UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA ZONA DE RECARGA DE LOS DIQUES FÁTIMA Y PAMBAY, MEDIANTE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MACROINVERTEBRADOS.

AUTOR(ES):

Germania Lizbeth Ramos Duchicela

Romel Fabian Tseremp Lopez

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Ricardo Vinicio Abril Saltos

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple con lo establecido
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple con lo establecido
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple como establece la guía
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple como establece la guía
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.5 / 15	Cumple, pero no ha corregido la ortografía

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	24.0 / 25	Cumple, pero no corrige ortografía
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9.5 / 10	Cumple, no corrige ortografía
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple como lo establece la guía
VALORACIÓN TOTAL	98	NOVENTA Y OCHO

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	98

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JOSE ANIBAL CALVOPIÑA BELTRAN

JOSE ANIBAL CALVOPIÑA BELTRAN (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 12 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Sí cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	4.0 / 5	Cumple, se puede mejorar indicando las unidades de medida de las cifras obtenidas para la evapotranspiración potencial (ETP): mm por unidad de tiempo (mm/hora, minutos, segundos).
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Cumple, Se puede explicar mejor el problema de investigación
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Sí cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Sí cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Sí cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Sí cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Sí cumple
VALORACIÓN TOTAL	97	NOVENTA Y SIETE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	97

Atentamente,

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2023-09-13 15:39+19:00

JESÚS ANTONIO BONILLA DE GRACIA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO
ABRIL SALTOS

Document Information

Analyzed document	Romel y Lisbeth 6 de septiembre 2023.docx (D173502162)
Submitted	9/6/2023 3:25:00 PM
Submitted by	Ricardo Abril
Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / A-uic-asignación-de-revisión-710-Texto+del+artículo-7698 (1).docx** 1
Document A-uic-asignación-de-revisión-710-Texto+del+artículo-7698 (1).docx (D159753414)
Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec
Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / ejercicios de mch.xlsx** 1
Document ejercicios de mch.xlsx (D143131643)
Submitted by: mm.ashquiq@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

SA **Tesis Murillo Cristian .docx** 1
Document Tesis Murillo Cristian .docx (D14348086)

SA **TESIS MONICA LOZANO.docx** 2
Document TESIS MONICA LOZANO.docx (D47214311)

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx** 1
Document TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx (D142663640)
Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec
Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com

Entire Document

Caracterización hidrológica de la zona de recarga de los diques Fátima y Pambay, mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados

Caracterización hidrológica de la zona de recarga de los diques Fátima y Pambay, mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados

Germania Lizbeth Ramos Duchicela 1[1]
gl.ramosd@uea.edu.ec

Romel Fabian Tseremp Lopez 2[1]
amb2017259@uea.edu.ec

Ricardo Vinicio Abril Saltos, M.Sc[2]
rabril@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

La caracterización hidrológica mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados para evaluar la salud y calidad del agua en ecosistemas acuáticos. El objetivo principal de la investigación fue realizar la caracterización hidrológica en los diques Fátima y Pambay mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados. La metodología utilizada en este estudio de tipo descriptivo, se recolectaron muestras en dos puntos con replicas en cuatro fechas diferentes en los diques Pambay y Fátima para el análisis físico químico y microbiológico, comparándose con los criterios de calidad de agua para uso recreativo; paralelamente se realizó el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos, donde se aplicó el Índice Andean, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index (AAMBI). Los resultados indicaron que, en ambos puntos, el oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, estuvieron dentro del rango permitido por el Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA), los coliformes totales superaron 21 veces el límite máximo permisible; el muestreo de macroinvertebrados indicaron que mediante la evapotranspiración potencial (ETP), dio un promedio de 35,31 dando como mala y 43,73 regular antes y después para el dique de Fátima y de 51,04 y 63.98 como buena para el dique Pambay mediante los Índice Andean, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index. Se concluye que, de acuerdo al Índice Andean, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index (AAMBI),

determinó que los Ephemeropteras, Plecoptera y Trichoptera indicaron que la calidad del agua es mala ya que tiene valores antes y después de los diques de 25,5 y 21,25 en Fátima y 20,75 y 20,75 en el Pambay, los parámetros como el potencial de hidrogeno (pH) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fueron menores a los límites máximos permisibles del Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA), no obstante, la saturación de oxígeno disuelto y los coliformes totales superaron ampliamente los límites máximos permisibles.

Palabras Claves: Caracterización hidrológica, parámetros fisicoquímicos, macroinvertebrados.

Abstract:

Hydrological characterization through physicochemical parameters and macroinvertebrates to evaluate the health and quality of water in aquatic ecosystems. The main objective of the research was to carry out hydrological characterization in the Fátima and Pambay dams through physicochemical parameters and macroinvertebrates. The methodology used in this descriptive-type study collected samples at two points with replicas on four different dates in the Pambay and Fátima dams for physical, chemical and microbiological analysis, compared with water quality criteria for recreational use; simultaneously, monitoring of aquatic macroinvertebrates was carried out, where the Andean Index, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index (AAMBI) was applied. The results indicated that, at both points, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand were within the range allowed by the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA), total coliforms exceeded 21 times the maximum permissible limit; macroinvertebrate sampling indicated that through potential evapotranspiration (ETP) it gave us an average of 35.31 giving as bad and 43.73 regular before and after for the Fátima dam and 51.04 and 63.98 as good for the Pambay dam through the Andean Index, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index. It is concluded that, according to the Andean Index, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index (AAMBI), determined that Ephemeropteras, Plecoptera and Trichoptera indicated that water quality is poor since it has values before and after the dams of 25.5 and 21.25 in Fátima and 20.75 and 20.75 in Pambay, parameters such as hydrogen potential (pH) and biochemical oxygen demand (DBO), were lower than the maximum permissible limits of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA),

however, dissolved oxygen saturation and total coliforms did not exceed the maximum permissible limit.

Keywords: Hydrological characterization, physico-chemical parameters, macroinvertebrate

1. Introducción

La calidad del agua es indispensable, pero esta puede cambiar debido a diferentes causas ya sean por fenómenos naturales o antropogénicos (Bosch, 1999). La Organización Mundial de la Salud (OMS) 2016 y otros organismos internacionales concuerdan que la calidad del agua se determina realizando una comparación de las características físicas y químicas mediante muestras de agua (Congreso Nacional de Chile, 2016). La conservación y protección de las fuentes del recurso hídrico deben cumplir con medidas de manejo de las cuencas hidrográficas y acciones que ayuden a mantener los servicios ecosistémicos (SENAGUA, 2016).

La caracterización hidrológica es un proceso fundamental para comprender y evaluar la calidad del agua en sistemas acuáticos, como ríos, lagos y arroyos. Para lograr una comprensión completa de la salud y la función de estos ecosistemas acuáticos, es esencial analizar tanto los parámetros fisicoquímicos como los macroinvertebrados presentes en el agua. Estos dos enfoques de análisis proporcionan información valiosa sobre las condiciones ambientales y la biodiversidad en un entorno acuático determinado.

