

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la zona de recarga del Río De Marcos, evaluando su calidad fisicoquímica, microbiológica y la integridad del ecosistema mediante el estudio de macroinvertebrados. Este enfoque es crucial debido a la creciente preocupación por la conservación de los recursos hídricos y la preservación de los ecosistemas fluviales. La metodología empleada incluyó muestreos sistemáticos de análisis, fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados en diferentes puntos de la zona de recarga, seguidos de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados. Los resultados revelan la calidad del agua en oxígeno disuelto, temperatura y sólidos suspendidos dentro de los límites aceptables, aunque se identificaron preocupaciones por la turbidez, el pH y la presencia de coliformes fecales. Sin embargo, el análisis de macroinvertebrados indica una integridad ecológica favorable, con una diversidad significativa y la presencia de especies indicadoras de buena calidad del agua. En conclusión, el Río De Marcos reporta valores dentro de los límites permisibles en la mayoría de parámetros y el análisis de macroinvertebrados indica buena calidad de agua.

Palabras clave

calidad del agua; macroinvertebrados; contaminación; límites permisibles; gestión ambiental

Abstract

The objective of this work was to characterize the recharge zone of the De Marcos River, evaluating its physicochemical and microbiological quality and the integrity of the ecosystem through the study of macroinvertebrates. This approach is crucial due to the growing concern for the conservation of water resources and the preservation of river ecosystems. The methodology used included systematic sampling of physicochemical, microbiological and macroinvertebrate analysis at different points in the recharge zone, followed by physicochemical, microbiological and macroinvertebrate analysis. The results reveal water quality in dissolved oxygen, temperature and suspended solids within acceptable limits, although concerns were identified for turbidity, pH and the presence of fecal coliforms. However, macroinvertebrate analysis indicates favorable ecological integrity, with significant diversity and the presence of indicator species of good water quality. In conclusion, the De Marcos River reports values within the permissible limits in most parameters and the analysis of macroinvertebrates indicates good water quality.

Keywords

water quality; macroinvertebrates; pollution; permissible limits; environmental management

Direcciones

¹ Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: km.acachoi@uea.edu.ec; vh.gonzalezv@uea.edu.ec; rvabril@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Karelis Mishel Acacho Iza. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: km.acachoi@uea.edu.ec

Como citar

ACACHO IZA, K. M., V. H. GONZÁLEZ TOLEDO AND R. V. ABRIL SALTOS. Caracterización de la zona de recarga del Río de Marcos. PrePrint UEA, 2024, AMB2324, ep01-0140. <https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep01-140>

Editores Académicos

Mario Javier Barrera Castro

Editorial

Editorial de la Universidad Estatal Amazónica
2024

Copyright:

Derechos de autor 2023-2024 UEA | PrePrint UEA

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. 
Los autores del artículo autorizan a PrePrint UEA, a que este artículo se distribuya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

A nivel mundial, el deterioro de la calidad del agua ha pasado por un proceso de cambio junto con las actividades humanas, el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y los cambios progresivos en el uso de la tierra. Los contaminantes son cada vez más complejos y pueden estar directamente relacionados con la salud humana y con impactos importantes en los ecosistemas (Calidad del Agua en las Américas 2019).

Ecuador posee una amplia red hídrica con ríos de gran importancia como el Guayas y Esmeraldas en la

vertiente Pacífica, y el Napo y Pastaza en la vertiente Amazónica. En el 2021 en la Amazónica ecuatoriana se registra un total 1195 fuentes de agua cruda, entre las principales se encuentran las quebradas con 239 y ríos con 177 (Terán et al. 2022, 27). Las fuentes de contaminantes a nivel nacional son principalmente los asentamientos humanos y las aguas residuales sin tratamiento que aquellos arrojan a los ríos (Izurietta et al. 2019, 659).

La caracterización de una zona de recarga es primordial para poder establecer mecanismos de protección y preservación de esta, en estos últimos años la disminución del caudal por la contaminación y

asentamientos humanos han hecho que se deteriore por ende surge la necesidad de tener un diagnóstico rápido de la calidad del agua, siendo los bioindicadores acuáticos (macroinvertebrados) una gran solución ya que es rápida y confiable. Esta permite ahorrar costos en los laboratorios. De manera general los efemerópteros, plecópteros y tricópteros son indicadores de buena calidad de agua. (Hilaño 2023, 67).

Desde este enfoque, el propósito del presente trabajo consistió en analizar y caracterizar la zona de recarga del Río De Marcos. Dado que los asentamientos humanos cercanos están expandiéndose hacia las zonas llanas, se presume que están afectando el ecosistema acuático. Para llevar a cabo este estudio, se tomaron en consideración parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales nos han proporcionado información sobre las características y la calidad del agua en la zona de recarga.

2. Metodología

2.1. Localización

El Río Marcos se localiza (**Figura 1**) en la provincia y cantón de Pastaza, específicamente en el kilómetro 2.5 de la vía Puyo-Tena. Para acceder a él, es necesario desviarse 50 metros por la Avenida Curaray, justo después de pasar la antigua distribuidora de cerveza Pilsener.

