano 1, dudosa para la estación 2 y crítica para la estación 3. Mientras que, para el índice fisicoquímico (ICA-NSF) se obtuvo resultados de una calidad de agua Mala para las tres estaciones de monitoreo. En conclusión, se presentaron diferencias significativas entre los dos métodos de estudio, pues, el índice biológico arrojó resultados de una calidad superior con respecto a los resultados del índice fisicoquímico. El índice fisicoquímico expresa los resultados dados en un lugar y tiempo determinados, mientras que el índice biológico es el resultado de la variación de las condiciones de calidad del agua a lo largo de un periodo de tiempo. Se recomienda nuevos estudios con la utilización de más estaciones de monitoreo.

Palabras clave: Biondicadores; Calidad del Agua; Biological Monitoring Working Party; Ica-Nsf.

Abstract

This study aims to evaluate the water quality of Upano river in Morona Santiago, Ecuador, by applying the biological index Biological Monitoring Working Party (BMWP) from Colombia. The research was focused on a qualitative and quantitative approach, as species of spotted macroinvertebrates were described, and also numerical values were defined, as per, for example, the case of the water quality indexes due to their sensitivity to some environmental disturbances. Hence, the Water Quality Index of the National Sanitation Foundation (WQI-NSF) was applied to compare the two different kind of water quality indexes. Three monitoring stations were chosen in a period of time between November, 2020 and January, 2021. With reference to the biological

index, 225 individuals were detected totally, divided into 16 families and 6 orders. As a result, the biological index determined an acceptable quality valuation related to the Upano 1 station, an uncertain one for station 2 and a critical one for station 3. Meanwhile, the physicochemical index (WQI-NSF) detected a bad water quality for the three monitoring stations. In conclusion, the research presented significant differences between the two methods, the biological index generated a superior quality results in comparison with the results of the physicochemical index. This one, shows the results obtained in a determined place and time, instead the biological index is the result of the variation of the conditions of the water quality over a period. It is recommended to develop new studies based on many more monitoring stations.

Keywords: Bioindicators; Water Quality; Biological Monitoring Working Party; Wqi-Nsf.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do rio Upano em Morona Santiago, Equador, através da aplicação do índice biológico do Grupo de Trabalho de Monitoramento Biológico (BMWP) da Colômbia. A pesquisa teve uma abordagem qualitativo-quantitativa, pois foram feitas descrições das espécies de macroinvertebrados encontradas, além de valores numéricos estabelecidos, como no caso dos indicadores de qualidade da água devido à sensibilidade que apresentam a determinados distúrbios ambientais. O Índice de Qualidade da Água da Fundação Nacional de Saneamento (ICA-NSF) também foi aplicado para fazer uma comparação da qualidade da água obtida nos dois diferentes índices. O estudo consistiu na seleção de três estações amostrais em um período de três meses de novembro de 2020 a janeiro de 2021. Para o índice biológico foram determinados um total de 225 indivíduos, distribuídos em 16 famílias e 6 ordens. Como resultados, o índice biológico obteve: uma avaliação de qualidade aceitável para a estação Upano 1, duvidosa para a estação 2 e crítica para a estação 3. estações de monitoramento. Em conclusão, houve diferenças significativas entre os dois métodos de estudo, uma vez que o índice biológico apresentou resultados de qualidade superior aos resultados do índice físico-químico. O índice físico-químico expressa os resultados dados em um determinado local e tempo, enquanto o índice biológico é o resultado da variação das condições de qualidade da água ao longo de um período de tempo. Novos estudos com o uso de mais estações de monitoramento são recomendados.

Palavras-chave: Bioindicadores; Qualidade da água; Grupo de Trabalho de Monitorização Biológica; Ica-Nsf.

Introducción

La contaminación causada por residuos domésticos e industriales es un problema que ha sido evidente desde hace tiempo, por este motivo en el siglo XIX ya se realizaron los primeros esfuerzos en determinar el daño ecológico causado por estas actividades antrópicas que deterioran la calidad del agua y afectan a los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2003, p.21).