Los parámetros fisicoquímicos abarcan una amplia gama de características del agua, como la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, la concentración de oxígeno disuelto, los nutrientes (como nitratos y fosfatos) y la presencia de contaminantes químicos. Estos parámetros ofrecen una visión detallada de la composición química y las condiciones físicas del agua, lo que permite identificar posibles fuentes de contaminación y evaluar la idoneidad del entorno para sostener la vida acuática.

Por otro lado, los macroinvertebrados son organismos pequeños pero visibles a simple vista, como insectos acuáticos, crustáceos y moluscos, que habitan en el fondo de los cuerpos de agua. Estos organismos son indicadores biológicos extremadamente sensibles a los cambios en las condiciones del agua (Bocek, 2023). La presencia, abundancia y diversidad de macroinvertebrados en un ecosistema acuático pueden brindar información clave sobre la calidad del agua y la salud del ecosistema en su

conjunto. Algunas especies son más tolerantes a la contaminación, mientras que otras son muy sensibles y solo pueden sobrevivir en ambientes acuáticos limpios y saludables (Baeza, 2016).

La combinación de la caracterización fisicoquímica y el análisis de macroinvertebrados proporciona una evaluación integral de la salud y la calidad del agua en un área determinada (Figueredo, 2019). Los resultados de estos análisis pueden ayudar a los científicos, los gestores del agua y los responsables de la toma de decisiones a identificar problemas ambientales, monitorear tendencias a lo largo del tiempo, implementar medidas de conservación y restauración, y tomar decisiones informadas para el manejo sostenible de los recursos hídricos (Peñuela y Carrillo, 2013).

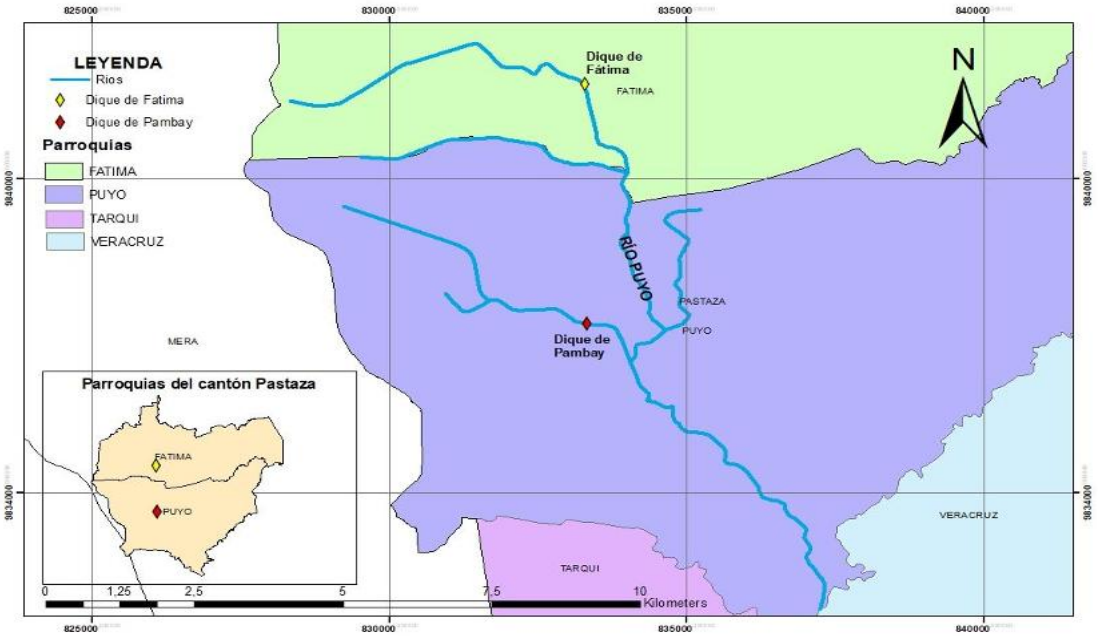
Como se ha mencionado, Pastaza es la provincia más extensa de Ecuador, con 29.520 km2 de territorio, y se ubica en la región amazónica, una zona de gran potencial turístico. Entre sus atractivos turísticos se destacan los balnearios del Dique de Fátima y el Dique Pambay, que permiten a los visitantes disfrutar de la naturaleza y la cultura local. Pastaza es una provincia que ofrece una variedad de opciones turísticas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Pastaza [GADMP], 2020). Ante lo mencionado anteriormente, el objetivo principal de esta investigación fue realizar la caracterizar hidrológicamente los diques Fátima y Pambay mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados. Para el cumplimiento del objetivo general se establecieron dos objetivos específicos: 1. Determinar las características fisicoquímicas de los diques Fátima y Pambay. 2. Determinar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados, mediante el índice AAMBI.

2. Metodología

2.1. LOCALIZACIÓN

Este proyecto se llevó a cabo en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, que cuenta con una superficie cantonal de 19.944,86Km2 esta provincia tiene un clima tropical, su temperatura anual oscila entre 24 y 26ºC y la precipitación anual de 3600mm. La temperatura media anual se da en dos sectores la parroquia Fátima ubicada en la vía Puyo-Tena en el km6 y el dique Pambay ubicado en la ciudadela del chofer (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Pastaza [GADMP], 2020).

Mapa 1. *Georreferenciación de los diques Fátima y Pambay.*



Delimitación del Área de recarga mediante el software ArcGIS

La delimitación de una cuenca hidrográfica es importante porque permite modelar el flujo de agua a través de una superficie de un Modelo de Elevación Digital (DEM), lo que ayuda a tomar decisiones en procesos de planificación (ArcGeek, 2011).

Una cuenca hidrográfica es el área de pendiente que contribuye con el flujo, generalmente agua, a una salida común como un drenaje concentrado. Puede ser parte de una cuenca hidrográfica más grande y también puede contener cuencas hidrográficas más pequeñas, denominadas subcuencas (ESRI, 2022). ArcGIS cuenta con un potente conjunto de herramientas hidrológicas que permiten delimitar cuencas hidrográficas automáticamente, lo que resulta mucho más eficiente que hacerlo manualmente.