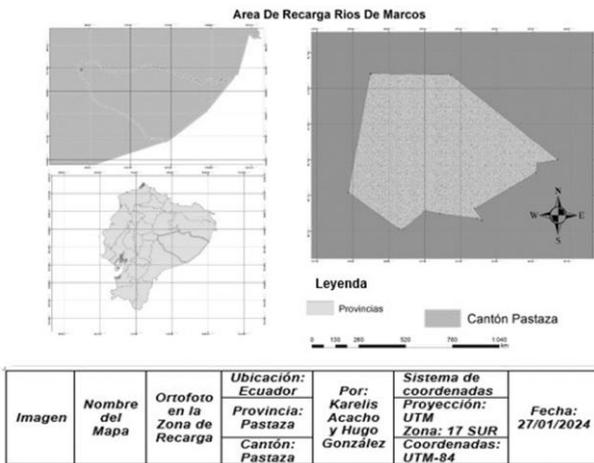


Figura 1 | Mapa de estudio de la zona de recarga Río De Marcos

Este río está a 10 minutos de la ciudad de Puyo. De acuerdo con información proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza (2015), la región donde se encuentra el Río Marcos se caracteriza por su clima lluvioso tropical. La temperatura promedio en esta área es de aproximadamente 20 °C, con precipitaciones anuales que rondan los 4500 mm y una elevación de 930 m sobre el nivel del mar (**Tabla 1**).

Tabla 1 | Coordenadas de la zona de estudio

Zona	Ubicación	Coordenada X	Coordenada Y
17	Sitio 1 (Poza de la Boa)	166927,00	9837207,00
17	Sitio 2 (Atrás de la ex distribuidora de cerveza Pilsener)	167144,00	9837236,00
17	Sitio 3 (Poza del Puente Vía Curaray)	167368,00	9837400,00

2.2. Tipo de Investigación

El estudio se enmarcó en una investigación descriptiva, orientada hacia la caracterización física, química y microbiológica del agua. La investigación se centró en la recolección y análisis detallado de datos, fundamental para profundizar en el conocimiento científico sobre la calidad del agua.

El desarrollo del estudio combinó trabajo de campo y laboratorio, asegurando una recopilación de datos exhaustiva y precisa. En el campo, se realizó la recolección de muestras de agua en puntos específicos de entrada y salida de la fuente hídrica. En el laboratorio, se caracterizaron estas muestras, evaluando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Este enfoque integral garantizó una comprensión amplia de la calidad del agua y su variabilidad, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

2.3. Método de Investigación

Se adoptó un método cuantitativo, dado que se manejó y tabuló valores numéricos correspondientes a los parámetros analizados. Este enfoque permitió una interpretación precisa de los niveles de contaminación presentes en el agua, basándose en técnicas especializadas para la determinación de concentraciones de contaminantes. Se caracterizó por ser un diseño de investigación de campo transversal, ya que se realizó en un momento específico en el tiempo, sin extenderse a lo largo del mismo.

Materiales utilizados en la caracterización de la Zona de Recarga

- GPS
- Computadora
- Cuaderno de Campo
- Laboratorio
- Mandil
- Botas
- Cinta métrica
- Envases para recolectar muestras
- Botellas de 6L
- Microscopio portátil
- Red de patada
- Pinzas
- Alcohol

2.4. Procedimiento de Recolección de Muestras de Agua

Se llevaron a cabo muestreos en tres ubicaciones específicas del río: el primer punto, denominado Sitio 1 (Poza de la Boa), el segundo punto, conocido como Sitio 2 (detrás de la antigua distribuidora de cerveza Pilsener), y el tercer punto, llamado Sitio 3 (Poza del Puente Vía Curaray). Para el análisis fisicoquímico, se recolectaron las muestras en botellones de 6 L en cada sitio, sumando 3 muestras simples diarias, etiquetadas y selladas; en cuanto a los análisis microbiológicos, específicamente para determinar coliformes fecales, se efectuó un muestreo. En esta jornada, se recogieron tres muestras simples de los 3 respectivos sitios en envases de muestra de orina de 100 mL.

La recopilación de muestras destinadas al análisis de parámetros físicos y químicos se realizó a lo largo de cuatro días, siguiendo un esquema de tres muestras para la obtención de muestra combinada que incluyó los siguientes horarios:

Primer Sitio: 7:00 a.m., 7:30 a.m. y 8:00 a.m.

Segunda Sitio: 8:30 a.m., 9:00 a.m. y 9:30 a.m.

Tercer Sitio: 10:00 a.m., 10:30 a.m. y 11:00 a.m.

En la **Tabla 2** indica los parámetros de las muestras analizadas en laboratorio ambiental y biología de la Universidad Estatal Amazónica, para determinar la calidad del agua por medio de los Índices de Calidad de Agua.

