



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



ATIT_2026_FIAS-039

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

"Calidad fisicoquímica del agua marina y su implicancia en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, 2025"

Presentado por:

MATTA GARCÍA JOSÉ MIGUEL

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 1%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20184390**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

05 de mayo del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE REGISTRO
Dr. Victor Alberto Palomino
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



TESIS

**Calidad fisicoquímica del agua marina y su implicancia en la
conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, 2025**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

PRESENTADO POR:

Bach. MATTA GARCÍA JOSÉ MIGUEL

Ica – Perú

2026

DEDICATORIA

A **Dios** por protegerme y guiarme, a **mi familia**, por su apoyo constante y por ser fuente de motivación en cada etapa de este proceso académico. Su confianza ha sido fundamental para alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a los docentes y profesionales que brindaron su orientación durante el desarrollo de esta investigación, así como a las instituciones que facilitaron el acceso a la información necesaria. Su colaboración contribuyó significativamente a la culminación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Situación problemática.....	12
1.2. Antecedentes del problema	15
1.2.1. Antecedentes internacionales	15
1.2.2. Antecedentes nacionales	19
1.2.3. Antecedentes locales	21
1.3. Bases teóricas.....	21
1.3.1. Calidad del agua de mar	21
1.3.2. Parámetros fisicoquímicos	22
1.3.3. Conservación ambiental de la playa.....	22
1.3.4. Parámetros fisicoquímicos del agua marina	23
1.4. Formulación del problema general.....	23
1.4.1. Problema general	23
1.4.2. Problema específico	23
1.5. Objetivos.....	24
1.5.1. Objetivo principal	24
1.5.2. Objetivos Específicos.....	24
1.6. Hipótesis y variables de la investigación.....	24
1.6.1. Hipótesis principal	24
1.6.2. Hipótesis Específica.....	24
1.6.3. Variable independiente.....	24
1.6.4. Variable dependiente	25
1.6.5. Operacionalización de Variables	26
1.7. Justificación e Importancia de Investigación	27
1.7.1. Justificación.....	27
1.7.2. Importancia.....	28
1.8. Marco legal.....	28
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	32
2.1 Área de estudio.....	32
2.2 Metodología de la investigación	34
2.2.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	34
2.2.2 Población y muestra.....	35
2.2.3 Técnica de recolección de datos	36
2.2.4 Instrumentos de recolección de datos	36

2.2.5	Técnicas de procesamiento de datos	37
2.2.6	Análisis e interpretación de los datos.....	37
III.	RESULTADOS	39
3.1.	Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina y la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima.	39
3.1.1.	Hipótesis principal	44
3.2.	Determinar el estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima.	46
3.2.1.	Hipótesis Secundaria (1)	47
3.3.	Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima.	49
3.3.1.	Hipótesis Secundaria (2)	50
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
4.1.	Discusión de resultados de la calidad fisicoquímica del agua marina y la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima.	54
4.2.	Discusión de resultados del estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima.	55
4.3.	Discusión de resultados de la calidad fisicoquímica del agua marina y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima.	57
V.	CONCLUSIONES.....	59
VI.	RECOMENDACIONES	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
VIII.	ANEXO.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	26
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua marina	29
Tabla 3. Ubicación en coordenadas UTM.....	34
Tabla 4. Resultados del muestreo de calidad de agua.....	43
Tabla 5. Se estimó el estadístico de prueba (Estadística Descriptiva), datos obtenidos de la DBO5, Tabla 3 (Monitoreo 0, 02 y 03).....	44
Tabla 6. Contrastación de los datos	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Playa Pucusana, ubicada en el distrito Pucusana, región de Lima	33
Figura 2.	Conservación ambiental de la playa Pucusana	40
Figura 3.	Ubicación de la playa Pucusana.....	41
Figura 4.	Punto de monitoreo de la Playa Pucusana	42
Figura 1.	Distribución de t-Student para el monitoreo de la remoción de la calidad del efluente biológico tratado de aguas residuales.....	45

RESUMEN

La investigación tuvo como **objetivo** determinar la calidad fisicoquímica del agua marina que influye en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, con la finalidad de aportar evidencia técnica sobre las condiciones del entorno marino y su relevancia para la sostenibilidad ecológica. La **estrategia metodológica** se basó en un enfoque aplicado, con diseño no experimental y corte transversal, mediante el muestreo en tres puntos de monitoreo representativos del área costera. Las muestras fueron analizadas en laboratorio para identificar parámetros como aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos, temperatura y conductividad eléctrica, cuyos valores fueron contrastados con la normativa vigente. Los **resultados** evidenciaron que la mayoría de los parámetros se ubicaron dentro de los límites permisibles, reflejando un sistema con condiciones favorables para su funcionamiento natural. No obstante, los sólidos suspendidos superaron el umbral establecido, lo que restringe una conformidad normativa total y sugiere la influencia de factores que requieren seguimiento técnico. La **discusión de resultados** permitió interpretar estos hallazgos desde una perspectiva integral, destacando que la evaluación ambiental debe considerar tanto el comportamiento global del agua como las variaciones específicas que podrían incidir en su estabilidad. Finalmente, se **concluye** que el área estudiada presenta un escenario mayormente compatible con los criterios regulatorios, aunque demanda vigilancia continua para anticipar cambios y fortalecer la protección del ecosistema marino-costero.

Palabras Claves: *Calidad fisicoquímica, agua marina, estándares ambientales, monitoreo costero, sostenibilidad ecológica.*

SUMMARY

The research aimed to determine the physicochemical quality of seawater that influences the environmental conservation of Pucusana Beach, Lima, in order to provide technical evidence on the conditions of the marine environment and its relevance to ecological sustainability. The **methodological strategy** was based on an applied approach, with a non-experimental, cross-sectional design, using sampling at three representative monitoring points along the coastal area. The samples were analyzed in the laboratory to identify parameters such as oils and greases, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, pH, suspended solids, temperature, and electrical conductivity, whose values were compared with current regulations. The **results** showed that most parameters were within permissible limits, reflecting a system with favorable conditions for its natural functioning. However, suspended solids exceeded the established threshold, limiting full regulatory compliance and suggesting the influence of factors requiring technical monitoring. The **discussion of results** enabled interpretation of these findings from a comprehensive perspective, highlighting that environmental assessment must consider both the overall behavior of the water and the specific variations that could affect its stability. In **conclusion**, the studied area presents a scenario largely compatible with regulatory criteria, although continuous monitoring is required to anticipate changes and strengthen the protection of the marine-coastal ecosystem.

Keywords: *Trickling filter; biological wastewater treatment; organic load; BOD₅; biofilm; environmental sanitation.*

I. INTRODUCCIÓN

En el nuevo milenio, la protección de los ecosistemas marino-costeros se ha convertido en una prioridad estratégica dentro de la agenda ambiental global, debido a su papel determinante en la regulación climática, la conservación de la biodiversidad y el sostenimiento de actividades económicas como la pesca y el turismo. En este contexto, la calidad fisicoquímica del agua marina constituye uno de los indicadores más confiables para evaluar la estabilidad ecológica de las playas y la capacidad de resiliencia de los sistemas acuáticos frente a presiones antrópicas crecientes.

El estado del arte evidencia que parámetros como el oxígeno disuelto, el potencial de hidrógeno (pH), la temperatura, la demanda bioquímica y química de oxígeno, los sólidos suspendidos y la presencia de aceites y grasas permiten diagnosticar de manera objetiva el nivel de alteración ambiental de los cuerpos marinos. Investigaciones contemporáneas coinciden en que la variación de estos componentes no solo refleja procesos de contaminación, sino que también anticipa riesgos ecológicos como la eutrofización, la pérdida de biodiversidad y la degradación de hábitats costeros. Por ello, el monitoreo sistemático de estos parámetros se ha consolidado como una herramienta científica indispensable para la gestión sostenible del litoral.

En América Latina, y particularmente en el Perú, la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua representa un avance significativo en la gobernanza ambiental, al establecer límites que garantizan la conservación del ambiente acuático y la protección de la salud pública. Sin embargo, el crecimiento urbano, las descargas residuales, la actividad turística intensiva y el transporte marítimo continúan generando presiones que demandan investigaciones locales capaces de proporcionar evidencia técnica para la toma de decisiones.

La Playa Pucusana, ubicada en la costa central peruana, constituye un espacio de alto valor ecológico y socioeconómico, donde convergen actividades pesqueras, recreativas y comerciales. Evaluar la calidad fisicoquímica de sus aguas no solo permite determinar el cumplimiento de los estándares ambientales vigentes, sino también comprender su implicancia directa en la conservación ambiental del ecosistema costero. Esta relación adquiere especial relevancia en un escenario global caracterizado por el cambio climático, la acidificación oceánica y el incremento de contaminantes emergentes.

La contribución de la presente investigación se proyecta de manera significativa hacia las exigencias científicas y tecnológicas del siglo XXI, así como hacia las crecientes demandas

ambientales que se intensificarán en el horizonte del año 2030, periodo que se encuentra estrechamente vinculado con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En este marco, el estudio se alinea particularmente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6: Agua limpia y saneamiento y el ODS 14: Vida submarina, los cuales promueven la protección de los ecosistemas acuáticos, la conservación de los recursos marinos y la gestión sostenible del agua como elementos esenciales para el bienestar humano y el equilibrio ecológico del planeta.