A partir de modelos de elevación, se procedió a la delimitación de la cenca para lo cual se utilizaron el conjunto de herramientas de Hidrology ubicado dentro del Spatial Analyst Tools. Mediante las características de la cuenca obtenidas en ArcGIS, se determinó el tiempo de concentración para lo cual se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 1: Tiempo de concentración Fátima

$$Tc = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde

$$Tc = 0.06628 * \frac{1375^{0.77}}{0.04^{0.385}}$$

$$Tc = 74.08 \text{ min}$$

Ecuación 2: Tiempo de concentración Pambay

$$Tc = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde

$$Tc = 0.06628 * \frac{1400^{0.77}}{0.08^{0.385}}$$

$$Tc = 41.60 \text{ min}$$

Tc: Tiempo de concentración**, L:** Longitud más larga (km), **S:** Pendiente (m)

2.2.1. MÉTODOS

2.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se clasifica como descriptiva, ya que busca describir las características geomorfológicas de los afluentes Fátima y Pambay, mediante la observación directa y la medición de sus variables sin manipularlas. Además, se trata de una investigación de campo, puesto que se realizó una recolección de datos en el lugar donde se encuentran estos dos efluentes, utilizando instrumentos y técnicas adecuadas.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método utilizado en este trabajo es el método deductivo, el cual se basa en recolectar y analizar estadísticamente de los datos obtenidos de los diferentes análisis a los diques. De esta manera, se puede inferir las propiedades y características del estado del agua de los diques a partir de los datos observados.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se basa en la utilización de software ArcGIS 10.5 para realizar el modelamiento de los caudales, así como también la recopilación de datos de campo, mediante muestras de agua y recolección de macroinvertebrados, mismos que nos sirven de ayuda al momento de analizar los resultados obtenidos.

2.1 MATERIALES

Cámara fotográfica, computadora, envases plásticos, botellas plásticas

2.2.3. Características fisicoquímicas de los diques

2.2.3.1. Toma de muestras de agua

La toma de muestras se realizó durante cuatro semanas los días miércoles, la toma de muestras de agua se las realizó 10 m antes de las compuertas del dique y después del dique, estas muestras se las tomo cada 5 minutos con una duración de 20 minutos, para la obtención de los macroinvertebrados se utilizó el método de patada,

que consiste en remover el sustrato del fondo del río con el pie y capturar los organismos que se desprenden con una red. Se realizó este procedimiento cuatro veces antes y después del dique, con intervalos de 15 minutos entre cada muestra. Las muestras se trasladaron al laboratorio de la UEA para su identificación mediante un microscopio. En el laboratorio de ambiental se realizaron los análisis del pH del agua, DBO, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales disueltos, sólidos totales, sólidos totales suspendidos y en el laboratorio de biología se procedió a realizar análisis de coliformes fecales, para los debidos resultados de pH del agua, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Turbidez se demoró unos 2 minutos para saber cada uno de los valores mientras que para el DBO lo dejamos por 5 días, sólidos totales disueltos, sólidos totales se esperó mediante unas 5 horas y para los sólidos totales suspendidos 2 horas de igual manera para los resultados de coliformes fecales se esperó un total de 48 horas para obtener los resultados. Para la recolección de macroinvertebrados se utilizó el método del pateador, el cual consiste en poner una tela blanca en dos palos de escoba y en las orillas del río asentarlas en el agua mientras con los pies se va removiendo las pequeñas piedras, luego de ello los macroinvertebrados que quedan atrapados en la "red" se reservan en un frasco de muestras para posteriormente revisarlos a través de un microscopio en el laboratorio.

2.2.3.2.Métodos del análisis fisicoquímico

Para determinar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros fisicoquímico en el laboratorio se utilizaron la metodología especificada en la tabla 1.

Tabla 1: *Metodología del análisis fisicoquímico*

Parámetros	Sistema Internacional de Unidades	Metodología de Análisis
Potencial hidrogeno pH	pH	Standard Methods 4500 H+B
Conductividad Eléctrica	µS/cm	Standard Methods 2520 B
Oxígeno disuelto	ppm	Standard Methods 4500-O+G
Temperatura	°C	Standard Methods 2520 A+B
Turbidez	NTU	Standard Methods 2130 B
Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO	mg/l	Standard Methods 5510 BOD
Sólidos Totales	mg/l	2540 B Standard Methods 22 ND Ed
Sólidos Disueltos	mg/l	2540 C Standard Methods 22 ND Ed
Coliformes Totales	NMP/100 ml	Standard Methods NMP

Fuente: elaborado por los autores

2.2.3.3.Evaluación del ICA (Índice de Calidad de Agua).

El índice de la calidad de agua se realizó mediante la metodología de (Hernández, 2022) CCMME-WQI, esta analiza 9 parámetros mismos que están ponderados según su importancia relativa en un intervalo de 0 a 1. Los resultados de calidad de agua se muestran en base a la tabla 2.

2.2.4. Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos

Técnicas de colección de macroinvertebrados.

Para la recolección de los macroinvertebrados se utilizó una red rectangular. Se coloco la red bajo el agua y se procedió a mover el agua de manera que los macroinvertebrados tiendan a salir, esto se realizó de la misma manera en los dos puntos de recolección de cada dique.

Tabla 2. *Criterios para la evaluación de las aguas según el índice CCMME-WQI*

Clase	Categoría	Valor	Descripción
V	Excelente	95-100	La calidad de agua está protegida con una ausencia virtual de deterioro o amenaza, condiciones muy cercanas a los niveles naturales.
IV	Buena	80-94	La calidad de agua está con un grado menor de deterioro o amenaza, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables.
III	Favorable	65-79	La calidad de agua presenta deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables.
II	Regular	45-64	La calidad de agua es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables
I	Mala	0-44	La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.

Fuente: Adaptada de (Hernández, 2022)

El índice Andean, Amazon Macroinvertebrate Biotic Index (AAMBI), constituye un índice biótico semicuantitativo que se utiliza para evaluar el estado ecológico en las poblaciones de organismos bentónicos de sustrato blando. En contraste con otros índices, el rendimiento del AAMBI se ha destacado por su consistencia en los resultados.

Tabla 3. *Criterios para evaluar AAMBI*

AAMBI	INTEGRIDAD ECOLOGICA
>121	**Excelente**
90-120	**Muy buena**
50-89	**Buena**
36-49	**Regular**
<35	**Mala**

Identificación y ponderación.

Se procedió a realizar la identificación de los macroinvertebrados en el laboratorio con un microscopio y se clasificaron por familia según sus rasgos morfológicos. Posteriormente, se analizaron los datos de diversidad y abundancia de cada familia para evaluar la calidad del agua.

Evaluación de la calidad del agua.

Según lo menciona (Tramo *et al.*, 2022). Los macroinvertebrados acuáticos constituyen uno de los conjuntos biológicos más frecuentes empleados como bioindicadores de la calidad del agua debido a que estas especies presentan ciertas peculiaridades como:

Presentan niveles de tolerancia frente a la contaminación.

Estos organismos tienen una duración de vida cercana a los doce meses, lo que nos permite obtener una perspectiva más amplia de la evolución del curso de agua a lo largo del tiempo que la que ofrecen los estudios fisicoquímicos.