Tabla 2 | Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos

Parámetros	Fisicoquímicas	
	Unidades	Método de Ensayo
Oxígeno Disuelto % de Saturación	mg/L	Standard Methods 4500-O+G Membrane Electrode Method 4500-O+G.
Potencial de Hidrogeno	pH	Multiparamétrico marca HACH
Temperatura	°C	Standard Methods 2520A+B
Conductividad	µS/cm	Standard Methods 2520 B
Turbidez	NTU	Turbidímetro portátil
ORP	mv	Standard Methods 4500-O+G
Solidos Suspendidos	mg/L	2540 D Standard Methods 22ND ED
Solidos Disueltos	mg/L	2540 C Standard Methods 22ND ED
Solidos Totales	mg/L	2540 B Standard Methods 22ND ED
DBO ₅	mg/L	Standard Methods 5510BOD
Microbiológico		
Parámetros	Unidades	Método de ensayo
Coliformes Totales	NMP/100 mL	Standard Methods NMP

2.5. Procedimiento de Recolección de Muestras de Agua

Para el muestreo de los Macroinvertebrados se identificó las zonas más bajas de los puntos de recolección de muestras (Sitio 1, Sitio 2 y Sitio 3) entre 20-25m río arriba, se utilizó el método multi-hábitat una vez ya determinado se procedió a colocar la red de patada de cara a la corriente y se procedió a realizar movimiento del sustrato con ayuda de manos y pies para que los organismos salgan a la superficie y sean arrastrados hacia la red y poder identificar los macroinvertebrados en un tiempo estimado de dos minutos, también se lo realizó a través de una detección directa denominada búsqueda por encuentro visual o REV (relevamiento por encuentro visual), se basa en levantar rocas, troncos u objetos que se encuentran dentro del río o en su rivera e identificar los macroinvertebrados por su movimiento o visualmente. (Encalada et al. 2019, 139).

Una vez identificados los macroinvertebrados se procede a separar las muestras en envases de plástico y se agregan de 1 a 5 de cada taxón, se agregó alcohol etílico al 96% para su conservación y se identificó cada envase a través del lugar y la fecha.

Una vez realizado esto se procede a realizar los cálculos de índices de calidad de agua:

- Índice ETP (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*)

Este índice se calcula usando los tres grupos de macroinvertebrados indicadores de calidad del agua, ya que son más sensibles a intervenciones especialmente contaminantes orgánicos (Bolívar y Calapsu 2022, 80).

- Índice AAMBI (Índice Biótico Andino-Amazónico)

Es un índice biótico, una herramienta crucial para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos en la región Andino-Amazónica, destaca por su principal ventaja de utilizar invertebrados como indicadores. Estos organismos sirven para medir tanto la salud del agua como la integridad del ecosistema en su conjunto. La metodología aplicada para su uso se centra en la recopilación de datos cualitativos, específicamente en la detección de algunas familias de invertebrados, lo que permite evaluar con precisión el estado ambiental de los cuerpos de agua estudiados (Encalada et al. 2019, 139).

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos

Según lo que se observa en la **Figura 2**, el oxígeno disuelto supera el límite mínimo permisible del Texto

Unificado de Legislación Ambiental Secundario (2015). El sitio 2 reporta una mayor concentración con una media de 101,2 %.

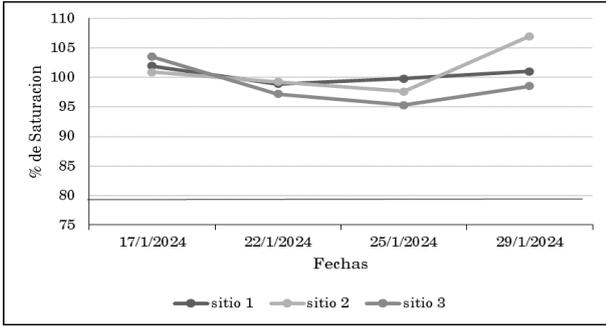


Figura 2 | Saturación de Oxígeno Disuelto

Según la Figura 3, los niveles de pH no sobrepasan el límite mínimo permitido según el TULSMA (2015), ya que para la preservación de la vida acuática corresponde a los límites de 6,5 a 9. Es relevante destacar que el sitio 1 exhibe niveles de pH más elevados, con una media de 6,39.

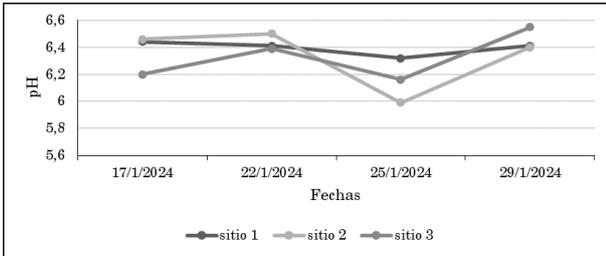


Figura 3 | pH

Como se observa en la Figura 4 el sitio 1 presenta una temperatura más alta, con un promedio de 22,08 °C. Este hallazgo indica una tendencia térmica más elevada en comparación con otros dos puntos de estudio, esto se puede deber a la hora que se realizó el muestreo ya que fue el último sitio de recolección de muestra.

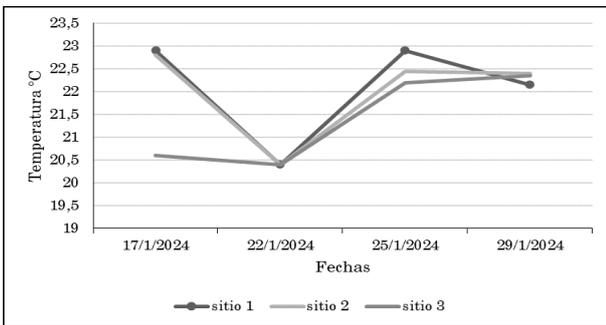


Figura 4 | Temperatura

De acuerdo con la información de la Figura 5, el sitio 1 indica una conductividad superior, registrando una media de 51,06 µS/cm.

