UEA Biología
PrePrint UEA

Sección Biología
Vol. BIO2324. ep06–20

| Recibido: 13/03/2024 |
| Aceptado: 15/04/2024 |
| Publicado: 06/11/2026 |

Análisis de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el dique de Shell, del cantón Mera, provincia de Pastaza

Analysis of aquatic macroinvertebrates as indicators of water quality in the Shell reservoir, Mera canton, Pastaza province

Cindy Patricia Cisneros Medina[1], Alison Dayuma Maigualema Lalaleo[1] Edgar Ruben Chicaiza Reisancho[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBIO2324ep06-20 Crossref

Resumen

La siguiente investigación tuvo como objetivo analizar la calidad del agua a partir de la riqueza de los macroinvertebrados acuáticos presentes en el dique de Shell, provincia de Pastaza, Cantón Mera, este estudio fue crucial para comprender y monitorear la salud de los ecosistemas acuáticos dentro de esta zona, la importancia de este análisis nace como una necesidad de preservar la calidad del agua, ya que es un recurso vital para la vida humana y del ecosistema, los puntos muestreados corresponden a Punto 1 (P1) ubicado a 1000 metros antes del dique, Punto 2 (P2) ubicado en el dique y Punto 3 (P3) 1000 metros después del dique, donde posteriormente se analizó los parámetros fisicoquímicos como pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, Temperatura, Turbidez; asimismo parámetros químicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), además se consideraron los índices de biodiversidad, índices biológicos de calidad y análisis de varianza (ANOVA); se obtuvieron 150 individuos distribuidos en 14 familias. La familia Psephenidae destacó al constituir aproximadamente el 15.33 % del total de macroinvertebrados recolectados. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos revelaron leves variaciones en la conductividad y turbidez del río, mientras que el pH se mantuvo generalmente estable, en conclusión, se destaca la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y la urgencia de medidas de conservación y restauración para preservar la salud de los ecosistemas acuáticos locales.

Palabras clave

biodiversidad, macroinvertebrados, muestreo, conservación, diversidad.

Abstract

The following research aimed to analyze water quality based on the richness of aquatic macroinvertebrates present in the Shell dam, Pastaza province, Mera Cantón. This study was crucial for understanding and monitoring the health of aquatic ecosystems within this area. The importance of this analysis arises from the need to preserve water quality, as it is a vital resource for human life and the ecosystem. The sampled points corresponded to Point 1 (P1) located 1000 meters before the dam, Point 2 (P2) located at the dam, and Point 3 (P3) located 1000 meters after the dam. Subsequently, physicochemical parameters such as pH, Conductivity, Dissolved Oxygen, Temperature, Turbidity, as well as chemical parameters such as Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) were analyzed. Biodiversity indices, biological quality indices, and analysis of variance (ANOVA) were also considered. A total of 150 individuals distributed in 14 families were obtained. The Psephenidae family stood out, constituting approximately 15.33 % of the total collected macroinvertebrates. The analysis of physicochemical and microbiological parameters revealed slight variations in the conductivity and turbidity of the river, while the pH remained generally stable. In conclusion, the importance of aquatic macroinvertebrates as biological indicators is highlighted, as well as the urgency of conservation and restoration measures to preserve the health of local aquatic ecosystems.

Keywords

biodiversity, macroinvertebrates, sampling, conservation, diversity.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: cp.cisnerosm@uea.edu.ec, ad.maigualemal@uea.edu.ec, echicaiza@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Cindy Patricia Cisneros Medina. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: cp.cisnerosm@uea.edu.ec

Cómo citar

CISNEROS MEDINA, Cindy Patricia, MAIGUALEMA LALALEO, Alison Dayuma and CHICAIZA REISANCHO, Edgar Ruben 2026. **Análisis de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el dique de Shell, del cantón Mera, provincia de Pastaza** . PrePrint UEA. Vol. BIO2324. p. ep06–20. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBIO2324ep06-20

Editores Académicos Elizabeth Del Carmen Ramírez Iglesias

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

Apenas el 1 % del agua en nuestro planeta es esencial para la vida. Este reducido porcentaje es vital para la supervivencia de todos los organismos en la Tierra (Naciones Unidas, 2020). Por consiguiente, es crucial que reconozcamos su valor como un recurso estratégico fundamental y que prioricemos su conservación para garantizar nuestro futuro, el dique de Shell, ubicado en la provincia de Pastaza, Cantón Mera, se convierte en un foco de interés para comprender la calidad del agua en esta región, en este contexto, el presente estudio se enfoca en analizar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el dique de Shell, proporcionando una visión integral de la calidad del agua en esta área específica, a través de este enfoque, se busca contribuir al conocimiento científico y a la gestión sostenible de los recursos hídricos en la provincia de Pastaza. (Álvarez Carrión , y otros, 2017)

La investigación se justifica debido a la importancia de los macroinvertebrados acuáticos sensibles a la contaminación,

tales como los efemerópteros, plecópteros y tricópteros (EPT), estos organismos son fundamentales como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del ecosistema, a diferencia de las mediciones químicas instantáneas, su presencia o ausencia refleja cambios a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión más completa, además, su diversidad nos permite identificar perturbaciones específicas en el ambiente acuático. (Olarte Durán, y otros, 2018). Su diversidad, distribución y abundancia pueden proporcionar información valiosa sobre el estado de salud de los cuerpos de agua, los insectos acuáticos son notables debido a que la mayor parte de su ciclo de vida transcurren dentro del agua, en una variedad extensa de fases tempranas que se extienden durante un periodo prolongado, si bien cuando alcanzan la etapa adulta, emergen a la tierra firme donde su tiempo es corto; los insectos como Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera y Odonata; son esenciales en las etapas iniciales de los ecosistemas acuáticos, contribuyendo significativamente a la cadena alimentaria y al equilibrio ecológico, en el año 2002 se llevó a cabo la construcción de un dique en el río Pindo Grande, situado en la parroquia Shell con la principal intención de estimular el turismo local y propiciar oportunidades de desarrollo económico para la región, además recibió contribuciones hídricas del río Motolo, actuando como principal receptor de aguas residuales generadas en esta parroquia.