En este contexto, la investigación aporta evidencia empírica basada en datos obtenidos mediante análisis técnico-científicos, lo cual contribuye a fortalecer los sistemas de monitoreo ambiental en ecosistemas marino-costeros. La generación de información confiable sobre los parámetros fisicoquímicos del agua permite comprender con mayor precisión el estado actual del ambiente marino, identificar posibles presiones ambientales y evaluar el grado de cumplimiento de los estándares normativos establecidos para la protección del entorno acuático.

Asimismo, los resultados obtenidos favorecen la optimización de las estrategias de gestión y planificación de las zonas costeras, al proporcionar elementos técnicos que facilitan la formulación de medidas orientadas a la conservación de la biodiversidad marina, la protección de los servicios ecosistémicos y el uso sostenible de los recursos del litoral. De esta manera, el estudio contribuye al desarrollo de instrumentos de gestión ambiental más eficaces, sustentados en evidencia científica y en criterios de sostenibilidad.

Del mismo modo, la investigación promueve el fortalecimiento de políticas ambientales de carácter preventivo, fundamentadas en información objetiva y verificable, lo que permite anticipar riesgos ambientales y reducir la probabilidad de impactos negativos sobre los ecosistemas marinos. Este enfoque basado en datos representa un avance respecto a los modelos tradicionales de gestión ambiental, que históricamente han estado orientados a responder a los problemas una vez que estos ya se han manifestado.

En consecuencia, el aporte del estudio trasciende el ámbito académico, ya que contribuye al desarrollo de herramientas técnicas para la toma de decisiones en la gestión ambiental costera, fortaleciendo las capacidades institucionales para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros. De esta manera, la investigación se integra dentro de una visión contemporánea de la ciencia aplicada al desarrollo sostenible, orientada a la protección del ambiente marino y al bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Asimismo, esta investigación trasciende el diagnóstico técnico al consolidarse como un instrumento para la planificación ambiental sostenible, contribuyendo al desarrollo de modelos de conservación que integren ciencia, normativa y participación social. En consecuencia, analizar la calidad fisicoquímica del agua marina y su implicancia en la conservación ambiental de la Playa Pucusana no solo responde a una necesidad académica, sino que representa un aporte estratégico para garantizar la protección de los ecosistemas marinos frente a los desafíos ambientales del nuevo milenio.

1.1. Situación problemática

En la actualidad, los ecosistemas marinos experimentan múltiples presiones asociadas a las actividades humanas que se desarrollan en las zonas costeras. El crecimiento de los asentamientos urbanos cercanos al litoral, la intensificación del turismo, las prácticas pesqueras y la disposición inadecuada de residuos o efluentes constituyen factores que pueden modificar las condiciones naturales del ambiente marino. Estas intervenciones generan cambios en las características físicas y químicas del agua, alterando variables como la concentración de nutrientes, la presencia de materia orgánica, la transparencia del agua y la disponibilidad de oxígeno disuelto. A medida que las actividades antrópicas se incrementan en el entorno costero, también aumenta la posibilidad de que se produzcan alteraciones en la dinámica ecológica del sistema marino. La introducción de sustancias provenientes de descargas domésticas, el arrastre de materiales particulados y la acumulación de residuos pueden afectar los procesos naturales que regulan el equilibrio del ecosistema. Estos cambios pueden repercutir en la calidad del agua y, en consecuencia, influir en la estabilidad de las comunidades biológicas que dependen de este medio para su desarrollo [1].

Frente a este escenario, resulta fundamental fortalecer los estudios orientados a comprender el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua marina, ya que estos constituyen indicadores clave para evaluar el estado ambiental de los ecosistemas costeros. La generación de información científica confiable permite identificar posibles alteraciones, comprender su origen y contribuir a la formulación de estrategias de manejo que promuevan la conservación del entorno marino y el uso responsable de los recursos naturales asociados a estos espacios [2]. La playa Pucusana, ubicada en la franja costera central del Perú, se encuentra expuesta a diversas presiones ambientales asociadas a su proximidad con la ciudad de Lima y a la creciente interacción entre las actividades humanas y el entorno marino. Su atractivo paisajístico y recreativo la convierte en un destino frecuentemente visitado por turistas y residentes, lo que incrementa el uso del espacio litoral y genera una mayor demanda de servicios vinculados al turismo y a las actividades recreativas. A ello se suma la presencia de una importante actividad pesquera artesanal que constituye una fuente tradicional de sustento para la población local.

La combinación de estos factores puede incrementar la probabilidad de que se produzcan impactos sobre el ambiente marino si no se implementan mecanismos adecuados de manejo y control. La descarga de aguas residuales, la presencia de residuos sólidos y el arrastre de materiales provenientes de zonas urbanas cercanas pueden alterar las condiciones naturales del agua y afectar la calidad ambiental del ecosistema costero. Asimismo, la acumulación de desechos en el litoral o su eventual ingreso al mar puede generar efectos sobre la biodiversidad y sobre las actividades económicas que dependen directamente de la salud

del ecosistema. En este contexto, resulta fundamental desarrollar estudios que permitan comprender las características del agua marina y evaluar las posibles variaciones en sus propiedades fisicoquímicas. Este tipo de investigaciones contribuye a identificar tempranamente posibles alteraciones, facilita la toma de decisiones informadas y promueve la adopción de estrategias orientadas a la protección del entorno marino-costero, garantizando así la sostenibilidad de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades vinculadas a este espacio[3].

Estas presiones pueden reflejarse en cambios en diversos indicadores que permiten evaluar la condición del agua marina. Entre ellos destaca la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que se incrementa cuando existe mayor presencia de materia orgánica susceptible de degradación. Del mismo modo, la concentración de sólidos en suspensión puede aumentar debido al arrastre de sedimentos o residuos, lo que afecta la transparencia del agua y modifica ciertos procesos ecológicos. La presencia de hidrocarburos también constituye un factor relevante, ya que su incorporación al medio acuático puede alterar las características químicas del agua y afectar a los organismos que habitan en este entorno. Asimismo, variaciones en el pH pueden indicar cambios en el equilibrio químico del sistema marino, mientras que la disminución del oxígeno disuelto representa un aspecto crítico, puesto que este elemento es esencial para la respiración de muchas especies acuáticas. Cuando los niveles de oxígeno se reducen, los organismos pueden experimentar condiciones de estrés que alteran su desarrollo y supervivencia. Por esta razón, el monitoreo de estos parámetros fisicoquímicos resulta fundamental para comprender el estado del ecosistema marino, ya que en conjunto ofrecen una visión integral sobre la salud ambiental del agua y permiten identificar posibles señales de alteración que requieran atención técnica y medidas de gestión adecuadas [4].

Este problema se relaciona directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por las Naciones Unidas, particularmente con el ODS 14, orientado a la conservación y uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos, así como con el ODS 6, que promueve la gestión integral del agua y la reducción de las fuentes de contaminación que afectan su calidad. Ambos objetivos resaltan la necesidad de fortalecer las acciones destinadas a proteger los ecosistemas acuáticos y asegurar que los recursos hídricos sean gestionados de manera responsable [5].

En este contexto, la problemática asociada a la calidad del agua marina requiere ser abordada mediante enfoques integrales que articulen el conocimiento científico, la gestión ambiental y la cooperación institucional. La evaluación y el control de los contaminantes presentes en los cuerpos de agua permiten identificar presiones ambientales y orientar estrategias que contribuyan a preservar la integridad de los ecosistemas marinos. De esta manera, se promueve la protección de los recursos oceánicos y se garantiza que su

aprovechamiento se realice de forma equilibrada, asegurando su disponibilidad y conservación para las generaciones presentes y futuras [6]. La alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua marina puede generar efectos adversos en distintos componentes del entorno costero. Estas modificaciones pueden disminuir la diversidad biológica al afectar las condiciones necesarias para la supervivencia y reproducción de numerosas especies marinas. Asimismo, el deterioro de la calidad del agua repercute en los servicios ecosistémicos que brindan los ambientes marinos, como la regulación natural de procesos biogeoquímicos y el soporte de cadenas tróficas. De igual manera, estas alteraciones pueden impactar en las actividades económicas desarrolladas por las comunidades costeras, particularmente en sectores como la pesca y el turismo, que dependen de la integridad del ecosistema. Además, determinados contaminantes presentes en el medio acuático pueden incorporarse a los organismos vivos y transferirse a lo largo de la cadena alimentaria, lo que incrementa los riesgos potenciales para la salud humana [7]. El cambio climático intensifica estas presiones ambientales al modificar las condiciones físicas y químicas del océano, generando alteraciones en procesos como la temperatura del agua, la salinidad, la circulación marina y la dinámica de los nutrientes. Estas variaciones pueden amplificar los efectos de otros factores de impacto presentes en las zonas costeras, contribuyendo a cambios en la calidad del agua y en el funcionamiento de los ecosistemas marinos. En consecuencia, los ambientes litorales se vuelven más vulnerables frente a perturbaciones ambientales, lo que hace necesario fortalecer las estrategias de monitoreo, adaptación y gestión sostenible para proteger la estabilidad ecológica de las áreas costeras [8]. Frente a este escenario, surge la necesidad de investigaciones científicas que generen información precisa y actualizada sobre la calidad fisicoquímica del agua marina en áreas de alta presión antrópica, como es el caso de Pucusana, tanto para dar cumplimiento a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM en Perú [9]. De esta manera, la generación de información científica rigurosa contribuye a fortalecer el conocimiento sobre el estado de los ecosistemas marino-costeros y aporta evidencia relevante para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente aquellos relacionados con la protección de la vida submarina y la gestión responsable de los recursos naturales. El análisis sistemático de los parámetros fisicoquímicos del agua permite comprender la dinámica ambiental del medio marino, identificar posibles señales de alteración y establecer criterios técnicos que orienten el diseño de estrategias de gestión ambiental sostenible [2].

