



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ARTÍCULO ACADÉMICO
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PORTOVIEJO

AUTORES:

CARRIÓN MIRANDA ALLAN EFRAÍN

PALMA DELGADO JULISSA MICHELL

TUTOR:

BLGO. VICTOR EZEQUIEL ALCÍVAR ROSADO

MANTA-MANABI-ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD ARTICULO ACADÉMICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PORTOVIEJO”

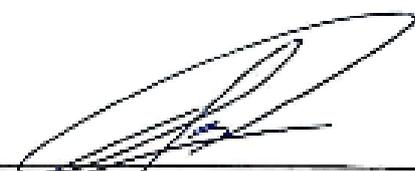
Tribunal examinador que declara APROBADO el Grado de INGENIERO
AMBIENTAL del srta. Palma Delgado Julissa Michell



Leda Dolores Muñoz Ver
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Luis Macías Zambrano, Mg
Miembro del tribunal de titulación.



Ing. Abraham Velázquez Ferrín Mg
Miembro del tribunal de titulación

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD ARTICULO
ACADÉMICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO
PORTOVIEJO”**

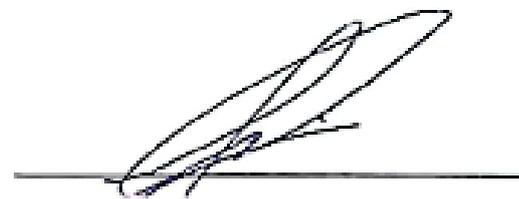
Tribunal examinador que declara **APROBADO** el Grado de **INGENIERO
AMBIENTAL** del señor Allan Efraín Carrión Miranda.



Lcdá. Dolores Muñoz Verduga, PhD
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Luis Macías Zambrano, Mg
Miembro del tribunal de titulación.



Ing. Abraham Velázquez Ferrín Mg
Miembro del tribunal de titulación

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de los estudiantes **CARRIÓN MIRANDA ALLAN EFRAÍN Y PALMA DELGADO JULISSA MICHELL**, legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Ambiental, período académico 2024-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Evaluación de la Calidad del Agua del Río Portoviejo"

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos Internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 10 de enero de 2025.

Lo certifico,

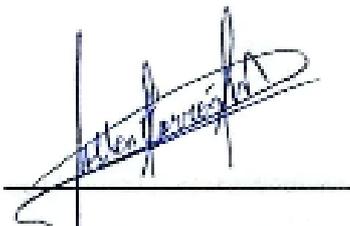


Blgo. Víctor Alcívar Rosado, Mg

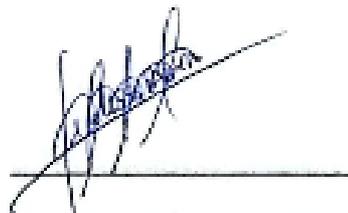
Docente Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Allan Efraín Carrión Miranda y Julissa Michell Palma Delgado, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Allan Efraín Carrión Miranda



Julissa Michell Palma Delgado

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí que me vio crecer como estudiante en estos 5 años donde me forje para ser una mejor persona y una buena profesional. Agradezco a Dios por siempre guiar mi camino, por haberme dado las fuerzas para avanzar en este largo camino universitario. A mis padres Hugo Palma y Monserrate Delgado por ser mi inspiración y mi guía, por siempre estar presentes en mi vida y motivarme a seguir adelante. A mi pareja por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, por siempre impulsarme a ser mejor. A mis hermanos Erika Palma y Michael Palma por brindarme apoyo, motivación y amor en cada paso que doy. A mis docentes que impartieron todos sus conocimientos y me permitieron mejor cada día, que me enseñaron que cada esfuerzo vale la pena. A mi tutor por la paciencia, dedicación y apoyo que me brindo en este proceso. Y por último agradezco a todos las personas que formaron parte de esta larga carrera estudiantil que de todos aprendí algo.

Julissa Palma Delgado

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí que me brindo nuevamente la satisfacción de convertirme en profesional. Agradezco a mi familia y a cada una de las personas que formaron parte de mi vida a lo largo de la carrera, que me brindaron su apoyo. Gracias totales.