Los primeros estudios en el que encontraron relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua fueron realizados por (Kolenati & Cohn 1848). Un siglo después (Hynes 1959) presentó a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología de la contaminación acuática (Roldán 2003, p. 21)

El método Biological Monitoring Working Party fue establecido en Inglaterra en el año de 1983, el cual consistió en la identificación de macroinvertebrados de acuerdo a la tolerancia que presenten a la contaminación (Alba-Tercedor 1996, p. 208). Posteriormente Roldán en el año 1992 realizó una adaptación del sistema BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia denominado BMWP para Colombia el cual puede ser adaptado a la mayoría de países neotropicales para el estudio de la calidad del agua basado en las familias de macroinvertebrados (Roldán 2003, p. 30)

En el Ecuador se han realizado estudios de la calidad del agua mediante el empleo de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en diversos ríos del país, debido a la gran preocupación por el estado de calidad del agua destinada a diferentes usos.

En la provincia de Morona Santiago también existen estudios basados en los macroinvertebrados como es el proyecto de “Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín Del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos (Chacón 2017)”, en el cual se aplicaron índices biológicos y fisicoquímicos para la determinación de la calidad del agua.

Debido a la importancia que tienen los ríos en el desarrollo de los ecosistemas acuáticos y terrestres, surge la necesidad de conocer el deterioro o afectación que están sufriendo los cuerpos hídricos.

El área de estudio que ha sido seleccionada para este proyecto es un tramo de la subcuenca del río Upano, que se encuentra ubicado en la parroquia Macas, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. El trayecto de este río atraviesa por la ciudad de Macas, existiendo actividades antropogénicas que pueden afectar la calidad biológica de este cuerpo hídrico

La hipótesis central que se plantea en el proyecto es si la calidad biológica del agua del río Upano presenta alteración en su paso por el tramo seleccionado de estudio, para lo cual se estableció como objetivo central de la investigación el siguiente: evaluar la calidad del agua del río Upano, tramo de la ciudad de macas mediante el análisis de macroinvertebrados.

Materiales y Métodos

Localización del proyecto

El presente proyecto se realizó en la parroquia Macas, provincia de Morona Santiago, subcuenca hidrográfica del río Upano, el cual pertenece a la cuenca hidrográfica del río Santiago, posee una longitud aproximada de 166 km y una superficie de 371.326 hectáreas en la provincia de Morona Santiago (Dirección de Planificación 2011, p.72).

El estudio se desarrolló en el tramo del río Upano que cursa por la ciudad de Macas el cual posee una longitud aproximada de 3 473,31 metros desde la estación inicial a 957 m.s.n.m. hasta la estación final de estudio a 889 m.s.n.m.

Se realizaron trabajos de campo en cada una de las estaciones seleccionadas a lo largo de la subcuenca hídrica y análisis de laboratorio para los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e identificación de macroinvertebrados.

La ubicación geográfica de las estaciones de muestreo se determinó tres puntos de muestreo a lo largo de la subcuenca del río Upano, los cuales fueron seleccionados por el investigador en base a los criterios señalados a continuación para cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 1: Coordenadas de las estaciones de monitoreo

Estaciones de monitoreo	Altitud m.s.n.m	Coordenadas UTM WGS84	
		Latitud	Longitud
Estación Upano 1	939	9746635,40 N	822383,15 E
Estación Upano 2	928	9745381,62 N	821967,76 E
Estación Upano 3	889	9742548,10 N	820880,82 E