En este sentido, la evaluación de dichos parámetros adquiere una importancia fundamental, ya que facilita la detección temprana de riesgos ambientales, contribuye a la protección de la biodiversidad marina y proporciona información útil para la planificación de medidas de conservación. Asimismo, este tipo de estudios permite generar bases técnicas que apoyen

la formulación de políticas públicas, programas de monitoreo y acciones de manejo orientadas a preservar el equilibrio ecológico de las zonas costeras. De esta manera, se promueve un modelo de desarrollo en el que las actividades humanas puedan desarrollarse de forma responsable y compatible con la conservación del ambiente, garantizando [5].

1.2. Antecedentes del problema

1.2.1. Antecedentes internacionales

Numerosas investigaciones realizadas en distintos contextos geográficos han puesto de manifiesto que las características físicas y químicas del agua costera constituyen uno de los referentes principales para evaluar la condición ambiental de los ecosistemas marinos. El seguimiento de estos atributos permite conocer cómo responden los sistemas acuáticos frente a factores naturales y a presiones de origen humano, proporcionando información esencial para comprender su estabilidad y funcionamiento. En este sentido, el monitoreo de variables fisicoquímicas se ha consolidado como una herramienta clave para identificar cambios en la calidad del agua y anticipar posibles alteraciones en el equilibrio ecológico [10].

Estudios desarrollados en diversas regiones marinas, incluyendo áreas del Mediterráneo, el mar Báltico y sectores del océano Pacífico, han evidenciado que ciertos indicadores resultan especialmente útiles para diagnosticar el estado del ambiente costero. Entre estos destacan la concentración de sólidos suspendidos, las variaciones en el pH, la presencia de hidrocarburos, la demanda bioquímica de oxígeno y los niveles de oxígeno disuelto, así como otros parámetros relacionados con la composición química del agua. La observación conjunta de estas variables permite detectar procesos de contaminación, reconocer señales asociadas a fenómenos de eutrofización y evaluar posibles efectos sobre la biodiversidad marina [10].

El análisis de estos indicadores no solo contribuye a identificar problemas ambientales existentes, sino que también facilita la formulación de medidas orientadas a la gestión y protección de los ecosistemas marino-costeros. De esta manera, la información obtenida a partir del monitoreo fisicoquímico del agua se convierte en una base científica relevante para apoyar estrategias de conservación, promover el uso responsable de los recursos marinos y fortalecer las acciones destinadas a preservar la integridad de los ambientes costeros [11].

Diversas investigaciones realizadas en zonas costeras de Europa han evidenciado que el aumento en la carga de nutrientes y materia orgánica en el agua marina puede generar alteraciones significativas en el equilibrio de los ecosistemas. Este fenómeno suele manifestarse mediante incrementos en indicadores como la

demanda bioquímica de oxígeno y la concentración de sólidos suspendidos, variables que reflejan la presencia de compuestos orgánicos y partículas en el medio acuático. Cuando estos componentes se acumulan en niveles elevados, pueden favorecer procesos de enriquecimiento excesivo del agua, alterando la dinámica natural de los sistemas marinos. Como consecuencia de estas condiciones, se han observado episodios de proliferación de algas nocivas que afectan la transparencia del agua y modifican las condiciones químicas del entorno. Estos eventos pueden derivar en la reducción del oxígeno disponible en determinadas zonas del mar, fenómeno conocido comúnmente como áreas de baja oxigenación o “zonas muertas”, donde muchas especies encuentran dificultades para sobrevivir. Tales situaciones repercuten directamente en la estructura de las comunidades marinas, alterando las cadenas tróficas y disminuyendo la diversidad biológica. Además de sus implicaciones ecológicas, estos cambios también pueden generar efectos en las actividades económicas vinculadas al litoral [12]. La pesca, el turismo y otras actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos marinos pueden verse afectados cuando las condiciones ambientales se deterioran. Por ello, numerosos estudios destacan la importancia de monitorear de manera continua los parámetros fisicoquímicos del agua costera, ya que su seguimiento permite detectar tempranamente posibles desequilibrios y contribuir al desarrollo de estrategias orientadas a la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas marinos [12].

En Asia, investigaciones realizadas en aguas costeras de China y el sudeste asiático han documentado deterioro en la calidad fisicoquímica del agua marina por vertimientos industriales y urbanos, identificando la acumulación de aceites, grasas y metales pesados como amenazas significativas para la fauna marina y la salud pública [13]. Este problema se relaciona directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por las Naciones Unidas, particularmente con el ODS 14, orientado a la conservación y uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos, así como con el ODS 6, que promueve la gestión integral del agua y la reducción de las fuentes de contaminación que afectan su calidad. Ambos objetivos resaltan la necesidad de fortalecer las acciones destinadas a proteger los ecosistemas acuáticos y asegurar que los recursos hídricos sean gestionados de manera responsable.

En este contexto, la problemática asociada a la calidad del agua marina requiere ser abordada mediante enfoques integrales que articulen el conocimiento científico, la gestión ambiental y la cooperación institucional. La evaluación y el control de los contaminantes presentes en los cuerpos de agua permiten

identificar presiones ambientales y orientar estrategias que contribuyan a preservar la integridad de los ecosistemas marinos. De esta manera, se promueve la protección de los recursos oceánicos y se garantiza que su aprovechamiento se realice de forma equilibrada, asegurando su disponibilidad y conservación para las generaciones presentes y futuras [14].

Estos hallazgos resaltan la importancia de mantener un seguimiento constante de los parámetros fisicoquímicos del agua marina, no solo para verificar el cumplimiento de las normas ambientales vigentes, sino también como un componente fundamental dentro de las estrategias de planificación y manejo de los ecosistemas costeros. El monitoreo sistemático permite identificar cambios en las condiciones del medio acuático, generar información confiable para la toma de decisiones y orientar acciones preventivas que contribuyan a la protección del entorno marino. Asimismo, este tipo de evaluación se alinea con los principios del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14, el cual promueve la conservación y el uso responsable de los océanos, mares y recursos marinos, destacando la necesidad de fortalecer las medidas destinadas a preservar la biodiversidad y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas marino-costeros [15].

En el ámbito internacional, entidades como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO han resaltado la necesidad de desarrollar sistemas permanentes de vigilancia de la calidad del agua marina. Estas iniciativas de monitoreo continuo permiten generar información científica confiable sobre las condiciones del ecosistema costero, detectar oportunamente cambios en los parámetros ambientales y fortalecer la gestión sostenible de los recursos marinos. Asimismo, la implementación de estos programas facilita la adopción de medidas preventivas orientadas a la protección de la biodiversidad, la conservación de los ecosistemas marinos y la reducción de riesgos ambientales que puedan afectar a las poblaciones costeras [11].

Estas instituciones promueven la utilización de metodologías estandarizadas que garanticen la obtención de datos confiables y comparables entre diferentes zonas costeras. El empleo de procedimientos uniformes en la evaluación ambiental permite interpretar con mayor precisión las variaciones en la calidad del agua, identificar tendencias a lo largo del tiempo y reconocer de manera anticipada posibles amenazas para el equilibrio ecológico. Asimismo, la aplicación de estos enfoques metodológicos fortalece las estrategias de gestión ambiental y

contribuye a la conservación de los ecosistemas marinos mediante decisiones sustentadas en evidencia científica [16].

Las evidencias generadas en distintos contextos internacionales constituyen un soporte científico importante para justificar la realización de estudios a escala local, como el desarrollado en la Playa Pucusana, enfocado en examinar las características fisicoquímicas del agua marina y su vínculo con la conservación del entorno costero. La literatura especializada señala que los destinos turísticos con elevada afluencia de visitantes suelen enfrentar desafíos ambientales asociados a la gestión de residuos sólidos, así como al manejo y tratamiento adecuado de las aguas residuales. Estas situaciones pueden generar presiones adicionales sobre los ecosistemas marino-costeros, por lo que resulta fundamental contar con investigaciones que permitan comprender las condiciones ambientales del área y orientar medidas de manejo sostenible del litoral [17].