El problema de la contaminación radica en el aumento significativo de turistas que convierten a la parroquia Shell en un destino popular para la diversión, este flujo constante de visitantes plantea desafíos importantes en términos de gestión ambiental y sanitaria, la falta de un control adecuado podría resultar en problemas de contaminación e infección, lo que tendría consecuencias negativas para la salud pública de la población local, por lo tanto, es crucial implementar estrategias efectivas de supervisión y manejo para evitar que el crecimiento del turismo afecte negativamente la calidad del agua y la salud de los residentes de la parroquia Shell. (Ortega Figueroa, y otros, 2020).

El análisis de parámetros fisicoquímicos surgen como un herramienta fundamental en la evaluación integral de la calidad del agua en el dique de Shell en la provincia de Pastaza, cantón Mera, estos parámetros proporcionan una visión detallada de las características del agua, permitiendo reconocer posibles fuentes de contaminación y riesgos para la salud humana, por medio de un enfoque multidisciplinario que integre la observación de macroinvertebrados acuáticos con el análisis de las propiedades fisicoquímicos del agua, es así como se pudo obtener una comprensión más detallada del ecosistema acuoso en estudio. El objetivo general de este estudio es evaluar la calidad del agua en el dique de Shell, se cuantificó y/o identificó el tipo de macroinvertebrados acuáticos presentes como indicadores biológicos clave, los objetivos específicos incluyen identificar las especies de macroinvertebrados presentes en la microcuenca del río Pindo, analizar su diversidad y abundancia en relación con los parámetros fisicoquímicos, con el propósito de establecer posibles correlaciones entre las características ambientales y la presencia de determinadas especies (Valverde Legarda, y otros, 2019).

2. Metodología

2.1. Descripción del área de estudio y selección de puntos de muestreo

La ubicación de la siguiente investigación se sitúa en la cuenca del río pindo, parroquia Shell, provincia de Pastaza, Cantón Mera, se encuentra a una altitud de 949msnm, el área de estudio comprende una extensión de 26,70 metros de ancho, con una longitud aproximada de 2,548 kilómetros, como se describe en la **Figura 1.** (Carrasco Vaquero, y otros, 2020).

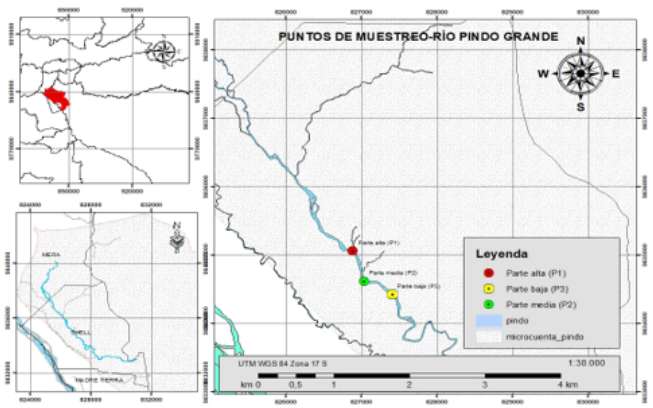


Figura 1 | Mapa de localización de la microcuenca del río Pindo Grande

Para la delimitación del área de estudio se empleó la metodología propuesta por Posada et al (2008) se muestreó tres puntos en el área de estudio: Punto 1 (P1) ubicado a 1000 metros antes del dique, Punto 2 (P2) ubicado en el dique y Punto 3 (P3) 1000 metros después del dique y de, como se puede observar en la (**Figura 1**). Para analizar la calidad del agua, se empleó un sistema de referencia WGS84, Proyección. UTM, Zona 17S, El punto 1 (826892,48;9835063,95) se encuentra en la parte alta de la microcuenca (Sacha Runa), el punto 2 (827040,35;9834622,54) en la parte media de la microcuenca (dique de Shell) y el punto 3 (827413,34;9834428,32) se localizó en la parte baja de la microcuenca después del dique. Para la toma de las muestras se recolectó tres repeticiones en los tres diferentes puntos en un tiempo prolongado de 15 días, tomando en cuenta las siguientes fechas, 26 de enero, 09 de febrero, 23 de febrero **(Tabla 1)**.