Allan Carrión Miranda

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto a toda mi familia, a mis padres Hugo Palma y Monserrate Delgado, hermanos Erika Palma y Michael Palma y a mi pareja por siempre brindarme su apoyo y ayuda para lograr cada una de mis metas.

Julissa palma Delgado

Le dedico este proyecto a mi hija que es mi mayor motivación, a mis padres y hermanos.

Allan Carrión Miranda

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PORTOVIEJO

Carrión Miranda Allan Efraín; Palma Delgado Julissa Michell; Alcivar Rosado

Víctor Ezequiel, Mg

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Facultad de Ciencias de la vida y
tecnología. Carrera de Ingeniería Ambiental.

carrionefran@gmail.com - julissa.p3004@gmai.com

RESUMEN

Este trabajo se centra en la evaluación de la calidad del agua del río Portoviejo, un recurso hídrico crucial para la provincia de Manabí. Se aplicó un enfoque multidisciplinario para evaluar diversas variables fisicoquímicas y microbiológicas. Además, se realizó los cálculos del índice de calidad de agua (ICA) con el objetivo de ofrecer una perspectiva integral sobre el estado del recurso hídrico. Se realizaron muestreos en cinco puntos específicos: cerca de la represa de poza honda, el balneario la lucha, puente colón, balneario las palmas de Puerto Loor y en la desembocadura del río, entre los parámetros analizados se incluyeron (coliformes fecales, pH, DBO₅, DQO, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto). Dichos análisis fueron realizados en un laboratorio certificado, dando como resultado fluctuaciones significativas en los parámetros, influenciadas por factores estacionales y actividad humana. La alta concentración de coliformes fecales y nutrientes sugiere una contaminación principal de origen doméstico y agrícola, lo que limita el uso del agua para consumo humano, así mismo la reducción de oxígeno disuelto en el punto cinco indica una carga orgánica elevada, probablemente resultado de descargas de aguas residuales. Para determinar el ICA se emplearon dos métodos: el índice de calidad de agua aritmética (ICA_a) que arrojó un valor promedio de 58.33% clasificando la calidad del agua como regular, y el índice de calidad de agua geométrica (ICA_m) con un promedio de 45.87% clasificándola como mala de acuerdo a la tabla de clasificación del ICA propuesta por Brown.

Palabras claves: Calidad de agua, río Portoviejo, índice de calidad de agua aritmético e índice de calidad de agua geométrico.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los ríos puede originarse tanto por causas naturales como por actividades humanas. La contaminación natural ocurre principalmente debido al transporte de partículas o gases provenientes de la atmósfera, procesos en los cuales los ríos tienen cierta capacidad de autodepuración. Por otro lado, la contaminación de origen antropogénico está vinculada a diversas actividades, como la industria, los vertidos urbanos, la navegación, la agricultura y la ganadería (Guambo et al. 2021).

La calidad del río Portoviejo se ve afectada por el crecimiento poblacional en sus riberas, lo cual está relacionado con diversas actividades humanas. Esto ha resultado en un aumento significativo en los volúmenes de aguas residuales descargadas, contribuyendo a la introducción de contaminantes (Guambo et al. 2021). Pinoargote y Álvarez (2023) indican que entre los principales contaminantes identificados se encuentran metales pesados, materia orgánica, fósforo, hidrocarburos y nitrógeno, entre otros. En este contexto, el uso de los recursos hídricos depende directamente de la calidad del agua disponible. Por lo general, esta calidad se evalúa comparando las propiedades físicas y químicas del agua analizada con estándares o directrices establecidos para su uso.

Según Olgún et al. (2010) los parámetros de calidad del agua se dividen en físicos, químicos y microbiológicos, los cuales se determinan mediante ensayos y análisis en laboratorio, considerados métodos cuantitativos estándar. La evaluación de estos parámetros es esencial para implementar medidas de control y mitigación, asegurando el acceso a agua de calidad (Intriago y Quiroz 2020).

De acuerdo con la SNET (2020) "Para analizar la calidad del agua, se utilizan diversos sistemas, entre ellos el Índice de Calidad del Agua (ICA), propuesto por Brown". "Este índice es una versión adaptada del "Water Quality Index" (WQI), desarrollado por la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF), con el objetivo de establecer un sistema que permitiera comparar la calidad de los ríos en diferentes regiones del país".