Hacen hincapié en que el agua costera se enfrenta a una frecuente contaminación humana que requiere un monitoreo constante de los patógenos en lugares de descanso para prevenir los riesgos para la salud. En el estudio, los parámetros químicos y físicos de Kidds Strand y la carga microbiana, evaluados en seis puntos con métodos estandarizados, se analizaron mediante correlaciones de ANOVA y Spearman (95%). Los resultados mostraron variaciones significativas ($p < 0.05$) entre lugares:

pH (7.21-8.23)

Temperatura (18.46-27.63 ° C)

Turbidez (0-25.67 NTU)

Conductividad (22,723-62,067 $\mu\text{s/cm}$)

Sólidos disueltos (7,662-31,037 mg/L)

Salinidad (8.95-41.84 psu) [18].

En su contribución, se sostiene que para garantizar que las playas mantengan una adecuada calidad ecológica, tanto para la población que las utiliza como para los organismos que habitan en el medio acuático, es indispensable desarrollar procesos permanentes de investigación y monitoreo del entorno marino. Estas acciones permiten evaluar de manera continua las condiciones ambientales del agua, identificar posibles fuentes de alteración y generar información científica que facilite la adopción de medidas oportunas de protección.

Asimismo, el monitoreo sistemático del ecosistema marino-costero contribuye a preservar el equilibrio ecológico, proteger la biodiversidad marina y asegurar que las actividades humanas vinculadas al litoral se desarrollen bajo criterios de

sostenibilidad. En este sentido, la investigación científica y el seguimiento ambiental constituyen herramientas fundamentales para fortalecer la gestión ambiental de las playas y promover la conservación del entorno marino en beneficio de la sociedad y de los ecosistemas acuáticos[19].

1.2.2. Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional, diversas investigaciones han evaluado las características fisicoquímicas del agua marina en distintos sectores del litoral peruano, evidenciando que las condiciones del ambiente costero pueden verse influenciadas por múltiples actividades desarrolladas por la población. Entre los factores que con mayor frecuencia se asocian a cambios en la calidad del agua se encuentran las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, la intensidad de la actividad pesquera y el incremento del turismo en zonas cercanas al mar. Estas intervenciones pueden introducir materia orgánica, residuos y otras sustancias que alteran las propiedades naturales del medio acuático [16].

Estudios realizados en áreas costeras de Lima, Callao y otras regiones del país han identificado que ciertos indicadores fisicoquímicos permiten reconocer la presencia de estos impactos. Entre los parámetros más utilizados destacan la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la concentración de sólidos suspendidos, la presencia de aceites y grasas y las variaciones en el pH del agua. El análisis de estas variables facilita la detección de aportes provenientes de descargas domésticas o industriales y permite comprender de qué manera estas influyen en el equilibrio del ecosistema marino. De esta forma, el monitoreo de dichos indicadores se convierte en una herramienta fundamental para evaluar el estado ambiental de las zonas costeras y orientar acciones destinadas a su protección y manejo sostenible [20].

En investigaciones realizadas en la bahía del Callao se ha observado que la presencia de altas concentraciones de sólidos en suspensión, junto con la disminución del oxígeno disuelto en sectores próximos a descargas urbanas, puede afectar el equilibrio del ambiente marino. Estas condiciones reducen la calidad del hábitat disponible para diversas especies, generando efectos negativos sobre los organismos que dependen de un adecuado intercambio de oxígeno y de la transparencia del agua para su desarrollo. Además de sus implicancias ecológicas, estas alteraciones también pueden repercutir en las actividades económicas vinculadas al litoral, ya que la pesca y el turismo dependen directamente de la buena condición ambiental del ecosistema marino [21].

En la región de Ica, diversos estudios realizados en sectores del litoral han evidenciado alteraciones ambientales asociadas a actividades humanas,

especialmente aquellas vinculadas a la industria pesquera y al crecimiento urbano cercano a la costa. Estas actividades pueden generar aportes de residuos y efluentes que incrementan la carga orgánica presente en el agua marina. Como consecuencia, se han registrado variaciones en parámetros relacionados con la calidad del agua, tales como el aumento de materia orgánica y la presencia de mayores concentraciones de sólidos suspendidos. Estas condiciones pueden modificar las características naturales del medio acuático y afectar el funcionamiento del ecosistema marino si no se gestionan adecuadamente. Por ello, la evaluación periódica de estos indicadores resulta fundamental para comprender la dinámica ambiental del litoral y orientar acciones destinadas a la protección y manejo responsable de los recursos marino-costeros [22].

El Ministerio del Ambiente (MINAM) señala en diversos reportes que las zonas costeras con mayor desarrollo urbano, como Pucusana, presentan una elevada sensibilidad frente a los cambios ambientales. Esta situación se relaciona con la presencia simultánea de actividades económicas intensivas y con limitaciones en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, factores que pueden incrementar la presión sobre los ecosistemas marinos. Como resultado, estos entornos requieren una atención especial en materia de monitoreo y gestión ambiental, a fin de prevenir posibles alteraciones en la calidad del agua y proteger la integridad del sistema marino-costero [23].

El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, representa un avance fundamental en la regulación peruana al definir límites máximos permisibles para parámetros fisicoquímicos clave como aceites y grasas, DBO, pH y sólidos suspendidos, con el objetivo de preservar los ecosistemas acuáticos y proteger la salud pública, lo que resulta particularmente relevante para zonas costeras como Pucusana donde el monitoreo de estos parámetros es esencial debido a su vulnerabilidad ambiental reportada por el MINAM [24].

El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, representa un avance fundamental en la regulación peruana al definir límites máximos permisibles para parámetros fisicoquímicos clave como aceites y grasas, DBO, pH y sólidos suspendidos, con el objetivo de preservar los ecosistemas acuáticos y proteger la salud pública, lo que resulta particularmente relevante para zonas costeras como Pucusana donde el monitoreo de estos parámetros es esencial debido a su vulnerabilidad ambiental reportada por el MINAM [25].

1.2.3. Antecedentes locales

La revisión de fuentes científicas muestra una escasa producción investigativa enfocada en el análisis integral de la calidad fisicoquímica del agua marina en el distrito de Pucusana; en particular, no se identifican estudios que examinen de manera directa cómo estos parámetros influyen en el equilibrio de sus ecosistemas marino-costeros. Esta falta de antecedentes configura un vacío relevante en el conocimiento ambiental local, ya que limita la comprensión de los factores que podrían estar condicionando la estabilidad ecológica, la biodiversidad y la capacidad de resiliencia del entorno frente a presiones antrópicas y cambios naturales. Frente a esta situación, resulta pertinente apoyarse en evidencia generada en áreas litorales con características oceanográficas semejantes, donde se ha demostrado que las variaciones en parámetros como el oxígeno disuelto, el pH, la temperatura y la carga orgánica pueden modificar significativamente la dinámica biológica y la calidad del hábitat marino; sin embargo, tales referencias no sustituyen la necesidad de estudios contextualizados, debido a la singularidad geográfica y ambiental de cada sistema costero. En este sentido, producir evidencia empírica en Pucusana se convierte en una tarea prioritaria para establecer una línea base científica que permita fortalecer la gestión ambiental, orientar estrategias de conservación y respaldar decisiones sustentadas en datos, contribuyendo así a una comprensión más rigurosa del estado ecológico de la zona y a la protección sostenible de sus recursos en el escenario ambiental.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Calidad del agua de mar

La contaminación del agua marina constituye un desafío ambiental de alcance global que incide directamente en la calidad ecológica de las playas, cuya evaluación se realiza a partir de diversos estándares de calidad establecidos por organismos ambientales. Este fenómeno tiene su origen en múltiples fuentes, entre las que destacan la acumulación de residuos sólidos, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado, la escorrentía procedente de zonas urbanas y el aporte de desechos provenientes de actividades humanas y animales [26]. Tales factores generan efectos adversos que comprometen la salud de las poblaciones costeras, alteran el equilibrio de los ecosistemas marinos y afectan actividades económicas fundamentales como la pesca y el turismo. No obstante, aunque las consecuencias de la contaminación son ampliamente reconocidas, la identificación precisa de sus fuentes y la cuantificación de su contribución

relativa resultan procesos complejos, debido a la interacción de múltiples factores ambientales y antrópicos que influyen en la dinámica del medio marino [27].

1.3.2. Parámetros fisicoquímicos

La contaminación del agua oceánica constituye una problemática de alcance global que demanda especial atención desde las perspectivas ambiental y sanitaria. La evaluación de la calidad del agua en las playas se realiza generalmente mediante la aplicación de estándares establecidos por normativas nacionales o por organismos internacionales; sin embargo, dichos criterios pueden variar entre países debido a diferencias en los marcos regulatorios, las condiciones ambientales y los enfoques de gestión utilizados para la protección de los ecosistemas marino-costeros y la salud de la población [28]. La presencia de contaminantes en la arena de las playas y en las aguas marinas cercanas a la costa suele estar asociada a diversas fuentes de origen antrópico. Entre las más relevantes se encuentran la disposición inadecuada de residuos sólidos, el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo, la escorrentía procedente de áreas urbanas durante eventos de lluvia y el aporte de corrientes fluviales que transportan altas cargas de materia orgánica y desechos de origen animal hacia el litoral [18]. Estos fenómenos pueden ocasionar un progresivo deterioro de las condiciones ambientales en los ecosistemas costeros, alterando el equilibrio natural del medio marino. Como consecuencia, se incrementa la probabilidad de efectos adversos que no solo comprometen la integridad de la biodiversidad acuática, sino que también pueden representar riesgos para la salud de las poblaciones humanas que utilizan estos espacios para actividades recreativas, productivas o turísticas. Por ello, la preservación de la calidad ambiental en las zonas litorales constituye un aspecto clave para garantizar la sostenibilidad ecológica y el bienestar de las comunidades vinculadas a estos entornos [29].