Tabla 1 | Coordenadas geográficas de los puntos de muestreados en el Río Pindo Grande

Puntos		Sector	X	Y	Altitud (msnm)
Rio Pindo	1	Sacha runa	826892	9835063	1052
	2	Dique de Shell	827040	9834622	1040
	3	Después del Dique	827413	9834428	1036

2.2. Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos

Según la metodología de Arango (2005) para el muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos se llevó a

cabo de manera metódica y organizada, teniendo en cuenta que se eligió los puntos de muestreo establecidos que fueron representativos del área de estudio, en cada punto de muestreo, los macroinvertebrados fueron capturados utilizando una red D-net durante un período de 10 minutos a lo largo de 10 metros en ambos márgenes del río, que fueron previamente delimitadas. Además, se realizó un barrido en troncos y rocas dentro del cauce para abarcar todos los hábitats potenciales, las muestras recolectadas se preservaron en alcohol al 70% a 4°C, debidamente etiquetadas, para su posterior separación, identificación y conteo.

2.3. Índices biológicos de calidad

La obtención de índices biológicos requirió una exhaustiva exploración taxonómica, alcanzando el nivel de familia, este enfoque nos permitió obtener una visión más detallada y completa de la estructura y organización de las comunidades de macroinvertebrados, en el proceso se llevó a cabo un meticuloso recuento de la cantidad de individuos recolectados por familia.

Se llevaron a cabo los análisis de siguientes índices: Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col) evalúa la calidad del agua basándose en la sensibilidad de las especies a la contaminación (Osejos Merino, y otros, 2020), mientras que el Índice efemerópteros, plecópteros y tricópteros (EPT) se centra en grupos específicos de macroinvertebrados efemerópteros, plecópteros y tricópteros (EPT) como indicadores de la calidad del agua. (Carrera Reyes, y otros, 2001).

2.4. Índices de diversidad

Para evaluar la diversidad en este estudio, se emplearon varios índices que abordan diferentes aspectos de la estructura de la comunidad. Inicialmente, se aplicó el índice de equidad de Shannon-Weaver (H), aplicando la fórmula

$$H = \frac{H'}{1n(S)} \tag{1}$$

para examinar la distribución de las abundancias relativas y la uniformidad en la comunidad. Este índice tiene en cuenta tanto la riqueza de especies como la uniformidad en su abundancia, lo que ofrece una medida completa de la diversidad. (Pala, 2006).

En el índice de Margalef se empleó la fórmula

$$D = \frac{(S-1)}{1n(N)} \tag{2}$$

para evaluar la riqueza de especies en relación con el tamaño de la muestra, brindando perspectivas sobre la diversidad específica ajustada a la cantidad de individuos muestreados. Por otra parte, el índice de Menhinick con la fórmula

$$Dm = \frac{S}{\sqrt{N}} \tag{3}$$

se enfocó en la riqueza de especies relativa a la abundancia, permitiendo una evaluación de la diversidad específica en función del número total de individuos.

Finalmente, para comprender la dominancia en la comunidad, se calculó el índice de Simpson (1-D) con la fórmula

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S} p_i^2 \tag{4}$$

Este índice se centra en la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, proporcionando información sobre la concentración de abundancias y la uniformidad en la comunidad (Lopez, y otros, 2019).

2.5. Recolección de datos

Para examinar posibles desigualdades en los índices, se llevó a cabo un análisis de varianza mediante el software SPSS para el análisis estadístico de datos, inicialmente se importaron los datos correspondientes a los puntos de muestreo, y se procedió a explorar su distribución, seguidamente se estableció los grupos de interés, representados por las diversas ubicaciones de muestreo, antes de aplicar ANOVA, se verificó la homogeneidad de las varianzas a través de la prueba de Levene, posteriormente se ejecutó ANOVA, con la variable dependiente siendo un parámetro del agua y los factores independientes correspondientes a las distintas ubicaciones de muestreo, la interpretación de los resultados se centró en la significancia estadística de las diferencias entre los grupos y se presentaron visualmente mediante gráficos, estos resultados fueron discutidos en términos de su relevancia para la calidad del agua, ofreciendo así una visión clara y precisa del análisis de varianza aplicado a los datos de muestreo de agua, facilitado por la plataforma SPSS (Lopez, y otros, 2019).

2.6. Parámetros fisicoquímicos

Para medir los parámetros fisicoquímicos del agua, el pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez fueron evaluados utilizando una variedad de equipos especializados, entre estos equipos se encuentra el ORION STAR A215, un instrumento multiparamétrico utilizado para medir el pH, la conductividad y la temperatura en soluciones acuosas, el oxígeno disuelto (OD) es fundamental para mantener la vida de los organismos acuáticos, para calcular se empleó el HACH HQ40D que es un medidor multiparámetro de mano, este instrumento se utiliza para medir una variedad de parámetros importantes en el agua; por otro lado la turbidez del agua indica cuantas partículas están suspendidas en ella, influyendo en su transparencia y su habilidad para dejar pasar la luz, considerando que niveles altos de turbidez pueden sugerir la presencia de contaminantes en el agua, por lo tanto se utilizó el 2100Q que es un dispositivo portátil diseñado para medir la turbidez del agua de manera rápida y precisa. La DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y la DQO (Demanda Química de Oxígeno) son parámetros químicos utilizadas para evaluar la cantidad de contaminación orgánica presente en el agua, para este estudio se empleo el equipo manométrico BOD Trak II es un método para medir la DBO, este proceso se lleva a cabo durante un periodo de incubación, típicamente de 5 días, a una temperatura constante. Por otro lado, el DRB200 es un equipo de laboratorio utilizado para realizar los análisis de DQO, esta es una medida de la cantidad total de materia orgánica y compuestos oxidables presentes en una muestra de agua (Acosta Rivera, y otros, 2023).