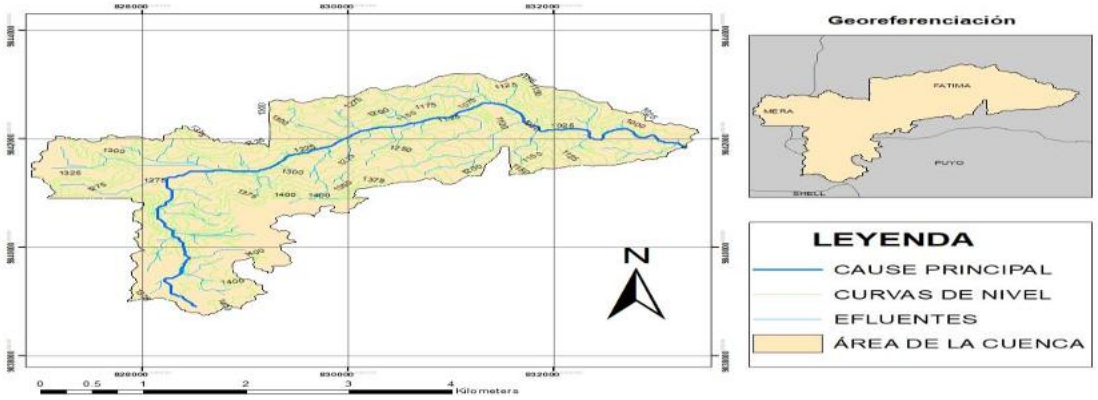
Resultados y Discusión

3.1. Resultados

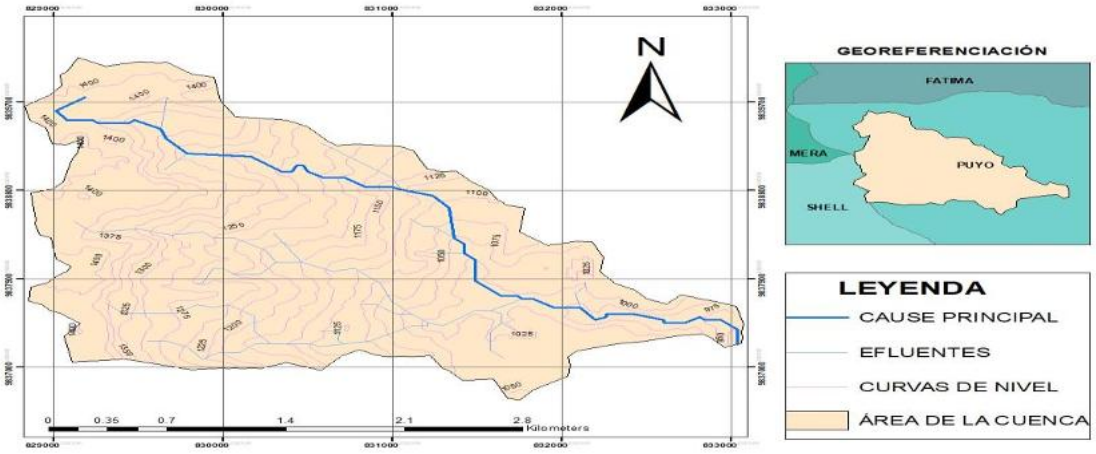
3.1.1. Delimitación del Área de recarga mediante el software ArcGIS

A partir de Modelos de Elevación, de georreferenciación las zonas de recargas de los diques Fátima y Pambay, tal y como se muestra en el mapa 2 y 3.

Mapa 2: *Cauce y área de recarga del dique Fátima*



Mapa 3: *Cauce y área de recarga dique Pambay*



Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 3. *Características de la cuenca*

	Unidad	FÁTIMA	PAMBAY
Área	km2	11.39	7.91
Perímetro	km	25.17	14.66
Longitud de cauce	km	9.27	5.85
Cota mayor	m.s.n.m	1375	1400
Cota menor	m.s.n.m	975	950
Diferencia de altura	m	400	450
Pendiente	m	0.04	0.08
Tiempo de concentración (Kirpich)	horas	1.23	0.69
Tiempo de concentración	min	74.08	41.60

Fuente: Elaborado por los autores.

3.1.2. Características fisicoquímicas de los diques

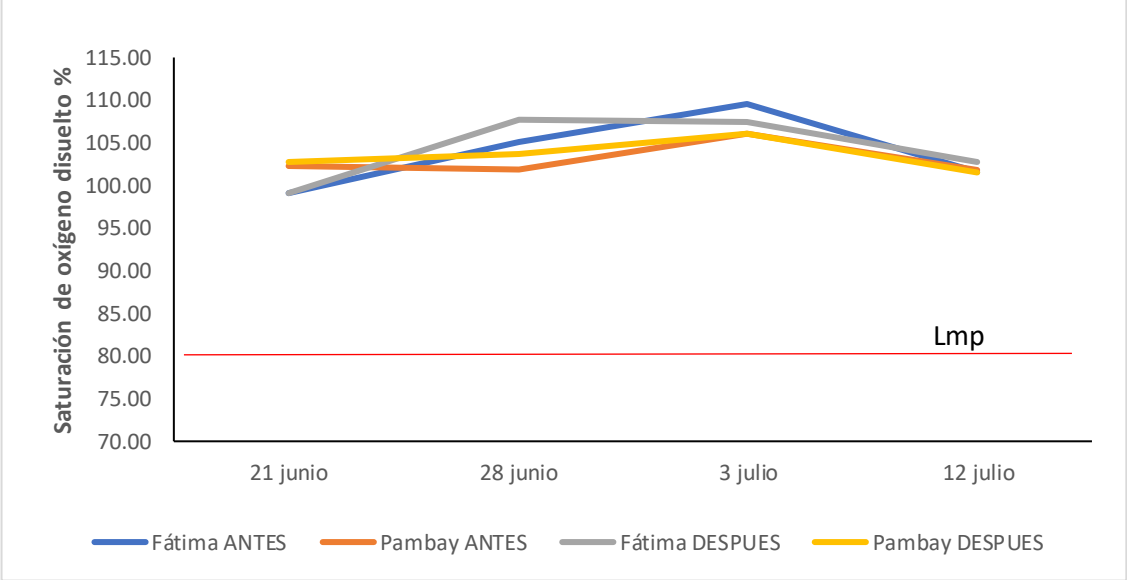
De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que los parámetros físicos de agua no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos dentro de la Tabla 6: Criterios de calidad para aguas con fines recreativos mediante contacto primario, establecido dentro del Acuerdo Ministerial 097-A Reformado en el Registro Oficial 387, del 4 de noviembre de 2015. Tampoco cumple con los LMP establecidos, dentro de la Tabla 2: Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y de Estuarios. Establecidos en el Anexo 1 Del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (ver Tabla 4).