Realizado por: Autores

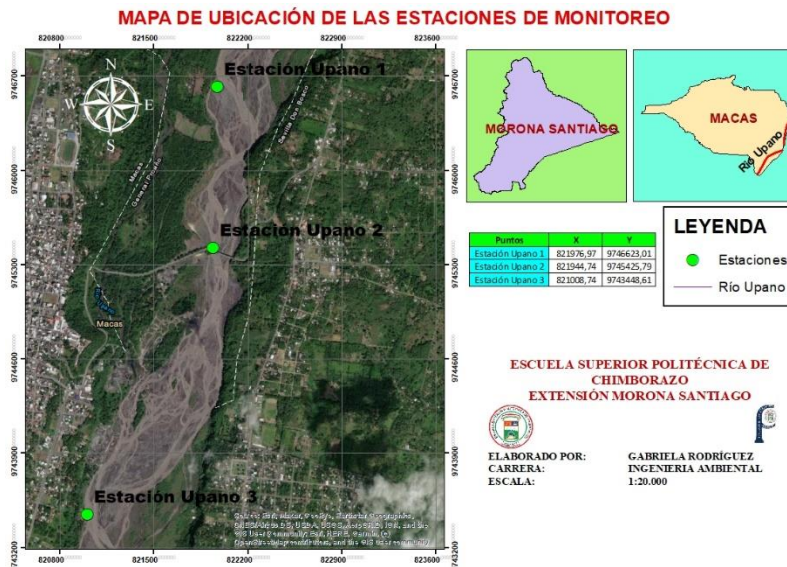


Figura 2: Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo
Realizado por: Autores

Aplicación del índice de calidad del agua NSF

Para el índice fisicoquímico (ICA-NSF) se realizó un monitoreo mensual durante los meses de noviembre (2020), diciembre (2020) y enero (2021), para lo cual se tomó una muestra simple de cada estación de monitoreo. Mientras que el análisis de macroinvertebrados se realizó mediante la metodología de recolección de campo de los individuos para su posterior análisis.

Ingeniería del proyecto

Metodología para la aplicación del índice físico químico (ICA-NSF)

- Trabajo de campo

La medición de la temperatura, oxígeno disuelto y pH se realizó de manera in situ en cada una de las estaciones de monitoreo mediante el empleo de un medidor multiparamétrico marca APERA y un medidor de pH marca PHYME respectivamente.

Posterior a la medición de los parámetros in situ se procedió a la toma de una muestra simple de un litro para los parámetros físico-químicos según la metodología detallada por el Standard Methods, el cual establece que una muestra simple es aquella tomada en un lugar específico en un corto período de tiempo (American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation 2017). Para el parámetro de coliformes fecales también fue necesaria la toma de una muestra en frasco microbiológico de 50 ml de capacidad.

- **Análisis de laboratorio**

Para la aplicación del ICA-NSF se realizaron análisis de laboratorio de los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, DBO5, sólidos totales y turbidez. Los cuales fueron realizados mediante la metodología detallada en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition, 2017.






- **Análisis Estadístico**

Durante el período de monitoreo se tomaron nueve muestras, las cuales reflejaron el estado del agua de río Upano puntualmente, posterior a la determinación de los valores para los parámetros de estudio se realizó la determinación de la calidad del agua mediante el software IQA-DATA versión 2015 el cual proporcionó la valoración de la calidad del agua mediante la asignación de los valores de los parámetros en las unidades correspondientes y los pesos establecidos de acuerdo a la metodología establecida por la NSF (Da costa, Posselt y Lobo 2010).

- **Determinación de la Índice de Calidad del agua (ICA-NSF)**

Una vez obtenida la valoración para la calidad del agua en el Software IQA-DATA se realizó la asignación de la calidad del agua mediante la tabla de los rangos establecidos para la calidad de agua de acuerdo con el ICA-NSF.

Tabla 2: Clasificación de la calidad de agua en función del índice NSF-WQI

Rango	Calidad de Agua	Color
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Regular	
26-50	Mala	
0-25	Muy mala	

Fuente: (Jiménez y Vélez 2006, p. 63). Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial.

