



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ARTÍCULO ACADÉMICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

TÍTULO

**Evaluación de la calidad ambiental del agua marina mediante
parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrocarburos en la playa
"Las Palmas", Esmeraldas.**

AUTORA:

DENNISSE MILENA PINCAY RODRÍGUEZ.

TUTOR:

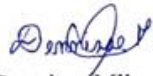
Blgo. VICTOR ALCIVAR, Mg.

2025-2

Manta – Manabí – Ecuador.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Dennisse Milena Pincay Rodríguez, con C.I 0803474022, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. Asimismo, manifiesto que todas las fuentes de información utilizadas han sido debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas académicas correspondientes.



Dennisse Milena Pincay Rodríguez

C.I 0803474022

APROBACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad 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 mediante modalidad de artículo académico bajo la autoría de la estudiante **DENNISSE MILENA PINCAY RODRÍGUEZ**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Ambiental en el período académico 2025-2, cumpliendo el total de 300 horas, cuyo tema es **"Evaluación de la calidad ambiental del agua marina mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrocarburos en la playa "Las Palmas", Esmeraldas"**.

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 de este, 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, 26 de enero de 2026.

Lo certifico,



Blgo. Víctor Alcívar Rosado, MSc
Docente Tutor
Ingeniería Ambiental

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres por su amor incondicional y apoyo a lo largo de toda mi formación académica, gracias por confiar en mí.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por cada enseñanza, experiencia compartida y consejos que fortalecieron mis conocimientos profesionales.

Finalmente agradezco a mis compañeros de aula y a mis amigos foráneos que hicieron que esta etapa sea más amena y feliz con momentos que quedaran por siempre en mi memoria.

DEDICATORIA

Dedico este logro en mi primer lugar a mi padre Danilo Pincay por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia. Tu trabajo incansable, tu humildad y cada esfuerzo silencioso se convirtieron en mi inspiración y la razón por la que siempre quise superarme y dar lo mejor de mí. Porque sin ti, nada de esto habría sido posible.

A mi madre Jeannine Rodríguez, quien con su cariño, dedicación y compromiso me enseñó el verdadero significado del amor incondicional. Fue tu paciencia, tus abrazos y palabras de aliento las que me dieron fuerzas para seguir adelante cuando más lo necesitaba.

Y finalmente pero no menos importante a mi abuelo Uvencio y a mi hermano Alejandro quienes han estado siempre a mi lado brindándome cariño, apoyo y motivación.

Este logro no es solo mío, es el reflejo de todo el amor, apoyo y confianza que me brindaron en todo momento, todo lo que soy es gracias a ustedes.

Con todo mi amor,

Milena Pincay.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA MARINA MEDIANTE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E HIDROCARBUROS EN LA PLAYA "LAS PALMAS", ESMERALDAS.

Dennisse Milena Pincay Rodríguez.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología.

Carrera de Ingeniería Ambiental.

RESUMEN:

La calidad ambiental de las zonas marino-costeras es un indicador clave para la conservación de los ecosistemas y la protección de la salud pública, especialmente en áreas urbanas con alta presión antrópica y uso recreativo. El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad ambiental del agua marina de la playa “Las Palmas”, en la ciudad de Esmeraldas, mediante la determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de establecer su aptitud para uso recreativo y turístico. Para esto se aplicó un diseño de muestreo puntual en tres puntos estratégicos norte, centro y sur, los análisis de TPH se realizaron de manera secuencial durante tres meses, mientras que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se evaluaron en una jornada de muestreo simultánea. Las muestras fueron procesadas en un laboratorio empleando métodos estandarizados, tales como cromatografía de gases, filtración por membrana, técnicas gravimétricas y mediciones electrométricas. Los resultados demostraron concentraciones de TPH menores a 0,15 mg/L en los tres puntos determinados, valores que cumplen con el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental ecuatoriana. Por otro lado, las concentraciones de *Escherichia coli* y Coliformes fecales se mantuvieron significativamente por debajo del límite normativo, indicando una adecuada calidad sanitaria. En cuanto al pH, presentó valores estables dentro del rango permisible y las concentraciones de plomo estuvieron por debajo del límite de detección. Finalmente, los valores registrados de sólidos suspendidos totales fueron elevados, relacionados principalmente a la dinámica natural del ecosistema. En conclusión, los resultados indicaron que el agua marina de la playa Las Palmas presenta una condición ambiental favorable durante el período evaluado, siendo así apta para el uso recreativo, aunque se recomienda fortalecer el monitoreo continuo para una gestión ambiental preventiva y sostenible.