Los Criterios de Calidad Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, contempla la preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, mientras que los Criterios de calidad para aguas con fines recreativos mediante contacto primario, establecidos en la Tabla 6, están destinados a la utilización del recurso agua, como fines recreativos como la natación y el buceo.

Oxígeno Disuelto

En la figura 1 muestra la variación del oxígeno disuelto (OD) en el agua antes y después de los Diques Fátima y Pambay, en cuatro fechas diferentes. Los cuales se encuentran dentro de Límites Máximos Permisibles (LMP), y se observa que los dos diques cumplen con la normativa ambiental vigente, pues el OD supera el 80% en todos los casos. El valor más alto de OD se registró en el dique Fátima, antes del dique, El 3 julio. El valor más bajo se registró en el dique Fátima, antes del dique, el 21 junio. El dique Pambay tuvo su valor más bajo el 28 junio antes del dique.

Figura 1. *Saturación de oxígeno disuelto*



Nota: Límite máximo permisible (Lmp)

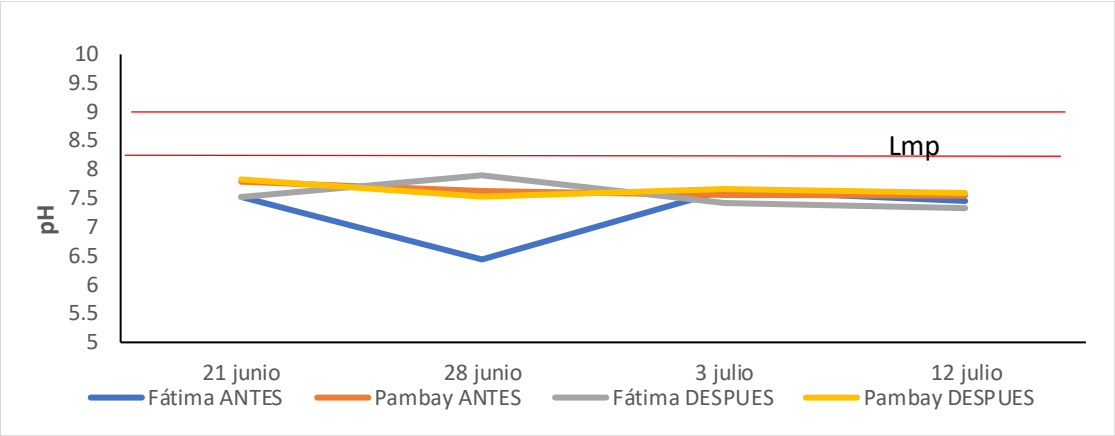
Tabla 4: *Resultados de los parámetros fisicoquímicos*

Parámetros		21/06/2023)		(28/06/2023)		(05/07/2023)		(12/07/2023)		Promedio	Desviación Estándar
		Antes del dique	Después del Dique	Antes del dique	Después del Dique	Antes del dique	Después del Dique	Antes del dique	Después del Dique		
Dique de Fátima											
Temperatura	°C	23.3	23.4	20.2	21.4	22.7	22.6	22.4	21.8	22.23	1.1
Conductividad eléctrica	µS/cm	119.9	108.6	118	113.4	110.2	104.6	89.19	90.47	106.80	11.6
Turbidez	NTU	2.9	2.14	2.78	2.33	2.88	2.74	3.73	3.14	2.83	0.5
Sólidos disueltos	mg/L	72	42	56	56	74	57	55	57	58.63	10.2
Sólidos totales	mg/L	74	73	64	76	61	65	65	62	67.50	5.9
Dique de Pambay											
Temperatura	°C	23	23.2	21.4	21.5	22.9	22.9	22	22	22.36	0.7
Conductividad eléctrica	µS/cm	162.9	163	152.8	151.6	136.3	136	141.05	138.7	147.79	11.3
Turbidez	NTU	1.5	1.6	2.56	2.15	2.81	2.49	3.77	3.33	2.53	0.8
Sólidos disueltos	mg/L	-86	120	56	100	89	94	85	83	67.63	64.6
Sólidos totales	mg/L	111	97	107	204	70	76	96	80	105.13	42,6

Potencial de Hidrogeno (pH)

En la figura 2 el 28 junio, el pH del agua antes del dique de Fátima fue menor a 6.5, lo que indica que se encontró fuera del Límites Máximos Permisibles (LMP). En las demás fechas, el pH del agua se mantuvo dentro de los rangos establecidos por las tablas mencionadas.

Figura 2. *Potencial de hidrógeno*

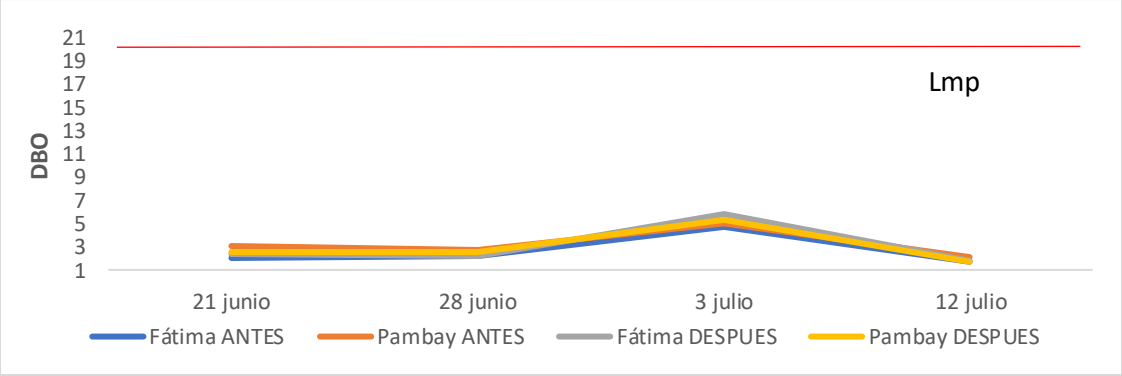


Nota: Límite máximo permisible (Lmp)

Demanda bioquímica de Oxigeno

Como se observa en la figura 4, el DBO de los diques se encuentra dentro de los Límites máximos permisibles (LMP). El 3 julio, se registraron los valores más altos de DBO en unidades de mg/L, en ambos diques. El DBO es un indicador de la calidad del agua del dique, pues si sus valores son muy bajos señalan una reducción en la cantidad de oxígeno que causa un proceso de eutrofización y si sus valores son muy altos provocan la muerte por falta de oxígeno de todos los organismos del recurso hídrico.