3. Resultados y discusión

3.1. Macroinvertebrados acuáticos

Se recolecto un total de 150 individuos de macroinvertebrados acuáticos correspondiente a 14 familias, en la familia Psephenidae se obtuvo la mayor abundancia con 23 individuos (15.33%), a continuación, se encuentra la familia Hydropsychidae con 18 individuos (12%), como se puede demostrar (**Tabla 2**)

Tabla 2 | Macroinvertebrados acuáticos recolectados en el rio Sacharuna

Familias	Sacha Runa			Dique			Despues del dique		
	26/1/2024	9/2/2024	23/2/2024	26/1/2024	9/2/2024	23/2/2024	26/1/2024	9/2/2024	23/2/2024
Psephenidae	2	1	5	3	2	2	3	4	1
Naucoridae		1	2			1		2	3
Anisoptera	1		1	3	1		1	1	
Elmidae	1	2		1	2		2		1
Baetidae	1	1	1	2		2	1		2
Chironomidae	3	1			1	1		2	4
Hydropsichidae	2	2	3	1	2	2	2	2	2
Leptoceridae	2		1	3	1		1		1
Oligoneuridae	1	3	2			2	3	2	1
Perlidae		1		1		2	2	3	1
Euthyplociidae	2						2	1	2
Philopotamidae	1		2		1	1	3		
Palaemonidae	1					1		1	
Glossomatidae	2	1		3		1	1		2
TOTAL	19	13	17	17	10	15	21	18	20

3.2. Índices biológicos de calidad del agua

El siguiente análisis presenta la calificación del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) y el Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) para diferentes familias macroinvertebrados acuáticos recolectados en el estudio, se observa una variabilidad en las calificaciones, con algunas familias como Psephenidae, Anisoptera y Oligoneuridae obteniendo puntajes altos en ambos índices, lo que sugiere una buena calidad del agua en los sitios donde se recolectaron, por otro lado, familias como Chironomidae y Naucoridae obtuvieron puntajes bajos en ambos índices, indicando una posible contaminación del agua en los sitios de muestreo, en general, la suma de las calificaciones de los índices Biological Monitoring Working Party (BMWP/COL) y Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) para todas las familias recolectadas es 102 y 76 respectivamente, lo que sugiere una evaluación global de la calidad del agua en el área de estudio. **(Tabla 3, 4 5)**

Tabla 3 | índices biológicos: EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	CALIFICACIÓN INDICE BMWP/COL	INDICE EPT
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	10	
Insecta	Hemiptera	Nauroridae	5	
Insecta	Odonata	Anisoptera	10	
Insecta	Coleoptera	Elmidae	7	
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	6	10
Insecta	Díptera	chironomidae	2	
Insecta	Trichoptera	hydropsychidae	6	18
Insecta	Trichoptera	leptoceridae	8	9
Insecta	Plecoptera	oligoneuridae	10	14
Insecta	Plecoptera	Perlidae	10	10
Insecta	Trichoptera	euthyplociidae	10	7
Insecta	Trichoptera	philopotamidae	5	8
malacostraca	Decapoda	palaemonidae	5	
Insecta	Trichoptera	glossomatidae	8	10
TOTAL			102	76

Tabla 4 | rangos de clasificación del índice biótico BMWP

CATEGORÍA	RANGO
Aguas muy limpias	>120
Aguas no alteradas de modo sensible	101-120
Aguas con evidencia de algunos efectos de contaminación	61-100
Aguas contaminadas	36-60
Aguas muy contaminadas	16-35
Aguas frecuentemente contaminadas	<15

Tabla 5 | rangos de clasificación para los índices bióticos

CATEGORÍA	RANGO
Sin impacto	>10
Levemente impactado	6-10
Moderadamente impactado	2-5
Severamente impactado	0-1

3.3. Índices de diversidad

Los resultados de los índices de Margalef y Menhinick demostraron una notable similitud en los diferentes muestreos realizados. El índice de Margalef exhibió rangos que oscilaron entre 0,62 y 1,75, mientras que el índice de Menhinick varió entre 0,12 y 1,30. Ambos resultados fueron interpretados como indicativos de una baja biodiversidad en la región. En relación con el índice de Shannon-Weaver, los valores se situaron entre 0,36 y 1,44, lo que también señaló una biodiversidad reducida.

En cuanto al índice de Simpson, la mayoría de los valores estuvieron por debajo de 0,5, a excepción de M1 durante el tiempo de transición, que registró un valor de 0,71. Prác-

ticamente todos los resultados de este índice indicaron la presencia de especies altamente dominantes. Las familias Hyalellidae y Gammaridae, habitantes de aguas con abundante materia orgánica en recirculación, exhibieron una marcada dominancia en la comunidad **(Tabla 6)**.