1.3.3. Conservación ambiental de la playa

La conservación ambiental de la playa engloba acciones y políticas para proteger, mantener y restaurar los ecosistemas costeros, sus recursos, biodiversidad y procesos. Busca asegurar su integridad física, química y biológica, garantizando que continúen brindando servicios ambientales y beneficios socioeconómicos a futuras generaciones. Esto implica prevenir la contaminación, gestionar actividades humanas de forma sostenible, proteger especies y hábitats vulnerables, y concienciar a la comunidad sobre el valor ecológico y cultural de las playas [30].

1.3.4. Parámetros fisicoquímicos del agua marina

Los indicadores fisicoquímicos permiten caracterizar las propiedades naturales y el estado de calidad del agua. Entre ellos, el pH determina el grado de acidez o alcalinidad del medio acuático, el oxígeno disuelto (OD) refleja la capacidad del agua para sostener la vida de organismos acuáticos y la temperatura influye directamente en la solubilidad de los gases y en los procesos bioquímicos que ocurren en el sistema. Asimismo, la salinidad indica la concentración de sales disueltas presentes en el agua, mientras que los sólidos totales disueltos (STD) cuantifican la cantidad de partículas y minerales disueltos, constituyendo parámetros fundamentales para evaluar las condiciones fisicoquímicas y el equilibrio ecológico de los cuerpos de agua [31]. Estos parámetros fisicoquímicos mantienen una interacción dinámica dentro del ecosistema acuático, por lo que sus valores pueden variar de manera significativa cuando el sistema es sometido a presiones externas. Entre los factores que influyen en estas variaciones destacan los vertimientos de aguas residuales, la presión turística en zonas costeras, el crecimiento urbano en el litoral y los efectos asociados al calentamiento global, los cuales alteran el equilibrio natural y la calidad ambiental del agua [32].

1.4. Formulación del problema general

La formulación del problema se fundamenta en la necesidad científica de comprender de qué manera la calidad fisicoquímica del agua marina influye en el equilibrio ecológico de la Playa Pucusana, considerando que parámetros como el pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y sólidos disueltos constituyen indicadores clave para evaluar el estado ambiental de los ecosistemas costeros. Desde la perspectiva del estado del arte, estos indicadores han sido ampliamente utilizados en estudios oceanográficos y de gestión ambiental para determinar procesos de degradación, presión antrópica y cambios en la dinámica natural de los sistemas marinos.

Sin embargo, la limitada disponibilidad de investigaciones específicas en el contexto local dificulta identificar con precisión posibles alteraciones que podrían afectar la biodiversidad marina, la calidad del hábitat y el uso sostenible del litoral. Esta carencia de información científica restringe además la adecuada evaluación del cumplimiento de los estándares ambientales vigentes y la toma de decisiones basada en evidencia.

1.4.1. Problema general

¿De qué manera la calidad fisicoquímica del agua marina influye en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, 2025?

1.4.2. Problema específico

PE1: ¿Cuál es el estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima, 2025?.

PE2: ¿En qué medida la calidad fisicoquímica del agua marina cumple con los Estándares de Calidad Ambiental en la Playa Pucusana, Lima, 2025?.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo principal

Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina que influye en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, 2025.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar el estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

OE2: Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina que cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

1.6. Hipótesis y variables de la investigación

1.6.1. Hipótesis principal

La calidad fisicoquímica del agua marina influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, durante el año 2025.

1.6.2. Hipótesis Específica

HE1: El estado fisicoquímico del agua marina de la Playa Pucusana cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la conservación del ambiente acuático, 2025.

HE2: La calidad fisicoquímica del agua marina presenta un nivel de cumplimiento conforme con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

1.6.3. Variable independiente

Calidad fisicoquímica del agua marina: La calidad fisicoquímica del agua marina se define como el conjunto de características medibles que describen el estado natural o alterado de un cuerpo de agua, determinadas a partir de parámetros como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, la conductividad eléctrica, la demanda bioquímica y química de oxígeno, así como la concentración de sólidos y sustancias grasas. Estos elementos permiten evaluar el grado de equilibrio del ecosistema acuático y su aptitud para sostener la vida marina, además de identificar posibles fuentes de contaminación. Su análisis constituye una herramienta científica fundamental para el monitoreo ambiental, ya que facilita la comparación con estándares normativos y contribuye a la toma de decisiones orientadas a la protección y uso sostenible de los recursos marino-costeros [4].

1.6.4. Variable dependiente

Conservación ambiental: La conservación ambiental es el conjunto de acciones orientadas a proteger, mantener y gestionar de manera responsable los recursos naturales para garantizar el equilibrio de los ecosistemas y su continuidad en el tiempo. Este enfoque implica prevenir la degradación del entorno, controlar las fuentes de contaminación y promover el uso sostenible de los bienes naturales sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. En los espacios marino-costeros, la conservación ambiental resulta esencial para preservar la biodiversidad, sostener los servicios ecosistémicos y reducir los impactos derivados de las actividades humanas, convirtiéndose en un principio clave para la planificación territorial y la gestión ambiental moderna [9].

1.6.5. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
VI: Calidad fisicoquímica del agua marina	“En diversas zonas costeras de América Latina y el Caribe, el deterioro de las playas se relaciona principalmente con descargas domésticas sin tratamiento, lo que representa un riesgo para la salud colectiva; asimismo, fallas en la infraestructura de saneamiento pueden provocar vertimientos imprevistos que afectan la calidad del entorno marino” [33]	D_{I,1}: “Estado fisicoquímico del agua marina”	I_{I,1,1}: Conductividad eléctrica, I_{I,1,2}: Temperatura, I_{I,1,3}: pH, I_{I,1,4}: OD I_{I,1,5}: DBO ₅ I_{I,1,6}: SST I_{I,1,7}: Aceites y grasas
Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
VD: Conservación ambiental	“Para mantener condiciones ecológicas apropiadas en las playas, tanto para las personas como para los organismos marinos, es indispensable efectuar evaluaciones periódicas del entorno costero que permitan orientar acciones destinadas a su cuidado y preservación” [19]	D_{D,1}: “Cumplimiento de estándares ambientales”	I_{D,1,1}: Nivel de cumplimiento (Cumple / No cumple), I_{D,1,2}: Grado de desviación respecto al ECA, I_{D,1,3}: Clasificación de la calidad del agua,

1.7. Justificación e Importancia de Investigación

1.7.1. Justificación

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de analizar y comprender las condiciones fisicoquímicas del agua marina en zonas costeras expuestas a una creciente influencia de actividades humanas, como ocurre en la Playa Pucusana, situada en el litoral peruano. Este espacio litoral posee una importancia significativa tanto desde el punto de vista ambiental como socioeconómico, debido a su vinculación con actividades turísticas, pesqueras y recreativas que contribuyen al desarrollo de la población local. En este contexto, resulta esencial evaluar las características del agua marina para identificar su estado ambiental y prevenir posibles alteraciones que puedan afectar el equilibrio del ecosistema. Asimismo, la contrastación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM constituye un referente técnico clave para interpretar las condiciones del medio marino y orientar decisiones relacionadas con la gestión ambiental y la protección de los recursos costeros.

No obstante, el incremento progresivo de las actividades humanas en las zonas costeras, entre ellas la mayor afluencia turística, el movimiento asociado a actividades portuarias y la posible descarga de efluentes residuales, pueden generar modificaciones en las características fisicoquímicas del agua marina. Estas presiones antrópicas tienen la capacidad de alterar el equilibrio natural del ecosistema, afectando la calidad del agua, la estabilidad de los hábitats marinos y el funcionamiento de los procesos ecológicos que sostienen la biodiversidad. Asimismo, tales cambios pueden repercutir en la seguridad sanitaria de las áreas destinadas a la recreación y en la sostenibilidad de actividades económicas vinculadas al litoral, como la pesca artesanal y el turismo.

En este contexto, la investigación adquiere un valor relevante al proporcionar información científica que permite comprender mejor las condiciones ambientales del entorno marino y detectar posibles señales de alteración en los parámetros evaluados. La evidencia generada contribuye a fortalecer los programas de monitoreo ambiental, respalda la formulación de decisiones basadas en datos técnicos y orienta el diseño de estrategias de manejo que promuevan la conservación del ecosistema costero. De esta manera, el estudio aporta elementos que favorecen la protección del equilibrio ecológico del litoral y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales presentes en la zona marina de la Playa Pucusana [34].