Palabras clave: calidad ambiental, agua marina, hidrocarburos, parámetros fisicoquímicos, microbiología, Esmeraldas.

1. INTRODUCCIÓN:

La calidad ambiental de los ecosistemas costeros es una condición que refleja la capacidad de estos sistemas para mantener sus funciones ecológicas, apoyar la biodiversidad y proporcionar servicios ecosistémicos como pesca, protección costera, recreación y turismo (Rodríguez & Ruíz, 2010). Estos ecosistemas se encuentran en constante interacción con procesos naturales y actividades humanas, lo que los hace sensibles a variaciones en sus condiciones físico-químicas y biológicas, así como a la acumulación de contaminantes. A nivel regional, el Pacífico Este Tropical es una de las zonas de mayor productividad biológica, pero también una de las más vulnerables al impacto de la urbanización descontrolada (Prada et al. 2021). En cuanto a nivel nacional, la zona costera de la provincia de Esmeraldas se identifica como un área crítica debido a que en ella coinciden dos características naturales muy importantes como los manglares y las zonas de alta dinámica sedimentaria por lo que cualquier tipo de contaminación puede generar efectos mucho más graves. (Mena et al. 2022).

Según estudios en lo que respecta a las zonas marino-costeras, la calidad del agua marina constituye un componente esencial de la calidad ambiental, ya que la columna de agua regula la disponibilidad de oxígeno, nutrientes y otros factores que determinan la salud del ecosistema acuático. Entonces aquellos indicadores tales como la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto reflejan cambios en la composición del agua debidos tanto a procesos naturales como a perturbaciones antropogénicas, y se utilizan ampliamente para evaluar la condición del ecosistema (García, 2023). Específicamente, los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son parámetros clave en playas de alta energía, donde la resuspensión de sedimentos por el oleaje y el aporte de estuarios cercanos pueden alterar la transparencia del agua (López & Rivas 2020). Por ello es importante notar que, en el perfil costero del Ecuador, la variabilidad estacional influye radicalmente en la carga de sedimentos, especialmente durante periodos de muchas lluvias. (Bravo et al. 2021).

En Perú, estudios similares han demostrado que el monitoreo de metales pesados es vital, ya que estos elementos tienden a acumularse en los sedimentos debido a su baja solubilidad en ambientes alcalinos (Vegas & Ramos 2023).

Así mismo, la evaluación integrada de indicadores físico-químicos permite construir índices de calidad del agua que facilitan la interpretación conjunta de múltiples

parámetros y determinan condiciones óptimas o deterioradas del recurso hídrico marino (Calderón & Cool, 2025).

Adicionalmente, los parámetros microbiológicos son componentes esenciales para evaluar la calidad sanitaria de las aguas, especialmente cuando las mismas están en contacto con las personas por medio de actividades recreativas o consumo indirecto. Además, los indicadores como Coliformes totales y fecales son los que permiten identificar contaminación por descargas de aguas residuales o escorrentía urbana sin tratamiento, lo cual representa un riesgo para la salud pública si estos microorganismos superan los límites establecidos por guías técnicas internacionales (FAO, 2010). De hecho, estudios que se han realizado en el Caribe colombiano han resaltado que la presencia de *Escherichia coli* en playas turísticas está directamente relacionada con la falta de infraestructura de saneamiento básico en ciudades costeras cercanas. (GarcésOrdóñez et al. 2022).

En lo que respecta a contaminantes químicos, los hidrocarburos derivados del petróleo (TPH) representan una amenaza particular para los ecosistemas marinos y costeros debido a la subsistencia, toxicidad y la capacidad que tiene de bioacumulación. De esta manera la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y otros compuestos derivados del petróleo puede alterar procesos biogeoquímicos y afectar negativamente la fauna y flora marinas, estos efectos pueden ser duraderos en el tiempo, especialmente cuando los derrames son de gran magnitud o cuando ocurren de forma constante (Vasudevan & Rajaram, 2001; Olguín et al., 2007).