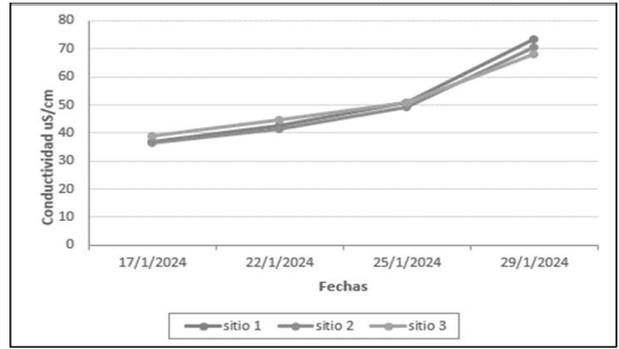


Figura 5 | Conductividad

En la Figura 6, el sitio 1 presenta una mayor turbidez, caracterizada por un promedio de 2,08 NTU, este indicador sugiere una mayor densidad de partículas suspendidas en comparación con otros puntos de estudio.

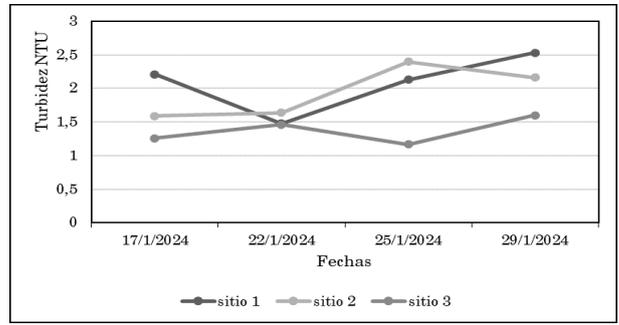


Figura 6 | Turbidez

Como se puede apreciar en la Figura 7 el sitio 1 muestra un valor de 225,71 mV de Potencial Redox.

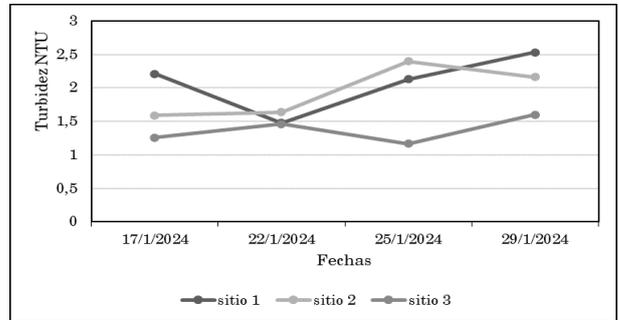


Figura 7 | ORP (El potencial Redox)

Según los datos de la Figura 8, se destaca que el sitio 3 presenta una concentración superior de sólidos suspendidos. Este hallazgo sugiere la presencia de partículas en suspensión en el agua de dicho sitio.

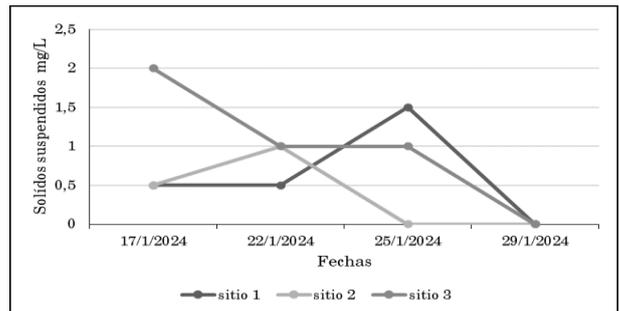


Figura 8 | Sólidos suspendidos

Conforme se evidencia en la **Figura 9**, se destaca que el sitio 1 indica una media notablemente superior de sólidos disueltos, alcanzando la cifra de 50,37 mg/L.

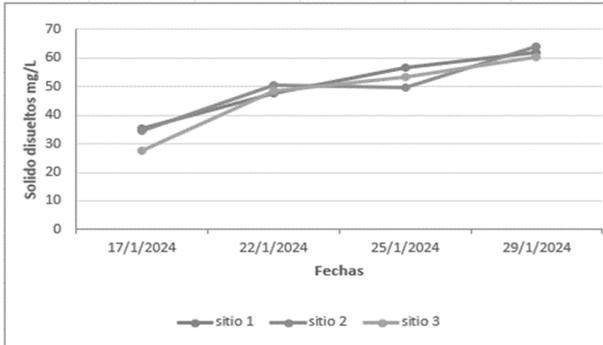


Figura 9 | Sólidos disueltos

Según la información de la **Figura 10**, el sitio 1 muestra un valor de 56,87 mg/L, indicando concentraciones superiores de sólidos totales, revelando el total de materiales suspendidos en el agua de este sitio específico.