Metodología para la aplicación del índice biológico BMWP/Col

- **Trabajo de campo**

La recolección de macroinvertebrados se inició en cada una de las estaciones aguas abajo alrededor de 50 metros y se siguió avanzando el muestreo hacia arriba para evitar que el agua se vuelva

turbia. Para llevar a cabo la recolección se utilizó una red tipo Surber y se removió todo el sustrato vegetal (hojas y ramas), piedras, y cualquier otro sustrato que forma parte de los hábitats de macroinvertebrados (Carrera y Fierro 2001, p. 36). Una vez removido el material los macroinvertebrados se desprenden de sus hábitats y la red sirve de trampa para que puedan ser atrapados.

Cuando la red se encontró con suficiente material para ser analizado se procedió a colocar el contenido de la red en una bandeja blanca para identificar visualmente los individuos que corresponden a macroinvertebrados que se encuentran contenidos, posteriormente con ayuda de una pinza fueron colocados en un frasco de vidrio con alcohol al 70% para su conservación y posterior análisis en laboratorio (Alba-Tercedor 1996, p. 210). El tiempo de recolección varía de acuerdo a la presencia de individuos, en las áreas seleccionadas de estudio este procedimiento se repitió por aproximadamente una hora hasta que al realizarse la recolección ya no se obtuvieron representantes de nuevas familias de macroinvertebrados (Alba-Tercedor 1996, p. 210)

- **Trabajo de laboratorio**

Una vez recolectados los macroinvertebrados se procedió al traslado de las muestra al laboratorio, posteriormente se analizó las muestras de cada estación, para lo cual se colocó cada uno de los individuos en una caja Petri con alcohol para su conservación y se ubicó la muestra en el estereoscopio para su visualización e identificación morfológica y taxonómica.

- **Identificación taxonómica**

Finalmente se procedió a la identificación de las familias encontradas mediante la descripción detallada para cada familia en la Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos (Angrisano et al. 2001) y se procedió a la anotación de resultados de familias para la posterior aplicación en el método seleccionado de índice biológico para la calidad del agua “Biological Monitoring Working Party/Colombia”

- **Aplicación del índice biológico**

Los macroinvertebrados presentan diferente grado de tolerancia a las perturbaciones asociadas a la calidad del agua, es por este motivo que se estableció la sensibilidad de los macroinvertebrados de acuerdo a la tolerancia de los contaminantes según se detalla a continuación (Carrera y Fierro 2001, p. 30)

Tabla 3: Sensibilidad de los macroinvertebrados a la contaminación

Sensibilidad	Calidad del agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Fuente: (Carrera y Fierro 2001, p. 30). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua

La aplicación del índice biológico se desarrolló mediante la metodología propuesta por (Roldán 2003), en la cual estableció la valoración para cada familia de acuerdo a la sensibilidad que presenta a la contaminación.

Tabla 4: Valoración por familias del Biological Monitoring Working Party/Colombia

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrachidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán 2003, p. 31). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia

Una vez determinados los valores de la tabla 7-3 para cada una de las familias encontradas en las estaciones de monitoreo se procedió a la suma de los valores de tolerancia para la obtención de un único valor que representa la calidad del agua de acuerdo con el método Biological Monitoring Working Party/Colombia.

- **Determinación de las clases de calidad del agua**

Una vez se obtiene el valor de la sumatoria de la tolerancia de cada familia se comparó este resultado con la tabla 8-3 de las clases de calidad del agua para el método biológico y se determinó la calidad del agua para cada estación de monitoreo mediante el método biológico.

Tabla 5: Clases de Calidad del agua para método BMWP para Colombia (BMWP/Col)

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán 2003, p. 32). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia

Resultados y Discusiones

Resultados del Índice de Calidad del agua (ICA-NSF)

Los análisis para la determinación de la calidad fisicoquímica del agua de río Upano se realizaron durante los meses de noviembre y diciembre de 2020 y enero de 2021 en tres estaciones de monitoreo. En total nueve muestras fueron analizadas, dando como resultado los valores presentes en la tabla 6, valores que fueron ingresados en el software IQA-DATA para la determinación de la calidad del agua en cada estación de monitoreo.