Figura 3. *Demanda bioquímica de Oxigeno*

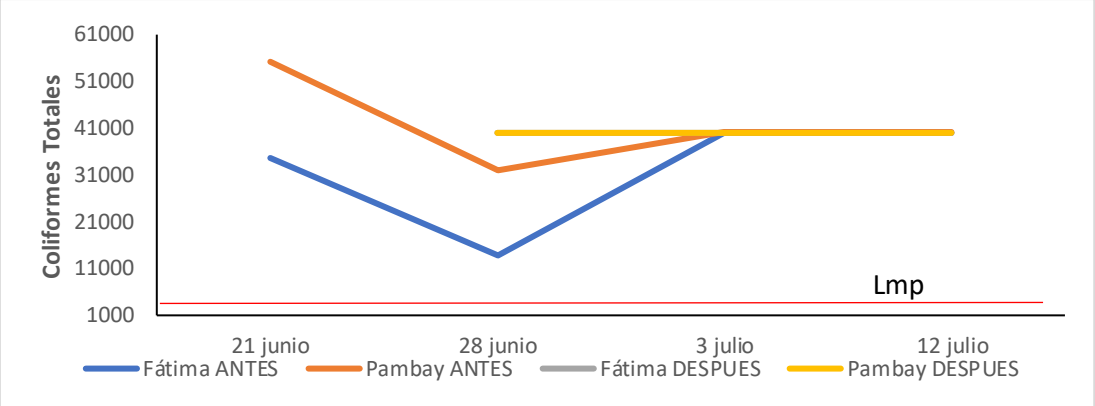


Nota: Límite máximo permisible (Lmp)

Coliformes Totales

En la figura 4, muestra que los niveles de Coliformes Totales en los diques Fátima y Pambay exceden el límite máximo permisible que es de 2000 NMP/100ml. Este resultado indica que las aguas de estos diques están contaminadas con materia fecal y representan un riesgo para la salud de los organismos acuáticos y silvestres que habitan en ellos.

Figura 4. *Coliformes Totales*

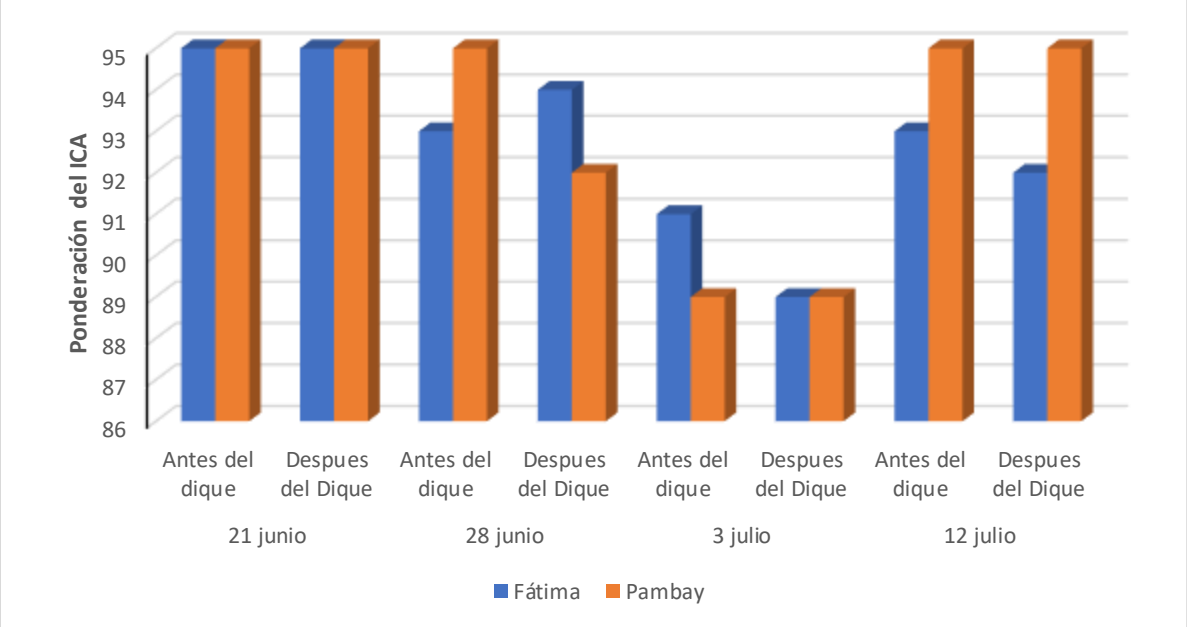


Nota: Límite máximo permisible

3.1.3. Evaluación del ICA (Índice de Calidad de Agua).

A partir de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se determinó la calidad del agua de los diques en estudio, como se muestra en la siguiente la figura 5.