Estudios científicos han demostrado que tanto los parámetros fisicoquímicos como microbiológicos y de contaminantes específicos deben integrarse para una evaluación comprensiva de la calidad ambiental de cuerpos de agua marinos. Esta perspectiva integral ha sido utilizada en evaluaciones de calidad del agua en diversas regiones, donde se utilizan índices de calidad del agua que sintetizan múltiples variables de calidad para interpretar el estado ambiental de los cuerpos receptores (Oré Cierro et al., 2024)

En Ecuador, la contaminación por hidrocarburos ha sido identificada como un problema ambiental de mucho tiempo, especialmente en la provincia de Esmeraldas, donde las actividades de refinación y transporte de petróleo han generado grandes descargas contaminantes persistentes en cuerpos hídricos y zonas costeras desde las décadas pasadas (CEPAL, 1990). Es por ello que la normativa nacional vigente, a través del Acuerdo

Ministerial 097-A, establece los criterios de calidad para preservar la vida acuática y los usos recreativos en aguas salinas. (Ministerio del Ambiente 2015). Eventos de derrames significativos en la playa de Las Palmas en 2017 y 2023 han provocado preocupaciones sobre los efectos combinados de contaminación fisicoquímica, microbiológica y por hidrocarburos sobre la biodiversidad marina y la economía local, particularmente por las personas que son dependientes del turismo y la pesca artesanal.

La playa de Las Palmas, debido a su ubicación estratégica en una zona urbana y su alta utilización recreativa y turística, enfrenta múltiples presiones ambientales que pueden comprometer su calidad ambiental. Estas condiciones incrementan la exposición directa de la población al contacto con el agua marina, lo que eleva los riesgos para la salud pública, especialmente en escenarios de contaminación asociada a actividades antrópicas y derrames de hidrocarburos, como lo evidencian estudios realizados en playas urbanas (Bustamante et al., 2021). Investigaciones recientes en Esmeraldas sugieren que la dinámica de las corrientes marinas en esta zona puede favorecer la dispersión de contaminantes, aunque la sedimentación de partículas pesadas sigue siendo un riesgo latente para los bentos (Vera & Intriago 2024). En este contexto, la evaluación integrada de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrocarburos permite no solo caracterizar la presencia y magnitud de los contaminantes, sino también estimar los posibles impactos sobre la integridad de los ecosistemas costeros y sustentar la planificación ambiental y el diseño de estrategias de manejo y mitigación.

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la calidad ambiental de la playa de Las Palmas, Esmeraldas, mediante elementos de medición de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrocarburos.

1.1 Objetivo General

Evaluar la calidad ambiental del agua marina de la playa “Las Palmas” mediante la determinación de hidrocarburos, indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, para establecer su aptitud para uso recreativo y turístico.

1.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar la concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo. (TPH)

2. Determinar el valor de los parámetros fisicoquímicos de contaminación marina.
3. Evaluar la presencia de contaminación microbiológica.
4. Contrastar los resultados obtenidos con la normativa ambiental vigente para definir la calidad actual del agua marina.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en el agua marina de la playa “Las Palmas” situada en el área urbana de Esmeraldas, la cual tiene una extensión de 5km y cuenta con una población residente aproximada en 6.480 habitantes según datos del INEC, este destino costero se caracteriza porque cuenta con un clima cálido, con temperaturas promedio que oscilan entre 22°C y 29°C. Y es su atractivo turístico que ha impulsado el desarrollo de una dinámica economía local, que se sustenta principalmente en actividades relacionadas con el turismo y la recreación.

2.2 Diseño del muestreo

La investigación se desarrolló bajo un diseño de muestreo puntual del agua marina, con cobertura espacial en tres ubicaciones estratégicas a lo largo de la playa de Las Palmas, correspondientes a un extremo norte, un punto central y un extremo sur (Fig. 1).

Para la evaluación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), se aplicó un diseño de muestreo con carácter secuencial durante un período de tres meses. Se recolectó una muestra por mes, correspondiente a un único punto de muestreo en cada campaña, es decir: en febrero se recolectó la primera muestra en el extremo norte de la playa Las Palmas, seguida de marzo que se recolectó en el punto central y en abril que se recolectó en el extremo sur.

En lo que concierne a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, las muestras de agua marina fueron recolectadas en una única jornada de muestreo realizada en el mes de diciembre de 2025, recogiendo muestras en los tres puntos (norte, central y sur), las cuales fueron evaluadas de manera conjunta para la caracterización ambiental del cuerpo de agua.