1.7.2. Importancia

La relevancia de la presente investigación se sustenta en la generación de información científica que permite comprender con mayor precisión las condiciones actuales de la calidad fisicoquímica del agua marina en la Playa Pucusana, un entorno costero que posee gran importancia para la zona sur de Lima debido a su valor ecológico, recreativo y productivo. El estudio de variables como el pH, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno, los sólidos suspendidos y la presencia de aceites y grasas proporciona elementos técnicos que facilitan la caracterización del estado ambiental del cuerpo de agua y su comparación con los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental definidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. A partir de esta evaluación es posible identificar tendencias en la calidad del agua, reconocer posibles presiones ambientales y valorar el grado de correspondencia entre las condiciones observadas y los niveles considerados adecuados para la conservación de los ecosistemas marinos.

Del mismo modo, la información obtenida adquiere un papel relevante para la gestión ambiental del litoral, ya que permite anticipar escenarios de riesgo, orientar estrategias preventivas y fortalecer las acciones de monitoreo destinadas a la protección del medio marino. Los resultados también aportan elementos de análisis que contribuyen a salvaguardar la diversidad biológica asociada a los ecosistemas costeros y a preservar condiciones adecuadas para la salud de la población que utiliza estos espacios con fines recreativos. Asimismo, la conservación de la calidad ambiental del agua resulta esencial para garantizar la continuidad de actividades económicas como la pesca artesanal y el turismo, que dependen directamente del equilibrio del ecosistema marino. En este sentido, la investigación se proyecta como un instrumento técnico de apoyo para la toma de decisiones, la planificación ambiental y la implementación de medidas orientadas al uso sostenible de los recursos marino-costeros.

1.8. Marco legal

La presente investigación se sustenta en una serie de normas legales que rigen la protección del ambiente marino y la vigilancia de la calidad del agua en el territorio peruano.

1.8.1. Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que establece los **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua**, estableciendo valores de referencia y límites máximos permitidos para diversos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en los cuerpos de agua destinados a actividades recreativas, como ocurre en el caso de las playas. Estos criterios permiten evaluar si las condiciones del agua resultan adecuadas para el contacto humano y para el mantenimiento del

equilibrio ambiental, contribuyendo así a la protección de la salud de los usuarios y a la conservación de los ecosistemas marino-costeros [24].

Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua marina

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad	Estándar ECA – D.S. 004-2017-MINAM
		CATEGORIA 4. E3: (Marinos)
“Aceites y grasas”	mg/L	≤ 5
“Conductividad eléctrica”	$\mu\text{S}/\text{cm}$	No especificado
“Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)”	mg/L	≤ 10
“Oxígeno disuelto”	mg/L	≥ 4
“pH”	Unidad	6.8 – 8.5
“Sólidos Totales Suspendidos”	mg/L	≤ 30
Temperatura	°C	$\Delta \leq 2$ °C respecto a la natural

1.8.2. Ley General del Ambiente – Ley N.º 28611 establece el marco normativo orientado a la protección y conservación del ambiente, promoviendo la adopción de tecnologías limpias, métodos sostenibles y herramientas científicas que permitan prevenir, controlar y reducir los impactos ambientales. Asimismo, este marco legal busca garantizar que las actividades humanas se desarrollen bajo criterios de responsabilidad ambiental, asegurando el derecho fundamental de la población a habitar en un entorno equilibrado, saludable y adecuado para el desarrollo de la vida [35]. Esta normativa respalda la implementación de un enfoque preventivo dentro de la gestión ambiental, orientado a anticipar y reducir posibles alteraciones antes de que se conviertan en problemas que afecten de manera significativa al entorno natural. Bajo esta perspectiva, el monitoreo ambiental adquiere un papel estratégico, ya que permite observar de forma sistemática el comportamiento de los recursos naturales, detectar variaciones en su calidad y generar información técnica confiable que sirva de base para la planificación y la toma de decisiones. A través de estos procesos de seguimiento es posible identificar tendencias, reconocer factores de presión sobre los ecosistemas y establecer medidas de control oportunas. En consecuencia, la aplicación permanente de mecanismos de vigilancia ambiental fortalece las estrategias de gestión sostenible, contribuye a la conservación de los ecosistemas y promueve un aprovechamiento responsable de los recursos naturales,

garantizando al mismo tiempo condiciones favorables para la salud y el bienestar de las poblaciones que dependen de ellos.

1.8.3. Métodos estandarizados propuestos por la American Public Health Association (APHA), estos criterios técnicos constituyen un referente fundamental para el análisis de la calidad del agua, ya que son incorporados dentro de la normativa nacional como marcos orientadores para la evaluación ambiental de los recursos hídricos. A partir de estos lineamientos se establecen parámetros y rangos de referencia que permiten examinar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, con el propósito de determinar su condición sanitaria y ambiental. De esta manera, los estándares contribuyen a uniformizar los procedimientos de medición y análisis, garantizando que los datos obtenidos durante los procesos de monitoreo puedan compararse de manera objetiva con los valores límite definidos por las autoridades ambientales. Asimismo, la aplicación de estos criterios facilita la interpretación técnica de los resultados, fortalece los sistemas de control y vigilancia de la calidad del agua y respalda la adopción de decisiones orientadas a la protección de la salud de la población, la preservación de los ecosistemas acuáticos y el uso responsable de los recursos hídricos en contextos costeros y continentales [36].

1.8.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6: “Agua limpia y saneamiento”, adquiere una relevancia estratégica en el contexto actual, al promover el acceso universal y equitativo al agua potable segura, así como la mejora de los sistemas de saneamiento y la protección de los ecosistemas hídricos. Este objetivo impulsa el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua, mediante la incorporación de herramientas basadas en ciencia, tecnología e innovación, tales como sensores ambientales, sistemas de información geográfica (SIG), modelamiento computacional, análisis de datos y plataformas digitales de monitoreo.

En este sentido, la aplicación de metodologías científicas y tecnologías emergentes permite identificar oportunamente fuentes de contaminación, evaluar el estado de los cuerpos de agua y diseñar estrategias de gestión sostenible, contribuyendo a la prevención de riesgos sanitarios y ambientales. Asimismo, el ODS 6 fomenta la articulación entre instituciones académicas, organismos gubernamentales y comunidades locales para fortalecer la gobernanza del recurso hídrico, promoviendo decisiones basadas en evidencia científica y en el uso responsable de los recursos naturales.

De esta manera, la integración de conocimiento científico y avances tecnológicos se convierte en un elemento clave para garantizar la seguridad hídrica, la salud pública y la sostenibilidad ambiental, especialmente en regiones donde la disponibilidad y calidad del agua constituyen un desafío prioritario para el desarrollo.[\[37\]](#).

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la playa Pucusana, situada en el distrito de Pucusana, perteneciente a la provincia y departamento de Lima, en la franja costera central del Perú. Este sector litoral forma parte de una bahía que presenta características geomorfológicas y oceanográficas particulares, influenciadas por la interacción de corrientes marinas, el régimen de mareas y otros procesos propios del océano Pacífico. Estas condiciones generan un entorno marino-costero que desempeña un papel relevante en la dinámica ecológica del área y en el sostenimiento de diversos recursos naturales.

Asimismo, la zona destaca por su importancia social y económica, ya que en ella se desarrollan múltiples actividades vinculadas al aprovechamiento del espacio marino, como la pesca artesanal, el turismo y diversas prácticas recreativas asociadas al uso del litoral. Estas actividades constituyen una fuente significativa de ingresos para la población local y forman parte de la identidad productiva del distrito. No obstante, la presencia constante de estas prácticas también hace necesario contar con información técnica sobre las condiciones ambientales del entorno, a fin de promover un manejo responsable que permita conservar las características naturales del ecosistema y garantizar la continuidad de los servicios que este proporciona a la comunidad.

Desde una perspectiva ecológica, el entorno marino de Pucusana constituye un sistema de gran valor natural debido a la diversidad de organismos que alberga y a las funciones ambientales que desempeña dentro del ecosistema costero. En este espacio se desarrollan procesos naturales que contribuyen al equilibrio del medio, tales como la circulación de nutrientes, la transformación de materia orgánica y el mantenimiento de hábitats que sirven de refugio y alimento para distintas especies. Estas interacciones permiten sostener complejas redes tróficas que, a su vez, respaldan la productividad biológica del litoral y favorecen la disponibilidad de recursos marinos para las comunidades locales.

No obstante, la creciente presencia de actividades humanas en el entorno costero puede introducir presiones que modifiquen las condiciones naturales del agua. El aumento de la población, la intensificación de las actividades turísticas y la posibilidad de descargas provenientes de fuentes domésticas o de servicios vinculados al uso del litoral representan factores que podrían influir en la calidad del ambiente marino si no se gestionan de manera adecuada. En este escenario, la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua

marina adquiere especial relevancia, ya que permite comprender el comportamiento actual del ecosistema, identificar variaciones en sus características y generar información científica que respalde acciones de protección ambiental.

Por ello, el estudio de la calidad del agua en esta zona no solo aporta conocimiento sobre el estado del medio marino, sino que también constituye una herramienta útil para orientar estrategias de manejo costero basadas en evidencia. Este tipo de análisis contribuye a fortalecer los procesos de planificación ambiental, promueve la conservación de los ecosistemas marino-costeros y fomenta el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, garantizando que las actividades humanas puedan desarrollarse en armonía con la integridad del entorno natural.[38].