Figura 5: *Índice de calidad del agua*

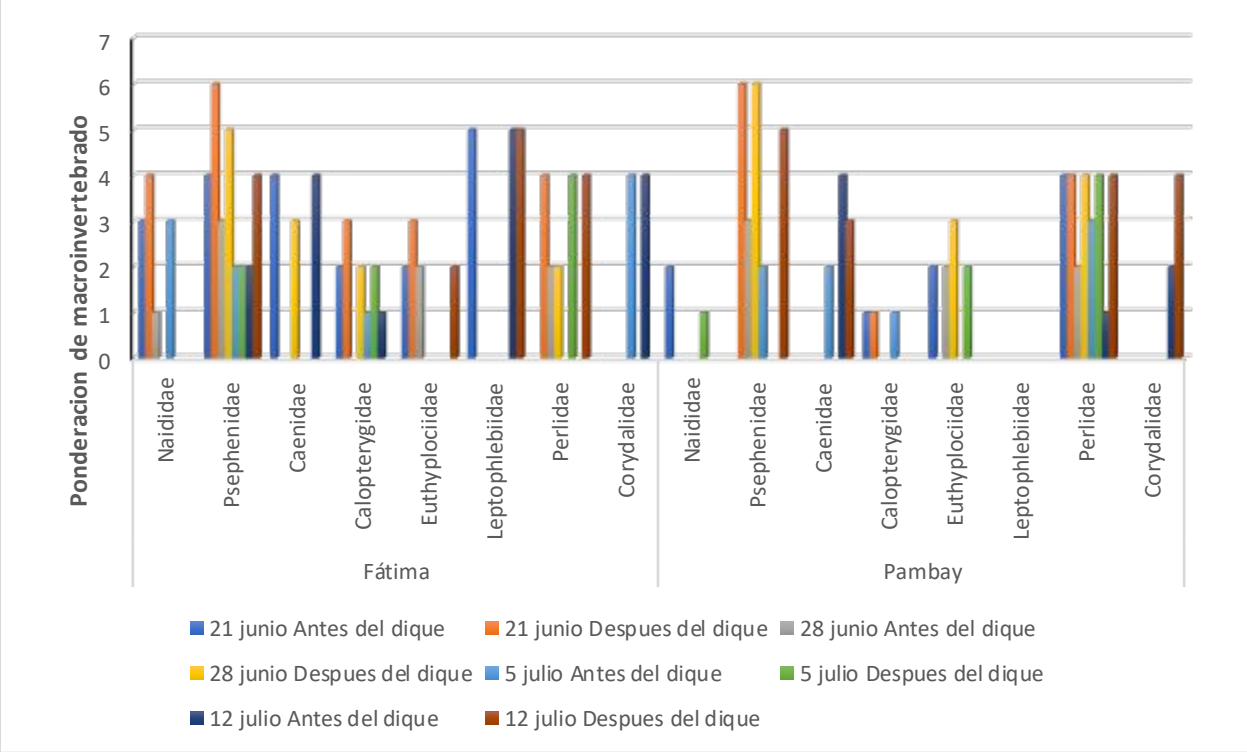


Los resultados obtenidos indicaron que la calidad de agua de los diques Fátima y Pambay, varía entre un agua de tipo IV y V. En las cuatro fechas de muestreo, el dique de Pambay mostró una mejor calidad que el dique de Fátima, posiblemente debido a la escasa presencia de viviendas aguas arriba. Los valores más bajos del ICA, para ambos diques, se registraron durante el 3 julio de muestro, después del dique, mientras que los valores más altos se registraron el 21 junio, antes del dique Pambay, y el 12 julio, después del dique de Pambay. En promedio, ambos diques tienen un agua de tipo IV, con una categoría de Buena, lo que significa que el agua tiene un menor nivel de deterioro, según la tabla 2.

3.1.4. Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos mediante el índice de AAMBI.

Los resultados nos muestran que en el dique de Fátima la especie más predominante fue de la familia Psephenidae, y de menor predominancia fue la familia Euthyplociidae, en el dique Pambay la familia más predominante fue la Perlidae, y de menor predominancia fue la Naididae pues esta familia tuvo una escasa presencia.

Figura 6: *Resultados de los macroinvertebrados que fueron recolectados en las áreas de estudio*



DISCUSIONES

Un estudio similar realizado por Illanes y Paucar (2019), indicaron valores similares en cuanto a los índices de calidad de agua en la zona de recarga hídrica del dique Fátima y Pambay, determinando que este posee una excelente calidad de sus aguas, y además presenta un caudal máximo de drenaje de 3.2 m3 /s, con una precipitación de 71,10 mm según el modelamiento realizado en el HEC-HMS.

Además, la investigación realizada por Rodríguez et al. (2016) encontraron que la presencia de un mayor número de agrupaciones taxonómicas en Fátima y el Paseo Turístico está asociada con la buena calidad del agua, según lo determinado por los índices Biological Monitoring Working Party para Costa Rica (BMWP-CR) y el Índice Biológico de Familias para El Salvador (IBF-SV). A pesar de lo dicho, algunos organismos de las familias Baetidae y Leptohyphidae, del orden Ephemeroptera podrían, en algunos casos, tolerar aguas ligeramente contaminadas con materia orgánica, lo que puede explicar por qué las especies de Ephemeroptera y Trichoptera son prevalentes en Fátima.

Con respecto a las Coliformes Totales y a diferencia de los resultados de este estudio, Barreno (2016) en su estudio de evaluación de análisis de calidad en el río Plata, de la ciudad del Puyo, obtuvo valores de coliformes totales dentro de un rango entre 100 a 1900 UFC, valores que, de acuerdo con los criterios de calidad de aguas para aguas para fines recreativos mediante contacto primario, se encuentran dentro de los límites máximos establecidos que corresponde a 2000 Número más probable por 100 mililitros.

CONCLUSIONES

Se logró determinar las características fisicoquímicas de los diques Fátima y Pambay, determinando que las áreas de las zonas de recarga son relativamente pequeñas, mientras que el tiempos de concentración, del Dique Pambay es bajo, lo que quiere decir que el agua transcurre desde la parte más apartada hasta la salida en un tiempo corto, lo que puede producirse por la pendiente que tiene el río; mientras que el tiempo de concentración del dique Fátima supera la hora, lo que se puede asumir por la longitud de su cuenta y por la pendiente del río. Así mismo los parámetros químicos medidos en el laboratorio resultaron dentro de la norma ambiental vigente, por lo que se intuye que el agua en que los bañistas se refrescan es de buena calidad y no corren riesgo de contraer algún tipo de infección por contaminación.

Se logró determinar la calidad del agua de los diques Fátima y Pambay mediante la cuantificación de macroinvertebrados, evidenciando que el agua del río Pambay es de mejor calidad que las del dique de Fátima, el cual se ve afectado por la cantidad de viviendas que existen aguas arriba; no obstante, el agua de ambos diques presenta un nivel IV lo que significa que presentan una calidad de agua "buena".

REFERENCIAS

ArcGeek. (2011). *Delimitar automáticamente una cuenca hidrográfica en ArcGIS*. Obtenido de https://acolita.com/como-delimitar-automaticamente-una-cuenca-hidrografica-en-arcgis-hidrologia/

Barreno, A. (2016). Trabajo previo al título de ingeniero ambiental. *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*. Universidad Estatal Amazónica, Pastaza. https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/379/1/T.AMB.B.UEA.3090.pdf

Baeza, E. (2016). Calidad del Agua. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*, 1-11.

Bocek, A. (2023). Inducción a la captación de agua. *Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural*, 1-11.

Bosch, J. R. (1999). La calidad de las aguas. *Revista de Obras Publicas*, *146*(3388), 103–104.

Congreso Nacional de Chile. (2016). *Calidad de agua: Biblioteca Nacional del Congreso Nacional de Chile*. *56*.

ESRI. (2022). *Delimitación de la cuenca* . Obtenido de https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-watershed-works.htm

Figueredo, J. (2019). *Metofología para identificar zonas de recarga hídrica en municipios o comunidades con recursos financieros limitados.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Pastaza [GADMP]. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pastaza. 2020 - 2030 [Development and Territorial Management Plan of the Province of Pastaza. 2020 - 2030]*. 1–950.

Hernández, J. A. R. (2022). Índice Canadiense de calidad del agua CCME-WQI, en la zona de

incidencia hidrográfica del Río Dulce, Izabal, Guatemala / Canadian water quality index CCME-WQI in the hydrographic incidence zone of the Río Dulce, Izabal, Guatemala. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, *5*(3), 2789–2798. https://doi.org/10.34188/bjaerv5n3-014

Moncada, L. F., & Clínico, D. D. E. B. (2021). *CARRERA DE MICROBIOLOGÍA Trabajo monográfico para optar al título de licenciado en Microbiología*.

Peñuela, L., y Carrillo, J. (2013). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México . *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 18-32.

SENAGUA. (2016). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 1–97.

Tramo, U. N., Rio, D. E. L., & Guajira, U. D. La. (2022). *MEDIANTE LA BIOINDICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS , EN Ciencia e Ingeniería*. 1–20.