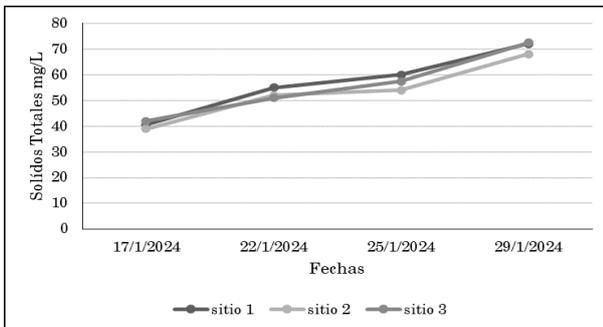


Figura 10 | Sólidos totales

De acuerdo con lo que observa en la **Figura 11** los niveles de Demanda Biológica de oxígeno no superan el límite permisible establecido por el TULSMA (2015), ya que sus valores van de 1 a 6 mg/L, por ende, el sitio 1 reporta una mayor concentración con una media de 2,1 mg/L.

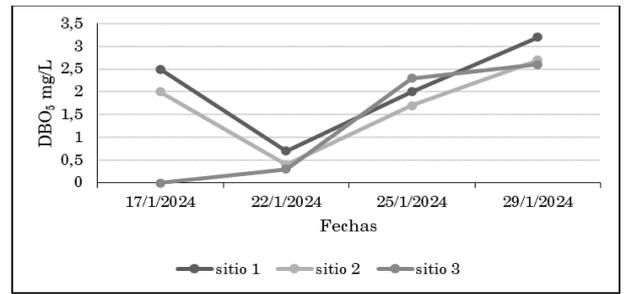


Figura 11 | DBO₅

Los resultados de la **Figura 12** revelan una variación significativa en las concentraciones de coliformes en el río. Es notable que el Sitio 1, situado antes de la desembocadura en el Río Puyo, exhibe niveles de contaminación particularmente altos. Este incremento en la contaminación se atribuye probablemente a los asentamientos humanos cercanos y a la descarga de aguas residuales no tratadas que se producen en las orillas del río (Guanotásig 2022, 68).

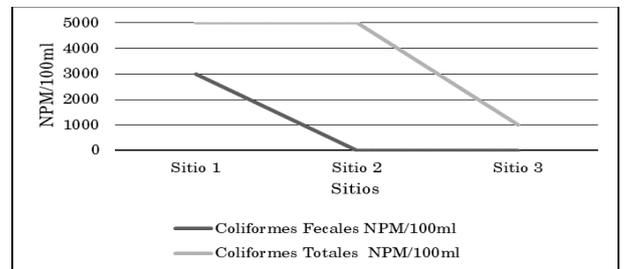


Figura 12 | Coliformes Fecales y Totales

3.2. Resultados macroinvertebrados

En el estudio de macroinvertebrados (**Tabla 3**) se recolectaron un total de 70 individuos, distribuidos en 8 familias y pertenecientes a 7 órdenes distintos. La familia *Leptophlebiidae* fue la más representativa, con un total de 26 individuos, seguida por la familia *Psephenidae*, que contó con 21 individuos. Por otro lado, la familia menos abundante fue *Gomphidae*, con tan solo 2 individuos identificados.

Tabla 3 | Macroinvertebrados 17/01/2024

17/01/2024	Orden	Familia	AAMBI	Sitio 1	Sitio 2			Sitio 3
					# de individuos			
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10,00	10,00	16,00	11,00	13,00	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10,00	2,00	2,00	1,00	1,00	
	<i>Triptoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	8,00	1,00	1,00	1,00	2,00	
		<i>Hydropsychidae</i>	5,00	3,00	3,00	2,00	1,00	
	Total ETP				16,00	11,00	13,00	
	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8,00	1,00	1,00	0,00	1,00	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5,00	2,00	2,00	0,00	2,00	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Ampullariidae</i>	4,00	0,00	0,00	3,00	0,00	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5,00	9,00	9,00	4,00	8,00	
	Suma total		55,0	28	28	18,00	24,00	
	Índice de ETP				0,57	0,61	0,54	

En la jornada de recolección (**Tabla 4**), se capturaron 61 individuos, clasificados en 8 familias y agrupados en 7 órdenes diferentes. La familia *Leptophlebiidae* presentó la mayor cantidad de individuos, con un total

de 23, seguida de cerca por la familia *Psephenidae*, que registró 21 individuos. En contraste, la familia *Ampullariidae* fue la menos representada, contando con un único individuo.

Tabla 4 | Macroinvertebrados 22/01/2024

	Orden	Familia	AAMBI	Sitio 1	Sitio 2			Sitio 3
					# de individuos			
22/01/2024	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10,00		8,00	5,00	10,00	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10,00		2,00	0,00	1,00	
	<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	8,00		1,00	1,00	2,00	
		<i>Hydropsychidae</i>	5,00		1,00	2,00	1,00	
	Total ETP				12,00	8,00	14,00	
	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8,00		1,00	0,00	1,00	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5,00		2,00	0,00	2,00	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Ampullariidae</i>	4,00		0,00	1,00	0,00	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5,00		10,00	3,00	8,00	
	Suma total		55,00		24,00	12,00	25,00	
	Índice de ETP				0,50	0,60	0,56	

Durante la sesión de recolección (Tabla 5), se obtuvieron 52 individuos en total, clasificados en 8 familias y encuadrados en 7 órdenes distintos. La familia más representativa fue *Leptophlebiidae*, con

19 individuos, mientras que la familia *Psephenidae* le seguía con 14 individuos. Las familias menos representadas fueron *Ampullariidae* y *Gomphidae*, con solo dos individuos cada una.