Figura 2. Playa Pucusana, ubicada en el distrito Pucusana, región de Lima

Coordenadas UTM

Las coordenadas UTM correspondientes al punto de monitoreo de la calidad del agua en la Playa Pucusana permiten establecer con precisión la ubicación geográfica de la estación seleccionada para la toma de muestras durante el desarrollo de la investigación. Este punto se encuentra aproximadamente a 200 metros mar adentro desde el sector conocido como la Casa Barco, zona que fue considerada adecuada por sus características representativas del ambiente marino y por su cercanía a áreas donde convergen distintas actividades costeras. La elección de este lugar responde a la necesidad de evaluar de manera directa las condiciones fisicoquímicas del agua en un espacio que refleje el comportamiento del sistema marino en relación con su entorno litoral.

La utilización del sistema de coordenadas UTM facilita la identificación exacta del sitio de estudio dentro del territorio, lo que permite registrar de manera estandarizada la posición de las estaciones de monitoreo. Esta precisión espacial resulta fundamental para asegurar la consistencia metodológica del estudio, ya que posibilita repetir las mediciones en el mismo punto durante futuros muestreos y comparar los resultados obtenidos en distintos periodos de tiempo. De esta manera, la referencia geográfica no solo contribuye a la organización del trabajo de campo, sino que también fortalece la confiabilidad de la información generada.

Asimismo, la delimitación geográfica mediante coordenadas facilita la integración de los datos obtenidos con herramientas de análisis espacial y sistemas de información geográfica, lo cual permite visualizar la distribución de las variables ambientales dentro del área evaluada. Este procedimiento favorece la interpretación técnica de los resultados y aporta un soporte adicional para el monitoreo ambiental del ecosistema marino de la Playa Pucusana, contribuyendo al desarrollo de estudios comparativos y a la formulación de estrategias orientadas a la conservación del entorno costero.

Tabla 3. Ubicación en coordenadas UTM

Estaciones de monitoreo	Coordenadas UTM (WGS-84)		Descripción
	Este	Norte	
CA-01	304 141	8 619 858	
CA-02	304 275	8 619 914	Playa Pucusana (WGS-84 / Zona 18L)
CA-03	304 275	8 619 722	

2.2 Metodología de la investigación

2.2.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

Tipo. El estudio se enmarca en una **investigación aplicada**, debido a que busca generar conocimiento útil para la evaluación del estado ambiental de la Playa Pucusana y aportar información técnica que facilite la toma de decisiones orientadas a la protección del ecosistema marino. Este tipo de investigación no se limita a la comprensión teórica del fenómeno, sino que emplea mediciones de parámetros fisicoquímicos para interpretar su influencia en la conservación ambiental y verificar su concordancia con los estándares vigentes [39].

Nivel. El estudio se enmarca en un nivel descriptivo–explicativo, dado que permite, en una primera instancia, caracterizar y detallar las condiciones fisicoquímicas del agua marina a partir del análisis de los parámetros evaluados.

Este nivel descriptivo posibilita identificar el comportamiento, la variación y las características de los indicadores de calidad del agua presentes en el área de estudio.

Asimismo, el enfoque explicativo permite analizar e interpretar la influencia que estos parámetros ejercen sobre la conservación ambiental del ecosistema marino-costero, estableciendo relaciones entre las variables consideradas en la investigación. De esta manera, el estudio no se limita únicamente a describir los valores obtenidos, sino que busca comprender las interacciones y efectos que la calidad del agua puede generar en el equilibrio ecológico, la sostenibilidad de los recursos marinos y la protección del entorno costero. Esta perspectiva analítica contribuye a generar una comprensión más integral del fenómeno estudiado y aporta evidencia científica relevante para la gestión ambiental y la conservación de los ecosistemas marinos [40].

Diseño. El presente estudio se desarrolla bajo un diseño no experimental de tipo transversal, dado que las variables de investigación serán observadas, registradas y analizadas en su contexto natural, sin que el investigador intervenga o modifique deliberadamente las condiciones en las que se manifiestan. Este enfoque metodológico permite describir y examinar las características reales del fenómeno estudiado, preservando la autenticidad de los datos obtenidos. Asimismo, la recolección de información se efectuará en un periodo específico de tiempo, lo que posibilita obtener una visión puntual de la situación ambiental existente durante el desarrollo de la investigación. De esta manera, el diseño adoptado facilita el análisis e interpretación de las condiciones ambientales presentes, proporcionando evidencia objetiva para comprender la problemática estudiada [39].

2.2.2 Población y muestra

Población: La población de estudio está constituida por el cuerpo de agua marina correspondiente a la Playa Pucusana, asumido como la unidad ambiental de referencia para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos. Este conjunto abarca los sectores del litoral donde el agua presenta características susceptibles de medición, permitiendo describir sus condiciones actuales y reconocer posibles variaciones en su comportamiento.

La delimitación de este universo facilita un análisis representativo del sistema marino-costero, orientado a comprender su estado funcional y su vinculación con los procesos de conservación ambiental, aportando así información relevante para la interpretación técnica del entorno [28].

Muestra: La muestra estará integrada por las estaciones de monitoreo establecidas en el ámbito marino de la Playa Pucusana, seleccionadas a partir de criterios técnicos como la representatividad del área, la dinámica del litoral y la viabilidad operativa para el acceso seguro.

En cada uno de estos puntos se efectuará la toma de muestras de agua destinadas al análisis de los parámetros fisicoquímicos, lo que permitirá generar datos consistentes sobre el comportamiento del medio acuático. Esta selección muestral favorece una aproximación objetiva al estado del ecosistema, al proporcionar información verificable que facilita la interpretación de sus condiciones y contribuye a una evaluación ambiental con mayor rigor técnico [28].

2.2.3 **Técnica de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos se basará en el muestreo ambiental del agua marina, complementado con observación directa en campo para registrar las condiciones del entorno durante el proceso de monitoreo. Este procedimiento permite obtener información objetiva sobre las características fisicoquímicas del agua y el estado ambiental del ecosistema costero en el área de estudio.

Para la ejecución de esta actividad se requiere la selección y georreferenciación de los puntos de monitoreo, el uso de frascos estériles para la toma de muestras, equipos multiparamétricos o sondas de medición para parámetros in situ, fichas de registro de campo, y la aplicación de una cadena de custodia que asegure la integridad de las muestras. Posteriormente, las muestras serán procesadas en un laboratorio acreditado, lo cual garantiza la precisión analítica, la trazabilidad de los datos y la confiabilidad científica de los resultados obtenidos [41].

2.2.4 **Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos comprenderán un equipo multiparamétrico destinado a la medición in situ de variables como pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, así como frascos estériles para la adecuada toma y conservación de las muestras de agua. Del mismo modo, se empleará una bitácora o ficha de campo para el registro sistemático de la información obtenida durante el monitoreo, además de un dispositivo GPS que permitirá la georreferenciación precisa de los puntos de muestreo y los formatos de cadena de custodia para asegurar la trazabilidad de las muestras recolectadas.

Complementariamente, las muestras serán analizadas mediante métodos analíticos estandarizados en un laboratorio acreditado, con el propósito de determinar parámetros relevantes como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los sólidos suspendidos y la presencia de aceites y grasas, garantizando

de esta manera la exactitud, confiabilidad y validez científica de las mediciones obtenidas en la investigación [41].

2.2.5 Técnicas de procesamiento de datos

Las técnicas de procesamiento de datos comprenderán un conjunto de procedimientos sistemáticos orientados a organizar, depurar y analizar la información obtenida durante el trabajo de campo. En una primera etapa, los datos recolectados mediante los instrumentos de medición y registros de laboratorio serán clasificados, revisados y codificados, con el propósito de asegurar su consistencia y confiabilidad. Posteriormente, esta información será tabulada y sistematizada en hojas de cálculo y matrices de datos, lo que permitirá estructurar los resultados de manera ordenada y facilitar su posterior análisis estadístico.

En una segunda fase, se aplicarán métodos de estadística descriptiva, tales como el cálculo de promedios, valores mínimos y máximos, rangos, varianza y desviación estándar, con el objetivo de identificar tendencias, variabilidad y comportamiento de los parámetros evaluados. Estos procedimientos permitirán caracterizar cuantitativamente las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua analizada. Asimismo, los resultados obtenidos serán comparados con los valores de referencia establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, conforme a la normativa ambiental vigente, lo cual facilitará determinar el nivel de cumplimiento o superación de los límites permisibles.

Finalmente, a partir de este proceso analítico, se realizará la interpretación técnica de los resultados, identificando posibles riesgos ambientales, fuentes potenciales de contaminación y el estado general de la calidad del agua en el área de estudio. Este análisis permitirá establecer conclusiones fundamentadas sobre la situación ambiental del recurso hídrico y su implicancia en la conservación de los ecosistemas y en la protección de la salud pública, contribuyendo así a la generación de información científica útil para la gestión ambiental sostenible.