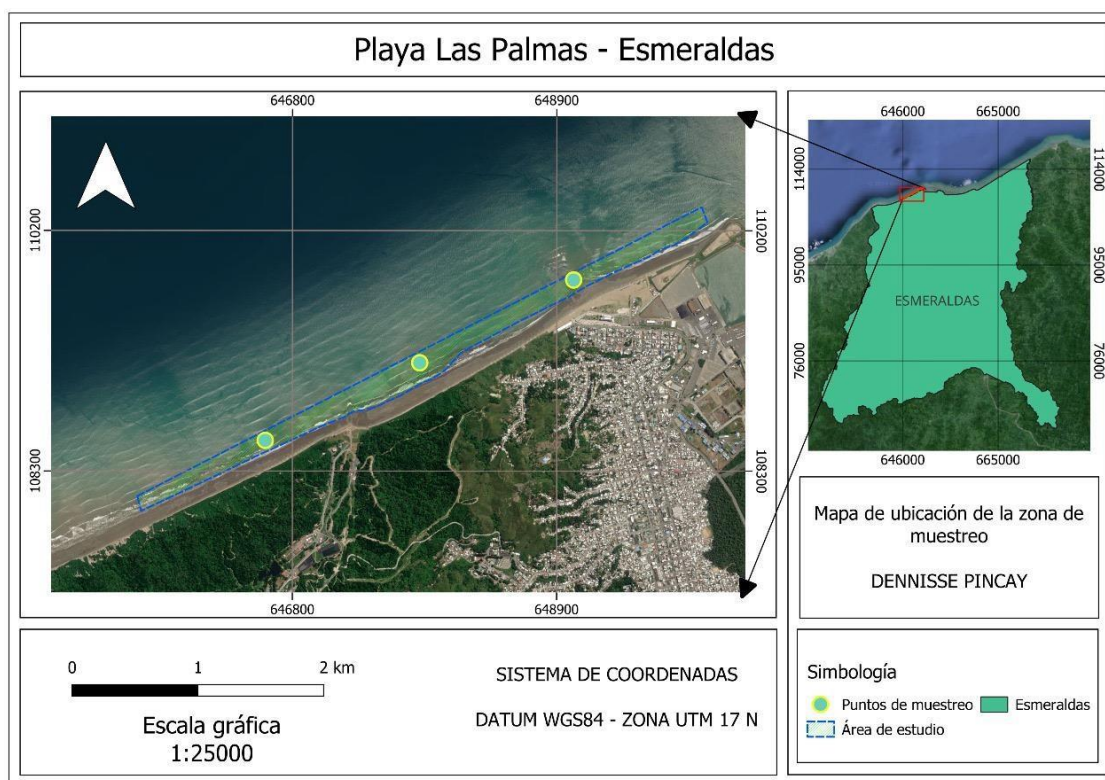


Figura 1. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo del agua marina de la playa Las Palmas, Esmeraldas.

2.3 Toma de muestras

La toma de muestras de agua se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013. En cada punto de muestreo se recolectaron muestras de agua simple a una profundidad aproximada de 1 metro, con el fin de obtener una muestra representativa de la columna de agua superficial.

Todas las muestras fueron recolectadas en botellas de vidrio ámbar de boca ancha, previamente esterilizadas y enjuagadas con el agua del lugar, con un volumen aproximado de 1 litro por muestra. Posteriormente, las muestras fueron refrigeradas a una temperatura de 4 °C y transportadas en un contenedor isotérmico al laboratorio Multianalytica (Quito).

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio empleando métodos de referencia estandarizados para cada parámetro evaluado. En el caso del contenido de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) se determinó mediante el método TNRCC Method 1005, Rev. 03 (2001), utilizando cromatografía de gases. Para el recuento de Coliformes totales y de *Escherichia coli* se realizó conforme a Standard Methods, Edición 24 (2023), método 9222 B, mediante la técnica de filtración por membrana. Los sólidos suspendidos totales fueron determinados según Standard Methods, Edición 24 (2023), método 2540 C,

mediante gravimetría. La conductividad eléctrica se midió de acuerdo con Standard Methods, Edición 24 (2023), método 2510 B, por electrometría. La concentración de plomo (Pb) fue analizada conforme a los métodos EPA 3005A, EPA 6010B y Standard Methods, Edición 24 (2023), método 3120 B, mediante espectroscopía de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP). Finalmente, el pH fue determinado según la norma NTE INEN 3167:2019, utilizando el método de electrometría.