Tabla 5 | Macroinvertebrados 25/01/2024

	Orden	Familia	AAMBI	Sitio 1	Sitio 2			Sitio 3
					# de individuos			
25/01/2024	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10,00		6,00	5,00	8,00	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10,00		2,00	0,00	1,00	
	<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	8,00		1,00	1,00	2,00	
		<i>Hydropsychidae</i>	5,00		1,00	2,00	1,00	
	Total ETP				10,00	8,00	12,00	
	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8,00		1,00	0,00	1,00	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5,00		2,00	0,00	2,00	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Ampullariidae</i>	4,00		0,00	2,00	0,00	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5,00		6,00	1,00	7,00	
	Suma total		55,00		19,00	11,00	22,00	
	Índice de ETP				0,52	0,72	0,54	

En esta jornada (Tabla 6), se colectaron un total de 50 individuos, clasificados en 8 familias y 7 órdenes, siendo la familia *Leptophlebiidae* con más individuos

con 23, seguido de *Psephenidae* con 8 individuos. La familia con menor abundancia es la *Ampullariidae* con solo 2 individuos.

Tabla 6 | Macroinvertebrados 29/01/2024

	Orden	Familia	AAMBI	Sitio 1	Sitio 2			Sitio 3
					# de individuos			
29/01/2024	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10,00		8,00	5,00	10,00	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10,00		2,00	0,00	1,00	
	<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	8,00		1,00	1,00	1,00	
		<i>Hydropsychidae</i>	5,00		1,00	2,00	2,00	
	Total ETP				12,00	8,00	14,00	
	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8,00		2,00	0,00	1,00	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5,00		1,00	0,00	2,00	
	<i>Gastropoda</i>	<i>Ampullariidae</i>	4,00		0,00	2,00	0,00	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	5,00		3,00	1,00	4,00	
	Suma total		55,00		18,00	11,00	21,00	
	Índice de ETP				0,66	0,72	0,66	

Al finalizar el muestreo (Tabla 7) de macroinvertebrado y se observa en las tablas de la 4 a la 7 el cálculo de la calidad del agua a través del Índice Biótico Andino-Amazónico (AAMBI) (Encalada et al. 2019, 139) con un puntaje de 55, indicando a si una integridad ecológica buena en el Río De Marcos.

Al finalizar el muestreo (Tabla 8), de macroinvertebrado y se observa en las tablas de la 3 a la 6 el cálculo de la calidad del agua a través del Índice Biótico Andino-Amazónico (AAMBI) (Encalada et al. 2019, 139), con un puntaje de 55, indicando a si una integridad ecológica buena en el río De marcos.

Tabla 7 | Índice AAMBI y su correlación con la calidad del agua

AAMBI	Integridad ecológica
>121	Excelente
90-120	Muy Buena
50-89	Buena
36-49	Regular
<35	Mala

Tabla 8 | Índice EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*)

EPT %	Calidad del agua
75-100 %	Muy buena
50-74 %	Buena
25-49 %	Regular
24 %	Mala

Como se observa en las tablas de la 3 a la 6 el resultado de ETP se mantuvo entre 50 y 74 %, resultados que según Reyes (2019), es una buena calidad de agua en el río De Marcos.

3.3. Discusión

El estudio del río De Marcos mediante la evaluación conjunta de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y los índices bióticos resalta la compleja interacción de factores que afectan la calidad del agua en la Amazonía ecuatoriana. Diferenciándose de investigaciones anteriores, se subraya la relevancia de analizar la variabilidad entre diferentes tiempos, lugares de muestreo y comunidades de macroinvertebrados. Esta perspectiva amplia descubre cómo diversos factores influyen en la calidad del agua y su biodiversidad (Mena 2023, 23).

La saturación de oxígeno disuelto (OD) en el río De Marcos, tal como se observa en la **Figura 2**, excede el mínimo establecido por la normativa ambiental, alcanzando un valor de 101,2% de saturación. Según Lozano (2021) una concentración elevada de OD, indica una influencia positiva en la vida acuática de esa zona específica. Este criterio de calidad del agua busca la preservación de la vida acuática y silvestre tanto en aguas dulces como en ambientes marinos y estuarios, según se establece en el Registro Oficial N°387-2015 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (2015).

Los valores de pH presentados en la **Figura 3**, que oscilan entre 6 y 6,5, se sitúan por debajo del mínimo establecido por el Registro Oficial N°387-2015 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (2015). Este documento especifica que el rango óptimo de pH para asegurar la preservación de la vida acuática y silvestre, tanto en cuerpos de agua dulce como en ambientes marinos y estuarios, debe estar entre 6.5 y 9. Al contrastar estos hallazgos con los valores reportados por (Molina 2016, 82) en el trabajo de tesis “Análisis de la calidad de agua del río Plata sector dique las palmas mediante la identificación de macroinvertebrados y caracterización físico, química y biológica en el cantón Pastaza.”, se encuentran dentro del rango óptimo con mediciones de 7.33 a 7.81, se observa una discrepancia notable. Esto indica que las condiciones de pH se mantienen dentro de los parámetros considerados ideales para la conservación de los ecosistemas acuáticos mencionados.