Tabla 6 | Puntajes y valores de los índices de diversidad y dominancia en las estaciones de muestreo del río Sacharuna

INDICE	MUESTRA	PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RIO (SACHARUNA)	PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RIO (DIQUE DE SHELL)	PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RIO (500M MAS ABAJO DEL DIQUE DE SHELL)
Margalef	M1	1,63	0,93	1,25
	M2	1,8	1,73	1,04
	M3	1,47	1,06	0,64
Menhininck	M1	1,11	0,59	0,48
	M2	1,32	1,24	0,55
	M3	0,37	0,14	0,22
Shannon-Weaver	M1	1,54	0,39	1,28
	M2	1,29	1,48	1,28
	M3	1,07	0,95	0,95
Simpson	M1	0,2	0,71	0,37
	M2	0,38	0,33	0,39
	M3	0,48	0,45	0,44

La microcuenca del río Sacharuna exhibió una baja diversidad biológica y una marcada dominancia por parte de los macroinvertebrados acuáticos, siendo las familias Psephenidae e Hydropsychidae, las más prominentes, mientras que la Palaemonidae fue el orden menos representativo. La escasa diversidad de macroinvertebrados acuáticos a lo largo de la cuenca se atribuye principalmente a la falta de hábitats propicios para albergar poblaciones numerosas, dado que los parámetros fisicoquímicos, especialmente los niveles de oxígeno disuelto se encontraban en concentraciones reducidas. La presencia y concentración adecuadas de oxígeno son aspectos cruciales para sostener diversas formas de vida en estos organismos, lo cual incide significativamente en la calidad del agua.

3.4. Análisis de varianza

3.4.1. Estadísticos descriptivos

La siguiente tabla presenta datos relevantes sobre la cantidad y diversidad de macroinvertebrados encontrados en distintos puntos de muestreo, inicialmente se analizaron 14 muestras, revelando una variación notable en la cifra, desde un mínimo de 2 hasta un máximo de 14, con media aproximada de 7.93, estos datos establecen una importante dispersión, como lo muestra la desviación estándar con alrededor de 3.751 y una varianza de 14.071, confirmando así la amplia dispersión de los datos en relación con la media, seguidamente se proporcionan estadísticas similares para tres puntos de muestreo distintos (punto 1, punto 2 y punto 3), con diferentes números de muestras: 12 para punto 1, 9 para punto 2 y 8 para punto 3, aunque la cantidad de macroinvertebrados en cada punto varió entre 1 y 3, se destacan diferencias en la media y en las medidas de dispersión entre los puntos de muestreo.

Tabla 7 | Estadísticos descriptivos de la microcuenca del río, punto 1 (Sacha Runa)

	N°	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
macroinvertebrados	14	2	14	7,93	3,751	14,071
punto1	12	1	3	1,58	,669	,447
punto2	9	1	3	1,56	,726	,528
punto3	8	1	3	1,88	,835	,696
N válido (por lista)	4					

La **Tabla 7** brinda datos sobre macroinvertebrados en la microcuenca del río, especialmente en el punto 2 (Dique Shell). La cantidad promedio de macroinvertebrados por muestra es aproximadamente 7.93, con una considerable variabilidad indicada por la desviación estándar de alrededor de 3.751 y una varianza de 14.071, comparado con otros puntos de muestreo (punto 1 y punto 3), hay diferencias en la cantidad promedio de macroinvertebrados y en las medidas de dispersión, lo que sugiere variabilidad en la diversidad de

macroinvertebrados entre los puntos.

Tabla 8 | Estadísticos descriptivos en la microcuenca del río, punto 2 (Dique Shell)

	N°	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
Macroinvertebrados	14	2	14	7,93	3,751	14,071
Punto1	8	1	3	1,88	,991	,982
Punto2	7	1	2	1,43	,535	,286
Punto3	10	1	2	1,50	,527	,278
N válido (por lista)	2					

El análisis en la **Tabla 8** detalla la cantidad y variabilidad de macroinvertebrados en la microcuenca del río, punto 3 (parte baja del dique), con 14 muestras y una media de aproximadamente 7.93 macroinvertebrados por muestra, se evidencia variabilidad con una desviación estándar de 3.751 y una varianza de 14.071, se comparan con otros puntos de muestreo (punto 1 y punto 2), destacando que el punto 3 exhibe una media ligeramente superior, lo que nos indica que se encontraron más macroinvertebrados por muestra en ese punto en particular en comparación con el resto.

Tabla 9 | Estadísticos descriptivos en la microcuenca del río, punto 3 (Parte baja del dique)

	N°	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
macroinvertebrados	14	2	14	7,93	3,751	14,071
Punto1	11	1	3	1,82	,751	,564
Punto2	9	1	3	1,67	,707	,500
Punto3	11	1	4	1,91	,944	,891
N válido (por lista)	5					

En relación con la **Tabla 9** de estadísticos descriptivos, se encuentra una consistencia en la cantidad promedio de macroinvertebrados en todas las muestras, con un valor cercano a 7.93 en cada caso, no obstante, existen diferencias en las medidas de dispersión entre los puntos de muestreo, en la primera tabla, el punto 3 exhibe una media ligeramente superior y una desviación estándar más amplia en comparación con los otros puntos, en la segunda tabla, el punto 1 presenta una desviación estándar más elevada, indicando una mayor dispersión de los datos en ese punto, contrariamente, en la tercera tabla, el punto 3 muestra la media más alta y una desviación estándar considerablemente grande, sugiriendo una mayor variabilidad en la cantidad de macroinvertebrados en ese punto, además, se observan variaciones en la varianza entre las tablas, reflejando diferencias en la dispersión de los datos entre los puntos de muestreo, que podrían atribuirse a disparidades en las condiciones ambientales.

3.5. Anova

La **Tabla 10** ANOVA ofrece un análisis de diversidad en los datos recolectados en los tres puntos de muestreo en el mismo lugar en diferentes fechas, Se observa que la suma de cuadrados entre grupos, que representa la variabilidad entre los grupos de muestras, es considerable en todos los puntos de muestreo, con valores de 4.917, 4.222 y 4.875 respectivamente, estos valores, junto con los grados de libertad (gl) y la media cuadrática, sugieren que hay diferencias significativas entre los grupos de muestras. Sin embargo, al examinar la estadística F y su significancia (Sig.), se observa que el valor de p es mayor a 0.05 en todos los casos, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los grupos. Esto sugiere que, aunque hay variabilidad entre los puntos de muestreo, esta variabilidad no es estadísticamente significativa.