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

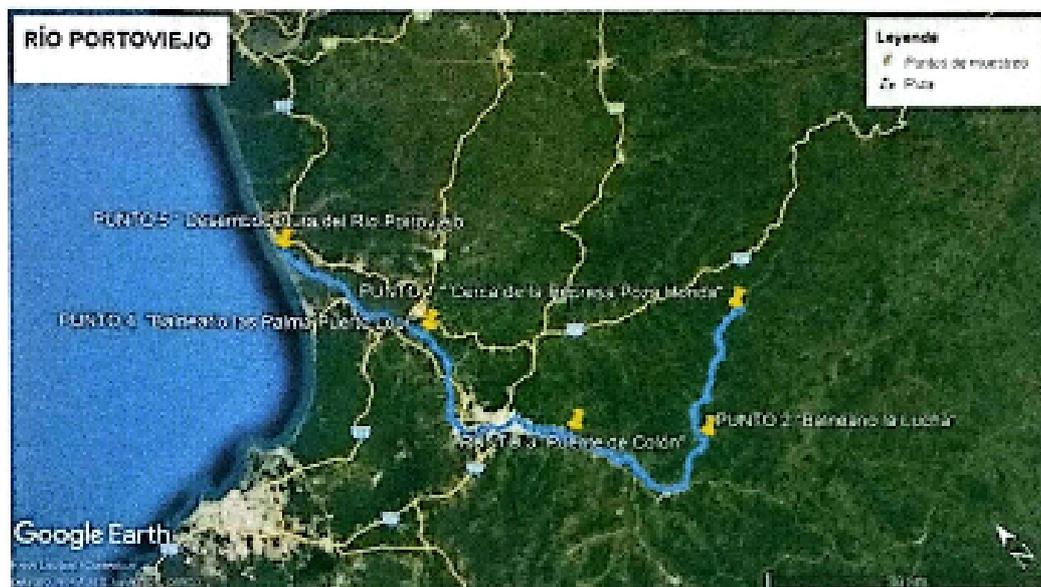


Figura 1 Mapa de ubicación "Río Portoviejo"

Según el MAATE (2021), el río Portoviejo tiene un curso principal con una longitud total de 143 km, abarcando un área de drenaje superior a 2,100 km². Su volumen anual de escorrentía alcanza los 777 hm³, con un caudal promedio anual de 11 m³/s. El cauce presenta una pendiente del 0,1% desde la ciudad de Portoviejo hasta su desembocadura en La Boca de Crucita. Entre Portoviejo y Santa Ana, donde finaliza la extensa llanura aluvial, la pendiente aumenta al 0,3%. En las zonas altas, desde Santa Ana hasta la cabecera del río, este desciende desde una altitud de 370 m hasta 95 m, con una pendiente promedio de 0,6%.

Los puntos de muestreo se seleccionaron considerando una distancia aproximada de 28 km entre cada ubicación. El primer punto corresponde a la zona cercana a la represa de Poza Honda, el segundo se encuentra en el balneario La Lucha, mientras que el tercero está ubicado en el puente de Colón, el cuarto punto de muestreo se localiza en el balneario Las Palmas de Puerto Llor, y finalmente, el quinto punto corresponde a la desembocadura del río Portoviejo, situada en La Boca, Crucita.

2.2 Toma de muestras

La toma de muestras se llevó a cabo el día 3 de diciembre de 2024, donde se tomaron 5 muestras consecutivamente para que estén bajo las mismas condiciones ambientales o experimentales y poder asegurar que las muestras sean comparables y se minimice variables que podrían afectar los resultados. Se utilizaron frascos de ámbar de 1 litro para cada punto de muestreo, utilizando la técnica de llenado donde el frasco se debe enjuagar 3 veces con la misma agua para que la muestra salga correcta y sellada de forma hermética, posteriormente se le colocó una etiqueta donde contenida el lugar, ubicación, fecha y hora del muestreo, las muestras fueron colocadas en un recipiente con pilas de hielo para preservar las propiedades del agua y finalmente se enviaron a analizar a laboratorios Lasa el cual cuenta con la acreditación N° SAE LEN 06-002. Laboratorio de ensayos.