Los valores de temperatura registrados en los tres sitios, conforme a lo indicado en la **Figura 4**, varían entre 20,4 °C y 22,9 °C. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de la investigación, y se mantienen por debajo del límite máximo permitido de 32 °C, considerado esencial para la conservación de la

vida acuática y silvestre en cuerpos de agua dulce, así como en ambientes marinos y estuarios, estos resultados varían un poco los de (Armijos y Sánchez 2019, 69) ya que ellos presentan una temperatura un poco más elevada en su investigación con rango de 26,1 °C a 28 °C, esto se debe a la ubicación geográfica donde la hicieron, ya que esta más expuesto a la radiación solar.

En cuanto a la conductividad, los datos presentados en la **Figura 5** señalan una baja concentración de minerales o sales en el agua, con valores que oscilan entre 37,06 µS/cm y 73,55 µS/cm. Estos resultados muestran una diferencia notable respecto a los valores reportados por (González et al. 2022, 44-61) que se sitúan entre 99,1 µS/cm y 772 µS/cm. Tal variación podría tener repercusiones significativas para la salud y el equilibrio del ecosistema acuático.

La turbidez, indicada en la **Figura 6**, muestra valores entre 1,17 NTU y 2,53 NTU, lo que apunta a una cierta densidad de partículas suspendidas que podría influir en la penetración de la luz y, consecuentemente, en la fotosíntesis de las plantas acuáticas. En cuanto al Potencial Redox (ORP), los valores se encuentran entre 191,35 mV y 296,63 mV, según lo reportado en la **Figura 7**. Cabe destacar que estos parámetros no están definidos dentro de los límites establecidos por el Registro Oficial N°387-2015 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) (Ambiente 2015).

En lo que respecta a los sólidos suspendidos, observados en la **Figura 8**, se identifican valores relativamente bajos, variando de 0,5 mg/L a 2 mg/L. Esto sugiere una mínima presencia de sólidos suspendidos, que podrían originarse de fuentes cercanas. Por otro lado, los sólidos disueltos, conforme a lo mostrado en la **Figura 9**, presentan una concentración considerablemente mayor, con valores que oscilan entre 27,5 mg/L y 64 mg/L. En cuanto a los sólidos totales, reportados en la **Figura 10**, se encuentran valores entre 39 mg/L y 72,5 mg/L. Es importante destacar que, según el Registro Oficial N°387-2015 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) (Ambiente 2015), solo se establece un límite permisible para los sólidos suspendidos totales, el cual corresponde a un incremento del 10 % respecto a las condiciones naturales.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), tal como se indica en la **Figura 11**, muestra que en todos los sitios evaluados los valores se mantienen por debajo del límite permisible de 20 mg/L, registrándose entre 0,3 mg/L y 3,2 mg/L. Esta situación contrasta con los hallazgos de (Molina 2016, 82), cuyos valores fluctúan entre 7 mg/L y 20 mg/L, lo cual podría sugerir un

impacto sobre la vida acuática. Además, la **Figura 12** evidencia niveles elevados de coliformes fecales y totales en el sitio 1, lo que señala una posible contaminación, probablemente relacionada con asentamientos humanos cercanos y descargas de aguas residuales no tratadas.

El análisis de macroinvertebrados ofrece una visión complementaria respecto a la calidad del agua. La familia *Leptophlebiidae* emerge como la más predominante, y los índices EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*) y AAMBI (Índice Biótico Andino-Amazónico), indican una integridad ecológica favorable en el río De Marcos. Al comparar estos hallazgos con los de (Carrasco et al. 2020, 858-879), se observa una coincidencia en cuanto a la predominancia de la familia *Leptophlebiidae*, lo que permite concluir que la calidad del agua es buena en ambas fuentes hídricas.

4. Conclusiones

Se observó que la calidad del agua en términos de oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y sólidos suspendidos se encuentra dentro de los límites

Contribuciones de los autores **Karelis Mishel Acacho Iza:** Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada
Víctor Hugo González Toledo: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada
Ricardo Vinicio Abril Saltos: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada
Conflicto de intereses de los autores Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