Tabla 6: Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	Unidad	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
		nov-20	dic-20	ene-21	nov-20	dic-20	ene-21	nov-20	dic-20	ene-21
Temperatura	°C	20,3	22,2	22,5	22,9	22,8	22,6	23,1	23	22,8
pH	-	7,4	7,7	7,9	7,4	7,7	7,8	7,5	7,6	7,8
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,9	7,76	7,5	8,2	7,75	8,8	7,63	8,15	7,5
Nitratos	mg/l	12,5	19,4	11,7	16,5	15,2	10,87	15,2	16,8	10,58
Fosfatos	mg/l	2,79	1,94	3,74	2,51	2,12	2,98	3,8	3,02	2,75
Turbiedad	NTU	221	212	240	257	229	368	267	259	357
Sólidos Totales	mg/l	3342	3380	3960	3540	3650	2340	3521	3321	2580
DBO5	mg/l	5,3	6,1	7,8	6,5	5,8	6,3	6,7	6,2	6,9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	60	110	70	210	230	370	225	360	480
Valor ICA-NSF		34	32,33	30,22	31,21	32,76	32,7	27,91	29,96	32,78
Calificación ICA NSF		Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala

Realizado por: Autores

Para la estación de monitoreo 1 las tres muestras analizadas reciben una calificación de mala, según el software IQADATA los fosfatos y nitratos son los parámetros más importantes que afectaron la calidad del agua. Para la estación de monitoreo 2 en las tres muestras generan una calificación de mala siendo los nitratos, fosfatos, turbiedad y coliformes fecales los parámetros que perjudican la calidad del agua. Para la estación de monitoreo 3 las coliformes fecales juntamente con los nitratos son los parámetros que afectan a la calidad del agua ya que en los tres análisis se generaron calidad del agua mala.

Biological Monitoring Working Party/Colombia

Tabla 7: Resultados del Índice biológico

N ^o	Orden	Familia	Estación Upano 1			Estación Upano 2			Estación Upano 3			Tolerancia
			no v-20	di c-20	ene -21	no v-20	dic -20	ene-21	no v-20	dic -20	ene -21	
1	<i>Coleoptera</i>	Psephenidae	0	0	0	2	1	1	0	0	0	10
2		Staphylinidae	0	0	0	7	4	6	5	6	3	6
3		Scirtidae (larva)	10	8	5	3	3	1	3	0	2	7
4		Ptilodactylidae	0	0	0	4	5	2	0	0	0	10
5	<i>Ephemeroptera</i>	Baetidae	15	12	7	0	0	0	0	0	0	7
6		Leptohypidae	1	2	0	2	1	0	0	0	0	7
7		Leptophlebiidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	<i>Hemiptera</i>	Veliidae	0	1	1	0	0	0	0	0	0	8
9		Gerridae	1	0	0	0	0	0	1	1	0	8
10		Naucoridae	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7
11	<i>Trichoptera</i>	Polycentropodidae	3	1	1	0	0	0	0	0	0	9
12		Philopotamidae	3	2	0	0	0	0	0	0	0	9
13	<i>Odonata</i>	Libellulidae	0	1	1	2	0	1	3	4	1	6
14	<i>Diptera</i>	Chironomidae	3	2	3	5	3	1	5	3	2	2
15		Culicidae	6	4	5	7	5	6	5	3	1	2
16		Stratiomyidae	0	0	5	0	0	0	0	0	0	4
Resultados índices BMWP/Col			85 Clase II			52 Clase III			31 Clase IV			
			Acceptable			Dudosa			Crítica			