En la tabla 1 se observan los parámetros a ser analizados por el laboratorio.

Tabla 1 Parámetros a analizar en agua

PARAMETROS	MÉTODO DE REFERENCIA	UNIDAD
Oxígeno disuelto	POLAROGRÁFICO APHA 4500 O G	mg/l
Oxígeno disuelto	POLAROGRÁFICO APHA 4500 O G.	%
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)	PEE.LASA.FQ.07; APHA 5210 B; Polarografía.	mg/l O ₂
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PEE.LASA.FQ.04b; APHA 5220 D; Espectrofotometría.	mg/l O ₂
pH	PEE.LASA.FQ.23; APHA 4500 H+B; Electrometría.	Unidades de pH
Sólidos Disueltos Totales	PEE.LASA.FQ.05; APHA 2540 D; Gravimetría.	mg/l
Coliformes Fecales Totales	PEE.LASA.MB.01a; APHA 9221 B; NMP	NMP/100ml
Turbidez	TURBIDIMÉTRICOLA SA.MB.01a; APHA 9221 B; NMP	UTM
N-Nitratos	PEE.LASA.FQ.23 APHA 4500-NO ₃ -B	mg/l
Fosfatos (Ortofosfatos)	PEE.LASA.FQ.09b APHA 4500-P E	mg/l PO ₄

2.3 Índice de calidad de agua

El "ICA" establece un valor máximo de 100 para condiciones ideales, el cual disminuye a medida que aumenta la contaminación en el cuerpo de agua analizado. Tras realizar el cálculo del índice de calidad del agua de tipo "General", la calidad del agua se clasifica según la tabla correspondiente. SNET (2020).

Tabla 2 Clasificación del "ICA" propuesta por Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002

Según el SNET (2020) "El Índice de Brown puede calcularse de dos formas: mediante una suma ponderada lineal de los subíndices (ICA_l) o a través de una función multiplicativa ponderada (ICA_m)". Ambas metodologías se expresan de manera matemática como se muestra a continuación.

$$ICA_l = \sum_{i=1}^9 (Sub_i + w_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 [Sub_i^{w_i}] \quad (2)$$

Para calcular el valor de SUBI, se emplean las curvas de función propuestas por Brown (1970) y posteriormente ajustadas por Samboni, con el fin de determinar la concentración de cada parámetro incluido en el ICA y su valor correspondiente de sub_i, según lo indicado por Quiroz et al (2017).

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 3 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"

I	Sub _i	W _i
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta los resultados correspondientes a los cinco puntos de muestreo proporcionados por el laboratorio, junto con los límites máximos permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce, según lo establecidos en el acuerdo ministerial 097A, que reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA). Los resultados serán utilizados en los cálculos respectivos. Además, se incluye una clasificación por colores, donde el rojo indica los valores más altos, el amarillo representa los valores intermedios y el verde señala los valores más favorables.

Tabla 4 Análisis de laboratorio

PARAMETROS	LIMITES MÁX PERMISIBLES.	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2000 NMP/100ml	1598	986	1642	90	680
pH	6 - 9	7,92	8,36	7,68	7,87	7,4
DBO ₅ (mg/l O ₂)	100 mg/l	16,9	2	5,98	2	15,8
BQO (mg/l O ₃)	200 mg/l	19,1	4	9,54	4	25,6
Nitratos (mg/l)	20 mg/l	0,3	2,2	2,35	0,2	0,2
Fosfatos (mg/l PO ₄)	1 - 5 mg/l PO ₄	2,14	1,15	1,16	1,25	1,43
Temperatura ambiente °C	Condición natural ±3	25	26	25	25	25
temperatura de la muestra °C	Condición natural ±3	26,5	27,1	25,6	26,5	26,8
Turbidez (UTM)	100 UTM	400	240	150	100	200

Sólidos disueltos totales (mg/l)	130 mg/l	74	62	79	130	680
Oxígeno disuelto (mg/l)	>80	28,6	96,3	92,5	97,5	25,6
Oxígeno disuelto (%)	>80	1,93	6,26	5,67	5,57	1,54

En la tabla 4 se observa que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, excepto por algunos casos específicos. La turbidez excede los valores máximos con mediciones de 400, 240 y 200 UTM en los puntos 1, 3 y 5. Asimismo los sólidos disueltos alcanzan un valor elevado de 680 mg/l en el punto 5 y con respecto al oxígeno se registran niveles elevados de 96.3, 92.5, 97.5 mg/l en los puntos 2, 3 y 4.