- Armijos Muñoz, Tania Elizabeth, y Karla Antonella Sánchez Bargas. 2019. «Evaluación de la calidad de agua del río Rumiyacu mediante la utilización de bioindicadores en la parroquia Dayuma, cantón Orellana, provincia de Orellana.» Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/486/T.AMB.B.UEA.3171?sequence=1&isAllowed=y>
- Barreno Molina, Andrea Michelle. 2016. «Análisis de la calidad de agua del río Plata sector dique las palmas mediante la identificación de macroinvertebrados y caracterización físico química y biológica en el cantón Pastaza.» Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/379/1/T.AMB.B.UEA.3090.pdf>
- Bolivar Viasus, Dayana Maricela, y Marcela Calapsus Sánchez. 2022. «Aquafest insectate: OVA interactiva para la identificación de insectos acuáticos de la comunidad (*Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Plecoptera*) para determinar la calidad ecológica del agua a partir del índice ETP». Tesis de Grado, Universidad Pedagógica Nacional. <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/18131/Aquafest%20insectate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco Baquero, Juan Carlos, Veronica Lucia Caballero Serrano, Jacqueline Madeleyn Cabrera Hugo, Luis Felipe Lema Palaquibay, y Daisy Carolina Carrasco Lopez. 2020. «Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana». Polo Del Conocimiento 5: 858-79. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9378914>
- Dorado-González, Liliana Marcela, Mery Yaneth Dueñas-Celis, y Sandra Helena Suescún Carrero.

aceptables para mantener la vida acuática. Sin embargo, se identifican preocupaciones en cuanto a la turbidez, los niveles de pH y la presencia de coliformes fecales, especialmente en el sitio 1, lo que sugiere una posible contaminación derivada de actividades humanas cercanas. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar medidas de control y gestión ambiental para mitigar los impactos negativos en el ecosistema fluvial.

El análisis de macroinvertebrados revela una integridad ecológica favorable en el Río De Marcos, con una diversidad relativamente alta y la presencia de especies indicadoras de buena calidad del agua. Los índices EPT y AAMBI sugieren que el río mantiene un ambiente propicio para el desarrollo de la vida acuática y la salud del ecosistema en general.

Esto indica que, a pesar de ciertos problemas identificados en el análisis fisicoquímico y microbiológico, el río conserva una base sólida para la preservación de su biodiversidad y funcionalidad ecológica.

2022. «Caracterización físico-química y microbiológica del agua de un municipio del departamento de Boyacá, Colombia». *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá* 9 (2): 44-61. <https://doi.org/10.24267/23897325.825>
- Encalada, Andrea, Juan Manuel Guayasamin, Esteban Suarez, Carlos F Mena, Janeth Lessman, Carolina Sampedro, Valeria Ochoa-Herrera, et al. 2019. *Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño de programas de monitoreo*. <https://instituto-biosfera.org/blog/2019/09/19/los-rios-de-las-cuencas-andino/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Pastaza. 2015. «PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON PASTAZA. 2015-2020». Puyo.Gob.Ec. <https://puyo.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/transparencia/rendicion/2020/20-planes-estrategicos-plan-operativo-anual-2019-pdyot-canton-pastaza-final.pdf>
- Guanotasig Molina, Carlos Sebastian. 2022. «Evaluación de fuentes puntuales de contaminación de la cuenca del río Cutuchi en el sector la estación del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.» Tesis Maestría, Universidad Tecnológica Indoamericana. <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/4900/1/GUANOTASIG%20MOLINA%20CARLOS%20SEBASTIAN.pdf>
- Hilaño Carrillo, Paola Alexandra. 2023. «Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Kushapukos en el cantón Tiwintza, provincia de Morona Santiago 2022.» Tesis pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10122/1/UPSE-TBI-2023-0056.pdf>
- Izurieta, Ricardo, Arturo Campaña, Juan Calles, Estevez, y Ochoa. 2019. «Calidad del agua en Ecuador». En *Calidad Del Agua En Las Américas*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Am%C3%A9ricas_2019.pdf
- La Red Interamericana de Academias de Ciencias. 2019. *Calidad del Agua en las Américas: Riesgos Y Oportunidades*. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Benjumea-Hoyos/publication/331940115_La_calidad_del_agua_en_Colombia/links/5c93f9e5299bf111693e2ec6/La-calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=40
- Lozano Castro, Richard Rony. 2021. «evaluación físico química y bacteriológica del recurso hídrico de la laguna de Choclococha - Huancavelica». Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/30eb3adf-188d-4c83-b0db-bdd0d617f4bc/content>
- MAATE. 2015. *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. 387.a ed. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Mena Santafe, Christopher Bolivar. 2023. «¿es importante la estacionalidad para el monitoreo de macroinvertebrados en una cuenca urbana amazónica altoandina?» Tesis de Pregrado, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/bitstream/RD_IKIAM/716/1/TT-H-IKIAM-000018.pdf
- Revelo Benavides, Elcy Jimena, y Tatiana Yessenia Villacis Pantoja. 2019. «Caracterización de la zona de recarga hídrica en la comunidad Cotococho, parroquia Tarqui, provincia de Pastaza». Tesis Pregrado, Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/535/1/CARACTERIZACION%20DE%20LA%20ZONA%20DE%20RECARGA%20H%C3%8DDRICA%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20COTOCOCHA.pdf>
- Suarez Castillo, Claudia Rocío, Cuellar Rodríguez, Mónica Helena Rodríguez Mesa, y Pedro Mauricio Acosta. 2019. «Uso de indicadores biológicos para determinar la calidad del agua río Chontales en el sector Finca San Luis Gambita Santander». *Revista de Tecnología* 18 (1): 1-14 <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/3765/3180>
- Teran, Christian, Argüello, y Cando. 2022. «Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales». No 05-2021-GAD Municipales. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/Boletin%20tecnico%20APA%202021_V3JA.pdf