Tabla 10 | Tabla ANOVA, punto 1 (Sacha Runa)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Punto1	Entre grupos	4,917	10	,492	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	4,917	11			
Punto2	Entre grupos	4,222	7	,603	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	4,222	8			
Punto3	Entre grupos	4,875	6	,813	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	4,875	7			

En la **Tabla 11** este análisis ANOVA examina cómo varían los datos entre diferentes grupos de muestras tomadas en tres puntos de muestreo, se nota que la variabilidad entre los grupos parece ser mayor que la variabilidad dentro de cada grupo en cada punto de muestreo, esto sugiere que puede haber diferencias notables entre los puntos de muestreo, sin embargo, como no se proporcionan los valores de la estadística F o la significancia, no podemos determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, en resumen, la tabla muestra cómo se distribuye la variabilidad entre los puntos de muestreo, pero no nos permite concluir si estas diferencias son importantes desde un punto de vista estadístico.

Tabla 11 | Tabla ANOVA, punto 2 (Dique Shell)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Punto1	Entre grupos	6,875	6	1,146	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	6,875	7			
Punto2	Entre grupos	1,714	5	,343	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	1,714	6			
Punto3	Entre grupos	2,500	8	,313	.	.
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	2,500	9			

En la **Tabla 12** se observa que la variabilidad entre grupos (representada por las sumas de cuadrados entre grupos) es considerable en todos los puntos de muestreo, sin embargo, la insignificancia de la estadística F y la significancia, en todos los casos sugiere que las diferencias observadas entre los grupos podrían ser atribuibles al azar y no son estadísticamente significativas, en resumen, aunque hay variabilidad entre los puntos de muestreo, esta variabilidad no es estadísticamente significativa según este análisis ANOVA.

Tabla 12 | Tabla ANOVA, punto 3 (Parte baja del dique)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Punto1	Entre grupos	5,636	9	,626	·	·
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	5,636	10			
Punto2	Entre grupos	4,000	7	,571	·	·
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	4,000	8			
Punto3	Entre grupos	8,909	9	,990	·	·
	Dentro de grupos	,000	1	,000		
	Total	8,909	10			

Las diferencias principales entre las tres tablas se encuentran en los valores de la suma de cuadrados entre grupos, los grados de libertad y la media cuadrática. Estos valores reflejan la variabilidad entre los grupos de muestras en cada punto de muestreo. Además, se observa que el número de grados de libertad varía entre las tablas, lo que puede deberse a diferencias en el tamaño de la muestra o en la estructura de los datos. Por otro lado, los valores de la estadística F y su significancia (Sig.) son similares en todas las tablas, lo que sugiere que la variabilidad entre los grupos no es estadísticamente significativa en ninguno de los casos.

3.6. Calidad de agua

3.6.1. Parámetros físicos

Esta **Tabla 13** presenta datos de monitoreo de parámetros fisicoquímicos en dos partes de la cuenca del río, divididas por la ubicación del dique de Shell. Se han registrado mediciones de pH, conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto en tres fechas de muestreo diferentes. En general, los valores de pH se encuentran dentro del rango aceptable según la normativa técnica establecida (6.5 a 8.5), con variaciones mínimas entre las ubicaciones y fechas de muestreo. La conductividad también está dentro de los límites normativos (50 a 500 μS/cm), indicando niveles aceptables de sales disueltas en el agua. La temperatura se mantiene en un rango adecuado (5°C a 25°C), lo que sugiere condiciones favorables para la vida acuática. La turbidez y el oxígeno disuelto también se encuentran dentro de los estándares establecidos (0-5 NTU a 6-9 ml/L respectivamente), lo que indica una buena calidad del agua en ambas partes de la cuenca y en todas las fechas de muestreo.

Tabla 13 | Resultados parámetros físico- químicos y microbiológicos

PARAMETRO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE MUESTRO	PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO (DIQUE DE SHELL)	PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RIO (DESPUES DEL DIQUE DE SHELL)	NORMATIVA TÉCNICA
POTENCIAL HIDROGENO PH	26/01/2024				
	09/02/2024	7,4	7,73	7,67	6,5-8,5
	23/02/2024				
CONDUCTIVIDAD	26/01/2024				
	09/02/2024	87,23	87,89	88,97	50-500µS/cm
	23/02/2024				
TEMPERATURA °C	26/01/2024				
	09/02/2024	21.7	21,87	22	5°C-25°C
	23/02/2024				
TURBIDEZ NTU	26/01/2024				
	09/02/2024	1.18	1,67	1.21	0-5 NTU
	23/02/2024				
OXIGENO DISUELTO MG/L	26/01/2024				
	09/02/2024	7.94	8,09	8.02	6-9ml/L
	23/02/2024				

3.7. Parámetros químicos

Los análisis de la **Tabla 14** reflejan que los niveles más altos de DBO, especialmente en la parte baja de la cuenca del río, podrían indicar una calidad de agua menos saludable en esa área, la variación en los niveles de DBO entre las muestras y las fechas de muestreo también podría sugerir cambios en la contaminación orgánica a lo largo del tiempo y en diferentes ubicaciones de la cuenca del río.