Valores de sub_i para los 5 puntos de muestreo:

Tabla 5 Valores de Sub_i

PARAMETROS	Sub _i				
	1 punto	2 punto	3 punto	4 punto	5 punto
Coliformes fecales (NMP/100ml)	15	22	14	46	31
pH	87	73	91	88	92
DBO5 (mg/l O2)	17	81	52	81	20
Nitratos (mg/l)	94	85	80	93	93
Fosfatos (mg/l PO4)	27	39	39	37	34
Cambio de temperatura °C	82	86	89	82	81
Turbidez (UTM)	5	5	5	18	5
Sólidos disueltos totales (mg/l)	86	87	86	82	81
Oxígeno disuelto (%)	21	94	92	97	18

Método aritmético.

Tabla 6 Calcula método aritmético

PARAMETROS	Sub _i * Peso específico				
	1 punto	2 punto	3 punto	4 punto	5 punto
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2,25	3,03	2,10	6,90	4,65
pH	10,44	8,76	10,92	10,56	11,04
DBO5 (mg/l O2)	1,70	8,10	5,20	8,10	2,00
Nitratos (mg/l)	9,40	8,50	8,00	9,30	9,30
Fosfatos (mg/l PO4)	2,70	3,90	3,90	3,70	3,40
Cambio de temperatura °C	8,20	8,60	8,90	8,20	8,10
Turbidez (UTM)	0,40	0,40	0,40	1,44	0,40
Sólidos disueltos totales (mg/l)	6,88	6,96	6,88	6,56	6,48
Oxígeno disuelto (%)	3,57	15,98	15,64	16,49	3,06

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos de la multiplicación entre el valor de sub_i de cada parámetro por el peso específico indicado en la tabla 3.

Tabla 7 ICA_a de los 5 puntos de muestreo

PUNTOS	UBICACIÓN	ICA _a	CALIDAD DEL AGUA
1	CERCA DE LA REPRESA POZA HONDA	45,54	MALA
2	BALNEARIO LA LUCHA	64,50	REGULAR
3	PUENTE DE COLÓN	61,94	REGULAR
4	BALNEARIO LAS PALMAS PUERTO LOOR	71,25	BUENA
5	DESEMBÓCADURA DEL RÍO PORTOVIEJO	48,43	MALA

En la tabla 7 se detallan los cálculos efectuados utilizando la fórmula 1 para determinar la calidad del agua según el método aritmético. Estos resultados están organizados conforme a la clasificación de contaminantes propuesta por Brown, como se especifica en la tabla 2.

El análisis del Índice de calidad de agua en los cinco puntos del río Portoviejo muestran diferencias notables en la calidad del agua, con clasificaciones que van desde mala hasta buena. Las zonas que presentan un índice de calidad de agua mala son el punto 1 con 45,54% y el punto 5 con 48,43%, lo que nos hace referencia que el agua ingresa con índices de contaminación y asimismo desemboca, mientras que en los puntos 2 y 3 el agua se encuentra regular con un porcentaje de 64,50% y 61,94% y finalmente el punto 4 presenta una mejor calidad del agua con un 71,25% clasificándola como buena, siendo este un lugar de recreación para la comunidad.