3. RESULTADOS

Los resultados de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) obtenidos en los tres puntos de muestreo (norte, central y sur) se los comparó con el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental ecuatoriana vigente para lo que respecta a aguas marinas como se observa en la Tabla 1, con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios de calidad ambiental.

Tabla 1. Resultados Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en el agua marina de la playa Las Palmas.

Punto de muestreo	Resultado TPH (mg/L)	Límite normativo de referencia (mg/L) - Acuerdo ministerial 097A	Condición
Extremo norte	< 0,15	0,5	Cumple
Punto central	< 0,15	0,5	Cumple
Extremo sur	< 0,15	0,5	Cumple

De acuerdo con los resultados presentados, las concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en las muestras de agua marina de los tres puntos de muestreo fueron menores a 0,15 mg/L, valor que se encuentra por debajo del límite normativo de referencia establecido en 0,5 mg/L. En consecuencia, todos los puntos evaluados cumplen con la normativa ambiental vigente, demostrando así una adecuada condición de calidad del cuerpo de agua respecto a este parámetro.

De igual forma los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en los puntos norte, central y sur de la playa Las Palmas fueron comparados con los criterios de calidad del recurso agua establecidos para ambientes marinos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente como se refleja en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de parámetros físico, químicos, microbiológicos en conjunto con la normativa ambiental vigente.

Parámetros microbiológicos	Punto norte	Punto central	Punto sur	Limite normativo referencia - Acuerdo ministerial 097^a	Condición
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	1	10	15	200 NMP	Cumple
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	9	11	45	200 NMP	Cumple
Parámetros químicos	Punto norte	Punto central	Punto sur	Limite normativo referencia - Acuerdo ministerial 097A	Condición
pH	7,97	7,96	7,99	6,5 – 9,5	Cumple
Plomo (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	0,001 mg/L	No detectable
Parámetros físicos	Punto norte	Punto central	Punto sur	Limite normativo referencia - Acuerdo ministerial 097A	Condición
Solidos suspendidos totales (mg/L)	640,0	618,0	610,0	—	No aplica
Conductividad (µS/cm)	46740	46820	46860	--	No aplica

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo, para los parámetros microbiológicos las concentraciones de *Escherichia coli* y Coliformes fecales presentaron valores bajos en todos los puntos, con máximos de 15 UFC/100 mL y 45

UFC/100 mL, respectivamente, los cuales se encuentran por debajo del límite normativo de referencia de 200 NMP/100 mL. Estos resultados demuestran que el agua marina evaluada cumple con los criterios microbiológicos establecidos, lo que sugiere una baja incidencia de contaminación fecal y un nivel adecuado de calidad sanitaria para el área de estudio.

Respecto a los parámetros químicos, el pH registra valores ligeramente alcalinos, comprendidos entre 7,96 y 7,99, situándose dentro del rango permisible de 6,5 a 9,5, lo que refleja condiciones químicas estables y compatibles con ambientes marinos. En relación con el plomo (Pb), las concentraciones reportadas fueron inferiores al límite de detección ($<0,02$ mg/L) en los tres puntos de muestreo, indicando la ausencia de niveles detectables de este metal durante el período de monitoreo, lo cual es favorable desde el punto de vista ambiental.

Y en cuanto a los parámetros físicos, los sólidos suspendidos totales presentaron valores elevados, superiores a 600 mg/L en todos los puntos de muestreo. Aunque no existe un límite normativo específico de referencia para este parámetro en la normativa, estos valores pueden estar relacionados a procesos netamente naturales como la dinámica de oleaje, resuspensión de sedimentos, aporte de escorrentías o alguna actividad antrópica cercana a la playa. Por otra parte, los resultados de la conductividad eléctrica fueron altos y homogéneos, cercanos a 46 800 μ S/cm, lo cual refleja un comportamiento consistente con la presencia de sales disueltas propias del ecosistema marino, confirmando la naturaleza salina del agua marina analizada en la playa Las Palmas.

4. DISCUSIÓN

La provincia de Esmeraldas a lo largo del tiempo se ha consolidado como una ciudad con mayor vulnerabilidad ante la contaminación por hidrocarburos, debido a la intensidad de las actividades de explotación, refinación y transporte. La frecuencia de derrames, con episodios críticos registrados en los años 2017, 2023 y 2025, ha generado una preocupación constante sobre los efectos acumulativos en la calidad ambiental del ecosistema marino, especialmente en áreas de alta afluencia recreativa como la playa Las Palmas.