Tabla 14 | Resultados de los parámetros fisicoquímicos (DBO)

DBO	Muestra 1 Parte alta de la cuenca del rio (Sacha Runa)	Muestra 2 Parte media de la cuenca del rio (Dique de Shell)	Muestra 3 Parte baja de la cuenca del rio (500 metros más abajo del dique de Shell)
9 de febrero de 2024	1 mg/L	4 mg/L	8 mg/L
23 de febrero de 2024	0 mg/L	4 mg/L	5 mg/L

En la **Tabla 15** este caso, los valores más altos de DQO, especialmente en la muestra 3 (parte baja de la cuenca del río), podrían indicar una mayor contaminación en esa área en comparación con las otras ubicaciones, además, se observa una variación en los niveles de DQO entre las muestras y las fechas de muestreo, lo que podría reflejar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo y en diferentes partes de la cuenca del río.

Tabla 15 | Resultados de los parámetros fisicoquímicos (DQO)

DQO	Muestra 1 Parte alta de la cuenca del rio (Sacha Runa)	Muestra 2 Parte media de la cuenca del rio (Dique de Shell)	Muestra 3 Parte baja de la cuenca del rio (500 metros más abajo del dique de Shell)
9 de febrero de 2024	1,5 mg/L	1,8 mg/L	1,6 mg/L
23 de febrero de 2024	2,3 mg/L	2,9 mg/L	2,3 mg/L

3.8. Discusión

La importancia de evaluar la calidad del agua mediante el análisis de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos en el contexto del dique del río Pindo se destaca en este estudio multidisciplinario. Otros autores también han reconocido la relevancia de utilizar organismos acuáticos como indicadores biológicos para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos, autores como (Gomez, y otros, 2020) y (Miserendino, y otros, 2020) han abogado por la utilización de macroinvertebrados como herramientas efectivas para monitorear la calidad del agua debido a su sensibilidad a las alteraciones ambientales.

Según se detalla en la Tabla 3, la presencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera y Odonata en el estudio del dique del río Pindo se alinea con la relevancia de estos grupos en otros ecosistemas acuáticos, tal como han señalado diversos autores (Abril Saltos, 2012). La diversidad y cantidad de estos insectos acuáticos, especialmente en relación con el oxígeno disuelto, muestran cómo las condiciones ambientales influyen en la composición de la comunidad de macroinvertebrados.

La aplicación de índices biológicos y de diversidad en este estudio para evaluar la salud del ecosistema acuático también encuentra apoyo en la literatura científica. Autores como (Shannon, y otros, 1949) han propuesto el uso de índices de diversidad para medir la riqueza y uniformidad de las comunidades biológicas. Además, la correlación entre la baja diversidad de macroinvertebrados y las condiciones ambientales desfavorables, como los bajos niveles de oxígeno disuelto, coincide con la comprensión general de que la biodiversidad tiende a disminuir en ambientes degradados (Bravo Chaves, y otros, 2021).

La integración de datos fisicoquímicos y biológicos como estrategia clave para obtener una visión holística del ecosistema acuático en el dique del río Pindo también se alinea con las recomendaciones de otros expertos en ecología acuática. Autores como (Córdova Ariza, y otros, 2020) abogan por un enfoque integrado que combine datos químicos y biológicos para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y comprender mejor las complejas interacciones dentro de ellos.

En términos de la aplicación de análisis estadísticos, como ANOVA, para resaltar diferencias significativas en la calidad del agua entre ubicaciones de muestreo, esta metodología es consistente con la práctica científica común en la investigación ambiental. Autores como (Gonzáles Córdoba, y otros,

2020) respaldan la aplicación de análisis estadísticos para identificar patrones y diferencias significativas en conjuntos de datos ambientales.

En resumen, este estudio sobre la calidad del agua en el dique del río Pindo se alinea con la literatura científica existente, respaldando la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y la integración de datos fisicoquímicos y biológicos para obtener una comprensión completa de los ecosistemas acuáticos. La baja diversidad de macroinvertebrados identificada destaca la necesidad urgente de medidas de conservación y restauración, una conclusión respaldada por la literatura que aboga por la protección de hábitats acuáticos y la restauración de áreas degradadas para preservar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas (Alanya Sánchez, y otros, 2023). Además, la atención a la variabilidad espacial en las condiciones del agua y la necesidad de estrategias de gestión proactivas para abordar el aumento del turismo refleja la preocupación compartida por otros investigadores que reconocen los impactos potenciales de las actividades humanas en la calidad del agua y la salud pública (Espinosa Ramírez, 2018).

4. Conclusiones

En el estudio realizado en el dique de Shell, se ha podido concluir que existe una diversidad moderada de macroinvertebrados acuáticos, representada por 150 individuos los mismos que pertenecen a 14 familias, mediante los índices biológicos Biological Monitoring Working Party (BMWO/COL) y ephemeroptera, plecoptera, trichoptera (EPT) se determinó que hasta el momento posee una buena calidad del agua en los puntos de muestreo, por otro lado se encontró un alto puntaje en las familias Psephenidae, Anisoptera y Oligoneuridae, sin embargo mediante los índices de Margalef y Menhinick se demostró que existe una baja diversidad biológica en el área de estudio. El índice de Shannon-Weaver también señaló una baja diversidad, mientras que el índice de Simpson mostró la presencia de especies altamente dominantes, como las familias Hyalellidae y Gammaridae, el análisis ANOVA no mostró diferencias significativas, lo que sugiere que la variabilidad encontrada podría atribuirse al azar.