Método geométrico

Tabla 8 Cálculo método geométrico

PARAMETROS	Sub _i ^ Peso específico				
	1 punto	2 punto	3 punto	4 punto	5 punto
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1,50	1,59	1,49	1,78	1,67
pH	1,71	1,67	1,72	1,71	1,72
DBO5 (mg/l O2)	1,33	1,55	1,48	1,55	1,35
Nitratos (mg/l)	1,58	1,56	1,55	1,57	1,57
Fosfatos (mg/l PO4)	1,39	1,44	1,44	1,43	1,42
Cambio de temperatura °C	1,55	1,56	1,57	1,55	1,55
Turbidez (UTM)	1,14	1,14	1,14	1,26	1,14
Sólidos disueltos totales (mg/l)	1,43	1,43	1,43	1,42	1,42
Oxígeno disuelto (%)	1,68	2,16	2,16	2,18	1,63

En la tabla 8 se presenta los resultados obtenidos al elevar los valores de subí, indicados en la tabla 5 para los pesos específicos señalados en la tabla 3

Tabla 9 ICA_m de los 5 puntos de muestreo

PUNTOS	UBICACIÓN	ICA_m	CALIDAD DEL AGUA
1	CERCA DE LA REPRESA POZA HONDA	31,58	MALA
2	BALNEARIO LA LUCHA	51,02	REGULAR
3	PUENTE DE COLÓN	46,50	MALA
4	BALNEARIO LAS PALMAS PUERTO LOOR	64,55	REGULAR
5	DESEMBOCADURA DEL RÍO PORTOVIEJO	35,66	MALA

Aplicando la fórmula 2 correspondiente al método geométrico se obtienen los valores del índice de calidad del agua para los 5 puntos de muestreo como se observa en la tabla 9.

De acuerdo a este método aplicado podemos observar que el índice de calidad del agua varía entre mala y regular, el punto 1 con 31,58%, el punto 3 con 46,50% y el punto 5 con 35,66% clasificando estos tres puntos como mala, mientras el punto 2 y el punto 4 presentan una clasificación como regular con un 51,02% y 64,55% siendo ambos balnearios utilizados para la recreación de la comunidad. Estos hallazgos destacan la importancia de implementar medidas específicas en las áreas más afectadas para mejorar la calidad del agua de toda la cuenca.

Valor promedio del índice de calidad de agua:

Tabla 10 Valor promedio de ICA

ICA PROMEDIO	CALIDAD DEL AGUA
ICA_a	58,33 Regular
ICA_m	45,87 Mala

Obteniendo un valor promedio entre los 5 puntos de muestreo tenemos que el índice de calidad de agua del río Portoviejo fluctúa entre el 58,33% siendo catalogado una agua de calidad regular según el método aritmético, mientras que el valor promedio para la calidad del agua en el método geométrico es de 45,87% catalogándola como mala.

En un estudio realizado por Quiroz et al (2017) mencionan que la calidad del agua del río Portoviejo va disminuyendo a lo largo del curso del río, comenzando con un 59,19% y terminando con 32,81% con un deterioro paulatino. Asimismo otro estudio desarrollado por Intriago y Quiroz (2021) menciona que el estudio desarrollado en época seca va disminuyendo su índice de calidad de agua de forma consecutiva con un valor inicial de 69,97% y terminando con un 43,36%.

Mientras que este estudio se desarrolló en época lluviosa presentando un índice de calidad de agua variado en los diferentes puntos de muestreo, comenzado con un índice de calidad de agua mala, mejorando en el transcurso del río y finalmente terminado con una calidad de agua mala nuevamente.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, se demostró que los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Portoviejo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles a excepción de los siguientes parámetros; turbidez que presentan alteraciones en el punto 1, 3 y 5 con valores superiores de 200 UTM; sólidos disueltos con alteraciones en el punto 5 con un valor de 680 mg/l; y oxígeno disuelto que presentan alteraciones tanto en los puntos 2,3 y 4 con valores que superan los 80 mg/l.

De acuerdo a los resultados obtenidos revelan que existe índice de contaminación, lo que contribuye a una mejor comprensión del estado actual el río.

En cuando al análisis de la calidad de agua se reveló que se encuentra en un estado entre regular y mala, de acuerdo a los cálculos realizados para el índice de calidad de agua aritmético y geométrico.

Finalmente se logró identificar las áreas con mayor nivel de afectación siendo el punto 1 (cerca de la represa poza honda) con un 45,54% y el punto 5 (desembocadura del río Portoviejo) con un 48,43%.

5. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se recomienda implementar un programa de monitoreo continuo por parte de los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental con el fin evaluar de manera sistemática los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en distintas épocas para tener un mejor control de los mismo.