Ulloa, L. (2016). *Propuesta De Rediseño Y Repotenciación Del Laboratorio De Control De Calidad Deagua Potable Del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Tena Para El Cumplimiento De La Norma Inen 1108*. 96. http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/3692

Valeria, J., & Malo, S. (2018). *Universidad Estatal Amazónica Departamento De Ciencias De La Vida Carrera De Ingenieria Ambiental*. https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/433

Morales, J., Rivas, W., & Velásquez, S. (2022). *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de consumo almacenada, de los pobladores del sector los Marencos, Comunidad Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo Noviembre 2021*.

4. Anexos

Cuencas Hidrográficas

Se considera como cuenca hidrográfica a un área, territorio o zona, cuya característica primordial es que el agua de lluvia que cae en la superficie se desliza hacia un cauce común, y desemboca en un afluente más grande (Sanchez etal., 2013).

Delimitación de la cuenca

La delimitación de cuencas implica una delimitación de las áreas con drenajes superficiales, donde las precipitaciones tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida (INECOL, 2005).

Subcuenca

Los conjuntos de microcuencas son unidades hidrológicas que aportan sus aguas a un mismo curso fluvial, el cual tiene un régimen de flujo variable pero constante a lo largo del año. Estos conjuntos se caracterizan por tener una alta diversidad biológica y ecológica, así como una gran importancia para el abastecimiento de agua potable y la generación de energía hidroeléctrica (Ordóñez, 2011).

Microcuencas

La microcuenca es una unidad hidrológica que se define por el área que drena hacia un punto específico del cauce principal de la subcuenca. Es decir, la subcuenca se compone de varias microcuencas que aportan sus flujos al río principal. La delimitación de las microcuencas depende de la forma del terreno y de la red hidrográfica (Ordóñez, 2011).

Densidad de drenaje

Se considera como un parámetro que cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hídrico, lo cual permite conocer el grado de complejidad con el que cuenta (Mariana etal., 2018).

Calidad de agua

Condiciones en que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de sufrir alguna alteración ya sea por consecuencias del hombre o de origen natural (Congreso Nacional de Chile, 2016).

Potencial de hidrógeno pH

Es una medida que señala el nivel de acidez o alcalinidad del agua. Se define como la

concentración de iones de hidrogeno presentes en el agua (Iglesias, 2014).

Oxígeno disuelto

Se establece como la concentración actual (mg/L) o como la cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada (Guerrero, 2015).

Turbidez

Es una medida que indica del número de partículas en suspensión de agua. Estas partículas pueden incluir algas, sedimentos, materia orgánica y contaminantes diversos y son responsables de enturbiar el agua (Informativo et al., s. f.).

Temperatura

La temperatura tiene un impacto en la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación compuesta, la formación de sedimentos, la mezcla, la desinfección, la floculación y los procesos de sedimentación (Ulloa, 2016)

Coliformes Totales

Los coliformes son un grupo diverso de bacterias que se distribuyen ampliamente en el ambiente natural. Por lo general, se encuentran en el suelo y en las aguas superficiales. Algunos tipos de coliformes también se pueden encontrar en grandes cantidades en las heces humanas y animales. La mayoría de los coliformes no son patógenos para los humanos, pero algunos pueden provocar infecciones leves y otros pueden ser agentes causales de enfermedades graves cuando se contaminan las aguas. (Morales, Rivas, & Velásquez, 2022)

Conductividad eléctrica

La conductividad es una propiedad física del agua que expresa su capacidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de solutos ionizados en el agua. Esto significa que cualquier cambio en el agua en forma de iones disueltos provocará un cambio en la conductividad. Como se mencionó anteriormente, la determinación de la conductividad del agua es uno de los parámetros que indican el valor aproximado del total de sólidos disueltos en ella. Este parámetro es relativamente fácil de medir y existen varios instrumentos comerciales que lo permiten, la unidad es μmho/cm (Sistema Internacional de Medida) (Valeria & Malo, 2018)

Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)

La Demanda bioquímica de oxígeno del agua (DBO5), afirmó que la DBO5 es un análisis de tipo biológico empírico que mide las moléculas que utilizan los microorganismos para

descomponer la materia orgánica durante un período de incubación de 5 días a 20°C de oxígeno sin exposición a la luz. Durante este proceso, la materia orgánica se estabiliza o se descompone, lo que significa el consumo de oxígeno disuelto en el proceso. Es decir, analizando este parámetro se puede cuantificar el oxígeno utilizado para la descomposición de la materia orgánica, teniendo en cuenta las condiciones de temperatura, tiempo y agentes de descomposición que pueden dar una idea de la eficacia del tratamiento (Valeria & Malo, 2018).

Calidad de agua con fines recreativos

El agua debería estar libre de contaminantes químicos que presentan toxicidad, sin embargo, no se hay una clara regularización, parámetros a considerar y los valores limites admitidos para el uso de estas aguas (Sardi etal., 2017).

Calidad de agua con fines recreativos

El agua debería estar libre de contaminantes químicos que presentan toxicidad, sin embargo, no se hay una clara regularización, parámetros a considerar y los valores limites admitidos para el uso de estas aguas (Sardi etal., 2017).

Macroinvertebrados

Índice AAMBI

El índice AAMBI constituye un índice biótico semicuantitativo que se utiliza para evaluar el estado ecológico en las poblaciones de organismos bentónicos de sustrato blando. En contraste con otros índices, el rendimiento del AAMBI se ha destacado por su consistencia en los resultados y su utilidad en diversas situaciones (Cisneros, 2019).

Macroinvertebrados acuáticos

Organismos que pueden ser observados a simple vista debido a su tamaño relativamente grande, que oscila entre 2mm y 30cm. Se los denomina macro debido a que son visibles sin necesidad de utilizar equipos de aumento. Además, son llamados invertebrados porque carecen de huesos o esqueleto interno, lo que significa que su cuerpo está formado principalmente por tejidos blandos (Gallozo & Yauri, 2017).

Bioindicador

Organismo que tiene la capacidad de soportar o mostrar una respuesta compensatoria o tolerante frente a una perturbación ambiental. Se determina como tal debido a su presencia o ausencia en lugares donde se evidencia una perturbación que podía alcanzar niveles letales para

organismos más sensibles, lo que resulta en la muerte de estos últimos (Lisboa, 2016).

Hábitat acuático

Hace referencia a las distintas características de los hábitats acuáticos influyen en la distribución y comportamiento de los grupos de macroinvertebrados. Estos organismos pueden adaptarse y ocupar diferentes nichos ecológicos dentro de los ecosistemas acuáticos (Gallozo & Yauri, 2017).

Fauna bentónica

Organismos que viven en el fondo de lagos y ríos, adheridos a sustratos como rocas, piedras, plantas acuáticas y residuos vegetales, se los denominan macroinvertebrados bentónicos hace referencia a su hábitat, el bento, que es el fondo de los cuerpos de agua (Gallozo & Yauri, 2017).