Realizado por: Autores

Durante el periodo de muestreo, se colectaron 6 órdenes de, correspondientes a 16 familias ubicadas en los tres puntos de muestreos seleccionados para el río Upano. Con relación a los resultados obtenidos en los tres muestreos de macroinvertebrados bentónicos las familias Scirtidae y Baetidae fueron las más representativas en este estudio, de acuerdo al Índice BMWP/Col el río tiene diferente tipo de contaminación, haciendo una comparación con (Pérez et al., 2016) quién analizó el río Jurumbaino, un cauce de la misma ciudad, obteniendo resultados muy similares a los nuestros. Resultados similares fueron planteados por (Pino et al., 2003) en el estudio de un río al sur de Colombia. Según la investigación de (Liñero et al., 2016) esto se debe a que los ríos de esta ciudad se ven afectados por los asentamientos humanos, la agricultura y la ganadería presentes en sus alrededores. Teniendo esto en cuenta creemos que debería haber más control por parte de las autoridades para que las personas cercanas al río dejen de contaminar, aunque el agua del afluente no sea utilizada para la potabilización, después de eso hacer tratamientos de remediación para mejorar la calidad de agua.

Conclusiones

Según la metodología aplicada para la determinación del índice fisicoquímico del agua (ICA-NSF), el río Upano obtuvo una clasificación de Mala para todas las estaciones de monitoreo durante los tres meses de estudio, en concordancia con el Acuerdo Ministerial 097 se concluye que el parámetro de nitratos se encuentra fuera de los valores establecidos por esta normativa para el desarrollo de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. La normativa establece una valoración de 13 mg/l para el parámetro de nitratos, mientras que los valores obtenidos en la subcuenca de estudio superan los 14 mg/l lo cual representa una diferencia importante que afecta a la vida acuática en todos sus niveles.

En la identificación de macroinvertebrados resultó un total de 16 familias, las cuales estuvieron distribuidas a lo largo de todo el tramo de estudio. Entre las cuales fueron Scirtidae y Baetidae las familias con mayor número de individuos. Mediante la aplicación del método biológico se determinó que la calidad del agua para el río Upano fue Aceptable para la estación 1, dudosa para la estación 2 y crítica para la estación 3. La reducción de la calidad biológica se debió principalmente a la escasa presencia de familias de macroinvertebrados, lo cual podría deberse a la alteración morfológica del cauce, el cual está en constante aumento de caudal en ciertas épocas del año, lo mismo que pudo haber causado la eliminación de los hábitats de los macroinvertebrados

y la disminución de familias presentes en las estaciones seleccionadas (Ladrera 2012, p.28). Otro factor que puede haber afectado a la presencia de macroinvertebrados es la alteración de ciertos parámetros fisicoquímicos como son altos niveles de turbiedad y sólidos totales, lo cual beneficia al desarrollo de especies indicadoras de mala calidad del agua, causando la disminución y posterior desaparición de especies indicadoras de buena calidad del agua (Olarte y González 2018, p.9).

De acuerdo a la comparación de la calidad del agua realizada mediante el método fisicoquímico y biológico se concluye que la clasificación del índice biológico no concuerda con la clasificación del índice de calidad del agua en la estación 1 y 2, esto debido a que el índice fisicoquímico establece una clasificación de mala, mientras que el índice biológico una calidad aceptable, lo cual se debe a que los índices fisicoquímicos establecen la calidad puntual en un tiempo determinado, mientras que los índices biológicos que utilizan macroinvertebrados detallan la calidad del agua en retrospectiva, es decir que la calidad fisicoquímica pudo haber sido afectada en tiempos específicos en los que se realizó el estudio, mientras que las familias de macroinvertebrados representan la calidad del recurso a lo largo del tiempo.