Asimismo se resalta la importancia de aplicar estrategias sostenibles de prevención y control, enfocadas en mitigar las principales fuentes de contaminación.

Para mejorar el índice de calidad de agua se sugiere la implementación de proyectos específicos de saneamiento, tratamiento de aguas residuales y manejo eficiente de desechos sólidos, lo que ayudaría a la reducir la carga de contaminantes.

Finalmente se recomienda promover la colaboración del municipio, gobierno provincial, organismos gubernamentales, comunidades académicas y demás, con el fin de garantizar la protección del río Portoviejo y el bienestar de las comunidades que dependen de él.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Guambo, G.; Torre, J.; Quiroz, S. 2021. Dialnet. Obtenido de Analisis historico de contaminacion hidrica en el rio Portoviejo. Consultado 12 de octubre de 2021. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8539729.pdf>

Intriago, J.; Quiroz, L. 2021. Polo del conocimiento. Obtenido de calidad del agua de la cuenca media del rio Portoviejo. Consultado 17 de junio de 2021. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016977#:~:text=Los%20estudios%20concluyen%20que%20la,le%20otorga%20una%20clasificaci%C3%B3n%20media.>

MAATE (Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica). 2021. Gestion integral de los recursos hidricos en Ecuador. Disponible en

<https://www.aquacoope.org/ecuador/es/los-consejos-de-cuenca-por-dh/dh-manabi/uphl-portoviejo-ma01>

Pinoargote, J.; Alvarez, Y. 2023. Digital Publisher. Obtenido de calidad de agua del rio Portoviejo. Consultado 8 de agosto de 2023. Disponible en https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2067

Quiroz, L.; Izquierdo, E.; Menendez, C. 2017. Universidad Tecnica de Manabí, Ecuador. Consultado 17 de julio de 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S168003382017000300004&script=sci_arttext&tlng=pt

SNET (Servicios Nacionales de Estudios Territoriales). 2020 Obtenido de Salvador. Disponible en <https://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

Torre, P.; Cruz, C.; Patiño, P. 2009. Índice de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Obtenido de Revista Ingenierías Universitarias de Medellín. Consultado 5 de octubre de 2009. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Ramírez, A. 2020. Índice de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Disponible en https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

García, A. 2020. *Ecología Verde*. Obtenido de Contaminación por metales pesados. Consultado 20 de Noviembre de 2020. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-por-metales-pesados-en-elagua-1452.html>

Guanoquiza, L; Antúnez, A. 2019. La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático*. Editor Académico: Ph.D Carlos Alberto Zuñiga Gonzalez, 2.1 La contaminación ambiental en las cuencas acuíferas del Ecuador. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941756001/html/>

León, L. 2021. *Instituto Mexicano de Tecnología del agua*. Obtenido de Índice de calidad del agua. Formas de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Disponible en

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/1/ICA%20Forma%20de%20estimarlos.pdf>

Thielen, D. 2020. *Venezuelan Institute for Scientific Research | IVIC · Laboratory of Landscape Ecology and Climate*. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/320255594_Analisis_geoestadistico_de_las_precipitaciones_en_la_cuenca_del_rio_Portoviejo_Manabi-Ecuador_durante_el_evento_de_El_Nino_9798

Villao, C.; Estupiñan, E. 2021. *Cuantificación de procesos erosivos en la Cuenca Portoviejo*. Consultado 21 de Septiembre de 2021. Disponible en

<file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Dialnet-CuantificacionDeProcesosErosivosEnLaCuencaPortovie-8383872.pdf>

Lopez, V., 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción. Consultado 6 de diciembre de 2006. Disponible en https://www.scielo.org/ar/scielo.php?pid=S1851-56572006000100007&script=sci_arttext&lng=en

Fernández, L.; Izquierdo, E. 2017 Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004

ACUMAR. (Autoridad cuenca Matanza Riachuelo). 2016. Anexo III, ficha metodológica. Disponible en <https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/Ficha-Indicador-2-%C3%8Dndice-Calidad-de-Agua-Superficial.pdf>

Borrero, C. 2016. Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo. Departamento de ingeniería civil y ambiental, Universidad de los Andes. Disponible en <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8eda3084-b83e-4617-a6fa-0301efeca424/content>