En este contexto, los resultados obtenidos revelaron concentraciones de TPH menores a 0,15 mg/L en los 3 puntos donde se recolectaron las muestras, situándose por debajo del límite permisible establecido por la normativa nacional, los cuales indican que durante el periodo evaluado no hubo un rastro de contaminación activa. Este escenario contrasta con lo reportado por Vasudevan y Rajaram (2001) y Olguín et al. (2007), quienes sostienen que, en zonas con presión petrolera recurrente, los hidrocarburos presentan una persistencia prolongada debido a su baja degradabilidad y elevada tasa de adsorción.

No obstante, la baja concentración de TPH dentro de los puntos de muestreo también puede explicarse mediante los procesos de atenuación natural ya que según Fernández (2024), las altas temperaturas y la alta disponibilidad de oxígeno de los ambientes marinos tropicales optimizan la biodegradación microbiana. Asimismo, a pesar de la proximidad de la Refinería de Esmeraldas y los antecedentes de contaminación documentados por la CEPAL (1990) y Montaña y Villavicencio (2022), los datos demuestran que el constante movimiento del agua ayuda a diluir y dispersar rápidamente los contaminantes. Al respecto, Vera e Intriago (2024) enfatizan que las corrientes marinas locales juegan un rol determinante en la dilución y transporte de contaminantes, evitando su acumulación en la columna de agua marina.

En lo que respecta a la actividad microbiológica, las reducidas concentraciones de *Escherichia coli* y Coliformes fecales confirman una adecuada calidad sanitaria del agua. Estos resultados guardan coherencia con lo expuesto por Bustamante et al. (2021), quienes determinaron que, en las playas urbanas donde se controla la descarga directa de aguas residuales, la dinámica del agua permite mantener la carga bacteriológica dentro de los rangos de seguridad para el uso recreativo.

Por otro lado, la estabilidad fisicoquímica del sistema se refleja en los valores de pH, los cuales permanecieron dentro del marco normativo. Según García (2023), desviaciones críticas en este parámetro suelen ser indicadores de descargas industriales o procesos de eutrofización, condiciones que no fueron detectadas en el área de estudio. En el caso del plomo, su ausencia en la columna de agua coincide con el comportamiento geoquímico descrito por Oré Cierro et al. (2024): los metales pesados en sistemas marinos tienden a precipitar y acumularse en el sedimento debido a su alta afinidad por la materia orgánica, en lugar de permanecer en fase disuelta.

Finalmente, aunque los sólidos suspendidos totales y la conductividad no están delimitados por la normativa ecuatoriana, los valores registrados son consistentes con la naturaleza de las zonas costeras donde el agua es muy salada y que está en constante movimiento por las mareas y corrientes.

De manera general, si bien la calidad ambiental de la playa Las Palmas se muestra favorable bajo los parámetros evaluados, este estado debe interpretarse como una condición temporal dado el historial ambiental de la provincia. Puesto que, la ausencia de contaminantes en la columna de agua no significa que el ecosistema esté libre de impactos, debido a que los hidrocarburos y los metales pesados tienden a acumularse en sedimentos u organismos por lo cual es importante implementar programas de monitoreo continuos que integren sedimentos y biota para lograr una gestión ambiental más completa y preventiva.

5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en el agua marina de la playa Las Palmas se encontraron por debajo del límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental ecuatoriana, lo que evidencia una condición favorable de calidad del agua respecto a este tipo de contaminantes durante el período de estudio.

Los parámetros microbiológicos *Escherichia coli* y Coliformes fecales, presentaron concentraciones inferiores a los límites normativos, lo que indica una adecuada calidad sanitaria del agua marina y una baja influencia de descargas recientes de origen doméstico.

Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango permisible para aguas marinas, reflejando condiciones fisicoquímicas estables y compatibles con el equilibrio del ecosistema marino. Asimismo, las concentraciones de plomo se ubicaron por debajo del límite de detección del método analítico empleado, sin evidenciarse la presencia significativa de este metal en la columna de agua.

Los resultados demostraron que la evaluación de la calidad ambiental no debe limitarse únicamente al agua, sino más bien debe complementarse con otras matrices, considerando también la eficiencia y los costos de las metodologías empleadas para el análisis de los mismos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas fortalecer programas periódicos de monitoreo de la calidad ambiental de las aguas marinas, integrando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes prioritarios, mediante una planificación técnica y financiera que optimice los costos de análisis y garantice la continuidad del control ambiental.