Referencias

1. ALBA-TERCEDOR, J., 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, vol. II, no. January 1996, pp. 202-213.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION y WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23. Washington D.C.: American Public Health Association 800 Street, NM. ISBN 9780123821652.
3. ANGRISANO, E., ARCHANGELSKY, M., COSCARÓN, C., DOMÍNGUEZ, E., FERNÁNDEZ, H., HUBBARD, M., KOROB, P., MOLINERI, C., LIZARRALDE DE GROSSO, M., PAGII, A., PERALTA, M., PESCADOR, M., ROMERO, F. y ROSSO DE FERRADÁS, B., 2001. *Guía para la deteminación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Agencia Nacional de promoción científica y tecnológica. ISBN 950-554-247-X.
4. ARANGO, C., ÁLVAREZ, L., ARANGO, G., TORRES, O. y MONSALVE, A. de J., 2008. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA* [en línea], vol. 9, pp. 121-141. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 1794-1237.

- Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>.
5. ARGANDOÑA, L. y MACÍAS, R., 2013. *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013* [en línea]. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES%2C SUSPENDIDOS%2C SEDIMENTADOS Y VOLATILES.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%20SUSPENDIDOS%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf).
 6. CAHO, C.A. y LÓPEZ, E.A., 2017. Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI 1. *Producción + Limpia* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 35-49. [Consulta: 3 noviembre 2020]. DOI 10.22507/pml.v12n2a3. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>.
 7. CARRERA, C. y FIERRO, K., 2001. *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* [en línea]. Primera. Quito: EcoCiencia. [Consulta: 28 febrero 2021]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>.
 8. CHACÓN, K., 2017. *Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha-Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos* [en línea]. Macas: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.
 9. CRUZ, V., GALLEGU, E. y GONZÁLEZ, L., 2008. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental . [en línea]. Madrid: [Consulta: 9 marzo 2021]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>.
 10. DA COSTA, A., POSSELT, E. y LOBO, E., 2010. Software IQAData 2015. Programa de mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC. [en línea]. Disponible en: <https://www.unisc.br/sites/nitt/tecnologia/iqa-data-2015/>.
 11. DELOYA, A., 2006. Métodos de análisis físicos y espectrofométricos para el análisis de aguas residuales. *Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 19, no. 2, pp. 31-40. ISSN 0379-3962. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/30/29.

12. DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN, 2011. Actualización del diagnóstico del PDOT 2011 . [en línea]. S.l.: [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: [https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT 2015-2019.pdf](https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT%202015-2019.pdf).
13. ENCALADA, A., 2010. Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polémika* [en línea], vol. 2, no. 5, pp. 40-47. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/347>.
14. FERNÁNDEZ, A., 2012. El agua: un recurso esencial. *Química Viva* [en línea], vol. 11, no. 3, pp. 146-170. [Consulta: 15 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-11sp.pdf>.
15. FORERO, J., 2017. *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)* [en línea]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana . [Consulta: 13 abril 2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. GARCÍA, S., ARGUELLO, A. y PARRA, R., 2018. Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal* [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 59-71. [Consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/909/1510>.
17. GUALDRÓN, L., 2016. Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Revista Dinámica Ambiental* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 83-102. [Consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>.
18. HANSON, P., SPRINGER, M. y RAMIREZ, A., 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de biología tropical* [en línea], vol. 58, no. 4, pp. 1-38. [Consulta: 7 abril 2021]. ISSN ISSN-0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.
19. JIMÉNEZ, M. y VÉLEZ, M., 2006. Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial . *Avances en Recursos Hidráulicos* [en línea], vol. 14, pp. 53-69. [Consulta: 15 abril 2021]. ISSN 0121-5701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=145020399004>.