En términos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encontró que el pH, conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto se encuentran dentro de los parámetros establecidos, lo que indica una buena calidad del agua en ambas partes de la cuenca del río y en todas las fechas de muestreo, sin embargo, los niveles mas altos de DBO y DQO especialmente en la parte baja de la cuenca del río, podrían indicar una calidad de agua menos saludable, para lo cual se sugiere que existan monitoreos continuos y a su vez tomar medidas de manejo adecuadas para salvaguardar la calidad del dique de Shell.

Contribuciones de los autores

Cindy Patricia Cisneros Medina: Adquisición y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Alison Dayuma Maigualema Lalaleo: Adquisición y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Edgar Ruben Chicaiza Reisancho: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

Abril Saltos, Ricardo. 2012. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX POST EN DIQUE DEL RIO PINDO EN SHELL CANTÓN MERA. [En línea] 2012. https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/7069/T-ESPE-047294.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Acosta Rivera, Alvaro Giovanny y Carrasco Baquero, Juan Carlos. 2023. Caracterización ecológica y composicion de comunidades de macroinvertebrados en la cuenca del río Ambato provincia de Tungurahhua para elaborar un plan de biomonitoreo y gestión de la calidad del agua. [En línea] 2023. https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5560/1/ACOSTA%20RIVERA%20ALVARO%20GIOVANNY.pdf.

Alanya Sánchez, Cecilia y Carrera Salas, Valeria Doris. 2023. Density of fish and salamanders in relation to Riparian Canopy and physical habitat in Streams of the Northwestern United States. [En línea] 27 de Diciembre de 2023. https://repositorio.unh.edu.pe/items/5c089ef7-5c16-4e9f-8e29-612dacba9042.

Álvarez Carrión , Sergio Marcelo y Pérez Rivera , Lucilizabeth . 2017. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguare, Honduras. [En línea] Diciembre de 2017. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e315914f-3926-41cd-b071-f325ff7010e5/content.

Analisis de calidad del agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquimicas y macroinvertabrados acuaticos. Valverde Legarda, Nubia Lucia , Caicedo Quintero, Orlando y Aguirre Ramirez, Nestor Jaime. 2019. 09 de Noviembre de 2019.

Arango, Luisa Fernanda Alvarez. 2005. Metodologìa para la utilizaciòn de los macroinvertebrados acuàticos como indicadores de la calidad del agua. [En línea] 2005. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357.

BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. Pla, Laura. 2006. 2006.

Bravo Chaves, Lalo Rodrigo y Restrepo Franco, Gloria Maria. 2021. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá. [En línea] 2021. https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/5432/4914.

Carrera Reyes, Carlos y Fierro Peralbo, Karol. 2001. Manual de monitoreo, los macroinvertebrados acuaticos como indicadores de la calidad del agua . [En línea] 2001. https://ecociencia.org/manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua/.

Córdova Ariza, Gabriela, y otros. 2020. Variación espacio temporal de macroinvertebrados acuáticos en la Lindosa, Guayana colombiana. 2020.

DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO Y LA CALIDAD DE AGUAUTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES. Olarte Durán, Andrea Zuley y González Suarez, Daniela Alejandra . 2018. Colombia: s.n., 2018, e-Revista didactica 11.

Espinosa Ramírez, Adriana Janneth. 2018. El agua, un reto para la salud pública: la calidad del agua y las oportunidades para la vigilancia en salud ambiental. [En línea] 19 de Mayo de 2018. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63149.

EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL TRAMO NACIMIENTO HASTA EL SECTOR LA PLAYA DEL RÌO CHARTA. Ortega Figueroa, dwing Fabián y Restrepo García, Diana Carolina. 2020. 2020.

Gomez, Nora, y otros. 2020. Los indicadores biologicos. [En línea] 2020. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/140318.

Gonzáles Córdoba, Marcela, y otros. 2020. Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación delhábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. [En línea] 2020. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442020000200601.

Instituto de investigacion de recursos biologicos Alexander von Humboldt, corporaciòn para el desarrollo sostenible del area del manejo especial La Macarena. 2017. Fauna de caño cristales sierra de La Macarena, Meta, Colombia. [ed.] Carlos Lasso y Monica Morales Betancourt. s.l.: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical, 2017.

Macroinvertebrados acuaticos como indicadores de la calidad del agua del rio Teusáca Cundinamarca, Colombia. Lopez, Santiago, Huertas, David y Jaramillo, Angela. 2019. 2019.

Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del rio Jipijapa - Ecuador. Osejos Merino, Miguel Angel, y otros. 2020. 2020.

Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interes turistico de la provincia de Pastaza, Amazonia Ecuatoriana. Carrasco Vaquero, Juan Carlos, y otros. 2020. 2020.

Miserendino, Maria Laura, y otros. 2020. Los indicadores biológicos en la Patagonia. Calidad de agua e integridad ecológica: Una mirada desde arroyos a mallines. [En línea] 2020. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/120087.

Naciones Unidad. 2020. El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. [En línea] 26 de Noviembre de 2020. https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732.

Shannon, Claude y Weaver, Warren. 1949. The Mathematical Theory of Comunication Urbana. [En línea] 1949. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164/component/file_2383163/content.