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí debería implementar y equipar laboratorios donde se especialicen en el análisis de calidad de agua, hidrocarburos y metales pesados con la finalidad de realizar capacitaciones académicas que fortalezcan las investigaciones y permitan reducir costos operativos en análisis investigativos.

Por otro lado, la carrera de Ingeniería Ambiental debería de fortalecer la formación práctica mediante proyectos de investigación, prácticas de laboratorio y actividades de campo orientadas al monitoreo ambiental, con el fin de que los estudiantes aprendan a aplicar conocimientos teóricos en situaciones reales y fortalezcan su preparación profesional.

REFERENCIAS:

- Bustamante I., Pérez C., Delgado M. 2021. Análisis de la contaminación petrolera en playas urbanas: efectos sobre la salud pública y la biodiversidad. *Journal of Environmental Health*, 35(4), 215-230.
- Vasudevan N. y Rajaram P. 2001. Bioremediation of oil sludge-contaminated soil. *Environment International*, 26(5), 409–411.
- Olguín E. J., Hernández M. E., Sánchez-Galván G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(3), 139-154.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 1990. Estudio económico sobre el impacto ambiental de la contaminación hídrica de la Refinería de Esmeraldas en los ríos Teaone y Esmeraldas. Santiago de Chile.
- FAO. (2010). Evaluación de la calidad del agua: parámetros e indicadores de calidad. Manual técnico de FAO sobre evaluación ambiental.
- Oré Cierito, L. E., Loarte Aliaga, W. C., & Guerra, J. K. (2024). Calidad ambiental del agua mediante parámetros físicoquímicos y microbiológicos en quebrada. *Revista Qantu Yachay*.
- RODRÍGUEZ, J.; RUÍZ, J. 2010. Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones. *Revista de Ciencias Ambientales*.
- GARCÍA, I.L.H. 2023. Calidad de aguas marino-costeras en bahías de San Juan. Universidad Científica Estelí
- SHELDON, J.E.; ALBER, M. 2011. Coastal water quality indicators for estuarine and coastal waters. *Proceedings, Georgia Water Resources Conference*.
- CALDERÓN, J.M.; COOL, P.J. 2025. Calidad del agua marina en el Refugio de Vida Silvestre y Marino Costera Pacoche. *Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología (RIEMAT)*.
- Fernández, J. 2024. Degradación de hidrocarburos en ambientes marinos tropicales. *Revista Ecuatoriana de Ingeniería Ambiental* 11(1): 45-58.

Garcés-Ordóñez, O; Castillo-Olaya, V; Granados-Corella, A. 2022. Calidad sanitaria de las playas turísticas en el Caribe colombiano: relación con el saneamiento básico. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 51(2): 89-104.

López, M; Rivas, K. 2020. Dinámica de sólidos suspendidos en playas de alta energía del Pacífico Sur. Journal of Marine Research and Education 4(2): 12-25.

Mena, P; Ortiz, L; Zambrano, R. 2022. Ecosistemas costeros de Esmeraldas: vulnerabilidad y cambio climático. Universidad Técnica de Esmeraldas "Luis Vargas Torres". 85 p.

Prada, M; Castro, E; Taylor, E. 2021. Estado de la calidad ambiental marina en el Pacífico Este Tropical. Informe Técnico Interinstitucional (Colombia-Ecuador-Perú). 210 p.

Vegas, E; Ramos, F. 2023. Distribución de metales pesados en sedimentos y columna de agua en zonas portuarias del Perú. Revista de Investigaciones Marinas 34(1): 112-128.

Vera, A; Intriago, J. 2024. Modelamiento de dispersión de contaminantes en la ensenada de Esmeraldas. RIEMAT: Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología 9(1): 33-47.

Bravo, M; Lucas, M; García, A. 2021. Calidad bacteriológica y físico-química de las aguas costeras en el perfil de Esmeraldas. Revista Científica Hallazgos 21 6(3): 255-268.

Ministerio del Ambiente, EC. 2015. Acuerdo Ministerial 097-A: Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, del Ministerio del Ambiente. Registro Oficial Edición Especial 387. Quito, Ecuador.

Montaño, R; Villavicencio, J. 2022. Evaluación de la carga contaminante de la Refinería de Esmeraldas sobre los ecosistemas fluviales y marinos adyacentes. Revista Científica de Ingeniería Ambiental 5(2): 10-22. (Nacional - Ecuador).