20. LADRERA, R., 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental* [en línea], vol. 39, pp. 24-29. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.
21. MEDINA, M. y ANDRADE, A., 2009. *Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación* [en línea]. Loja: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MALACATOS.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_DEL_RÍO_MALACATOS.pdf).
22. MENDOZA, M., QUEVEDO, A., BRAVO, Á., FLORES, H., DE LA ISLA DE BAUER, M., GAVI, F. y ZAMORA, B., 2014. Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], vol. 30, no. 4, pp. 429-436. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37032503010.pdf>.
23. NAVARRO, R., ESPINOSA, M., GUTIÉRREZ, J. y RUIZ, M., 2005. Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC Ciencias Químicas* [en línea], vol. 36, pp. 1-9. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511015.pdf>.
24. OLARTE, A. y GONZÁLEZ, D., 2018. Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Revista Dinámica Ambiental*, vol. 2, no. 2, pp. 9-26.
25. ORDOÑEZ, J., 2011. Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. En: Z. NOVOA (ed.) [en línea]. primera. Lima : Sociedad Geográfica de Lima. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf.
26. ORTA, L., 2002. Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *FITOSANIDAD* [en línea], vol. 6, no. 3, pp. 55-62. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>.
27. PALOMARES, A., 2015. Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento . *Esfera del agua* [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en:

<https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>.

28. PAUTA, G., VELASCO, M., GUTIÉRREZ, D., VÁZQUEZ, G., RIVERA, S., MORALES, Ó. y ABRIL, A., 2019. Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 76-88. ISSN 13906143. DOI 10.18537/mskn.10.02.08. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>.
29. PAZ, J., 2019. Ecuador: el río Upano sigue en cuidados intensivos. *Mongabay* [en línea]. [Consulta: 2 noviembre 2020]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2019/03/rio-upano-contaminacion-amazonia-ecuador/>.
30. PÉREZ-LÓPEZ, E., 2015. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica . *Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 29, no. 3, pp. 3-14. [Consulta: 3 noviembre 2020]. DOI 10.18845/tm.v29i3.2884. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>.
31. PÉREZ, A. y RODRÍGUEZ, A., 2008a. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev. Biol. Trop.* [en línea], vol. 56, no. 4, pp. 1905-1918. [Consulta: 8 abril 2021]. ISSN ISSN-0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>.
32. PÉREZ, A. y RODRÍGUEZ, A., 2008b. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 56, no. 4, pp. 1905-1918. [Consulta: 24 febrero 2021]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918835026>.
33. RAFFO, E. y RUIZ, E., 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 70-80. [Consulta: 26 febrero 2021]. DOI 1810-9993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.
34. RAMOS, L., VIDAL, L. y VILARDY, S., 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta biol. Colombia* [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 87-98. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>.
35. RODRÍGUEZ-PACHECO, R.L., FABREGAT, S. y CANDELA, L., [sin fecha]. LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POR RESIDUOS MINEROS.

- EJEMPLO DEL ALUVIAL DEL RÍO MOA, HOLGUÍN (CUBA). [en línea]. S.l.: [Consulta: 11 diciembre 2019]. Disponible en: <https://aguassubterraneeas.abas.org/asubterraneeas/article/viewFile/23033/15160>.
36. ROLDÁN, G., 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia* [en línea]. Primera. Antioquia: Universidad de Antioquia. [Consulta: 28 febrero 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=g#v=onepage&q&f=false>.
37. ROLDÁN, G., 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat* [en línea], pp. 254-274. [Consulta: 28 febrero 2021]. DOI 10.18257/raccefyn.335. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>.
38. SENPLADES, 2017. Plan Nacional para el Buen Vivir. [en línea]. Quito: [Consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>.
39. TORRES, F., 2009. *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico* [en línea]. Mayaguez: UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf.
40. URGILÉS, C., TOWNSEND, W., BORMAN, R. y MIMI, C., 2009. Manual práctico para el monitoreo biológico participativo: experiencias adquiridas y generadas por los POR A'I Cofán de Zábalo, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbios-Ecuador. . Sucumbios:
41. VITERI, M., CHALEN, J. y CEVALLOS, Z., 2017. Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Dominio de las Ciencias*, vol. 3, no. 3, pp. 628-646. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v3i3.497.