2.2.6 Análisis e interpretación de los datos

El análisis de los datos se desarrollará a partir de la comparación sistemática entre los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, con la finalidad de determinar el grado de correspondencia normativa y reconocer eventuales cambios en las características del agua marina.

Este procedimiento permitirá organizar la información de manera técnica, facilitando la identificación de tendencias, desviaciones y comportamientos relevantes dentro del área evaluada.

La interpretación se enfocará en comprender el alcance ambiental de los resultados, vinculándolos con la estabilidad del sistema marino y con aquellos factores que podrían influir en su equilibrio. De este modo, el proceso analítico aportará elementos objetivos para valorar el estado del ecosistema y fortalecer la comprensión de su relación con las acciones orientadas a la conservación de la Playa Pucusana.

III. RESULTADOS

3.1. **Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina y la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima.**

El presente objetivo se fundamenta en la necesidad de disponer de información científica y técnica confiable que permita comprender las condiciones actuales del ecosistema marino en la Playa Pucusana, considerando que la calidad fisicoquímica del agua constituye uno de los factores más determinantes para el equilibrio y funcionamiento de los ecosistemas costeros. La evaluación de parámetros como el pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, turbidez, nutrientes y otros indicadores permite conocer el estado real del cuerpo de agua y detectar posibles variaciones que puedan afectar la dinámica ecológica del ambiente marino.

En este contexto, la determinación de dichos parámetros resulta fundamental para identificar posibles alteraciones originadas tanto por procesos naturales como por actividades antrópicas, entre ellas el vertimiento de efluentes, el desarrollo de actividades turísticas, la pesca, el transporte marítimo o la influencia de asentamientos humanos cercanos. Estas presiones pueden modificar las características fisicoquímicas del agua, generando impactos en la biodiversidad marina, en los procesos biogeoquímicos y en la estabilidad de los hábitats costeros.

Asimismo, el análisis de la calidad del agua en relación con la conservación ambiental permite evaluar si las condiciones del ecosistema marino favorecen la protección de la biodiversidad, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y el uso responsable de los recursos naturales del litoral. Los ecosistemas marinos saludables contribuyen al sostenimiento de actividades económicas como la pesca artesanal, el turismo y otras actividades productivas que dependen directamente de la calidad ambiental del entorno.

En consecuencia, este objetivo no se limita únicamente a la medición de variables fisicoquímicas, sino que busca generar evidencia científica que contribuya al fortalecimiento de los programas de monitoreo ambiental, a la evaluación del estado ecológico del ecosistema marino y a la formulación de estrategias de gestión sostenible del litoral. De esta manera, los resultados obtenidos podrán servir como base técnica para la toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales, instituciones académicas y actores locales, orientadas a la protección, conservación y uso sostenible del ambiente marino-costero.



Figura 3. Conservación ambiental de la playa Pucusana

Pasos para validar el objetivo general

1. Recolección de muestras en campo

La obtención de muestras de agua marina se realizó mediante trabajo de campo en los puntos de monitoreo previamente establecidos, identificados como CA-01, CA-02 y CA-03. Estas estaciones fueron seleccionadas considerando criterios de representatividad ambiental, accesibilidad y su ubicación dentro del área de estudio, con el propósito de reflejar de manera adecuada las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua evaluado. Durante la jornada de muestreo se aplicaron procedimientos técnicos orientados a garantizar la integridad de las muestras y la confiabilidad de los resultados posteriores de laboratorio.

En cada punto de monitoreo se recolectaron muestras destinadas al análisis de diversos parámetros fisicoquímicos que permiten caracterizar el estado del agua marina y su posible influencia en el equilibrio ambiental del ecosistema costero. Entre los parámetros evaluados se encuentran la presencia de aceites y grasas, indicador asociado a aportes de origen antrópico; la conductividad eléctrica, que refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica en función de la concentración de sales disueltas; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), utilizada para estimar la carga de materia orgánica biodegradable presente en el agua; y el oxígeno disuelto, parámetro fundamental para el mantenimiento de los procesos biológicos en los organismos acuáticos.

Asimismo, se determinó el pH, el cual permite conocer el grado de acidez o alcalinidad del medio acuático y su influencia en la estabilidad química del ecosistema. De igual

manera, se evaluaron los sólidos totales suspendidos, que representan la cantidad de partículas presentes en la columna de agua y que pueden afectar la transparencia, la penetración de la luz y la dinámica del ecosistema marino. Finalmente, se registró la temperatura del agua, variable que influye en múltiples procesos físicos, químicos y biológicos dentro del ambiente marino. El conjunto de estos parámetros proporciona una base técnica para interpretar las condiciones ambientales del área de estudio y analizar su relación con la conservación del entorno costero.

2. Puntos de monitoreo en la Playa Pucusana

Los puntos de monitoreo establecidos en la Playa Pucusana fueron definidos a partir de criterios técnicos relacionados con la representatividad ambiental, la dinámica hidrodinámica del medio marino y la posible influencia de actividades antrópicas presentes en la zona costera. La selección de las estaciones CA-01, CA-02 y CA-03 responde a la necesidad de cubrir sectores estratégicos del litoral que permitan captar de manera adecuada las variaciones espaciales en la calidad fisicoquímica del agua marina.

Esta distribución de estaciones de muestreo posibilita obtener información comparativa entre diferentes áreas del ecosistema, considerando factores como corrientes marinas, procesos de mezcla del agua, proximidad a zonas de actividad humana, áreas de recreación o pesca, así como sectores potencialmente expuestos a descargas o aportes de origen continental. De esta manera, el monitoreo en múltiples puntos permite identificar gradientes de calidad del agua, posibles focos de alteración ambiental y patrones de comportamiento de los parámetros evaluados.

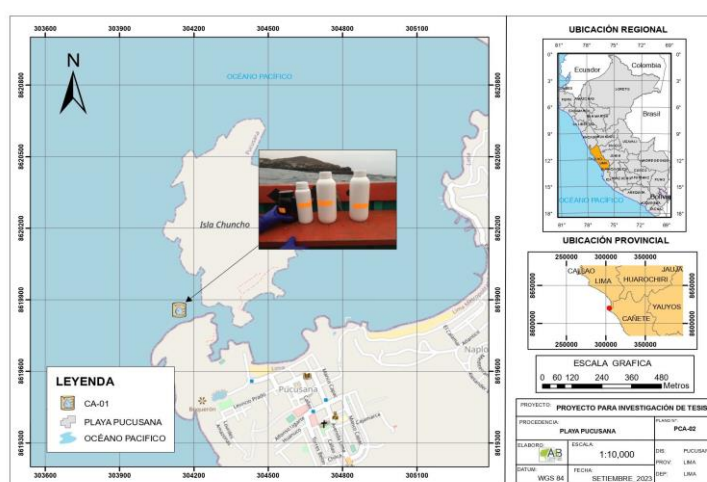


Figura 4. Ubicación de la playa Pucusana



Figura 5. Punto de monitoreo de la playa Pucusana

Asimismo, la disposición estratégica de estas estaciones favorece la obtención de datos representativos y confiables sobre el estado ambiental del litoral, lo que contribuye a realizar una evaluación más objetiva del ecosistema marino. En consecuencia, la información generada mediante este sistema de monitoreo permite fortalecer el diagnóstico ambiental del área de estudio, comprender las condiciones actuales del medio marino y valorar su relación con los procesos de conservación y sostenibilidad del entorno marino-costero.

3. Análisis de laboratorio

Las muestras recolectadas fueron procesadas y analizadas en un laboratorio acreditado, con el propósito de garantizar la confiabilidad, precisión y validez de los resultados obtenidos. Este procedimiento permitió determinar de manera objetiva los valores reales de los parámetros fisicoquímicos del agua, siguiendo protocolos y métodos analíticos estandarizados reconocidos en el ámbito científico y ambiental.

La realización de los análisis en un laboratorio certificado asegura que las mediciones se efectúen bajo condiciones controladas, utilizando equipos calibrados y procedimientos técnicos validados, lo que contribuye a reducir posibles errores en la determinación de los parámetros evaluados. De esta manera, los resultados obtenidos constituyen una base técnica sólida para la interpretación de la calidad del agua, permitiendo su comparación con los valores de referencia establecidos en la normativa ambiental vigente y facilitando la evaluación del estado del ecosistema marino.

Tabla 4. Resultados del muestreo de calidad de agua

Parámetros Físicoquímicos	Unidad	Resultados			Estándar ECA – D.S. 004-2017-MINAM
		CA-01	CA-02	CA-03	CATEGORIA 4. E3: (Marinos)
Aceites y grasas	mg/L	3.8	3.9	3.8	≤ 5
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	54	54	54	No especificado
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)	mg/L	4	4.1	4	≤ 10
Oxígeno disuelto	mg/L	4.8	4.9	4.9	≥ 4
pH	Unidad	8.1	8.1	8.1	6.8 – 8.5
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	33	31	32	≤ 30
Temperatura	°C	20	20	20	$\Delta \leq 2\text{ °C}$ respecto a la natural

4. Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de la información se realizó mediante el empleo de métodos cuantitativos orientados a organizar, resumir y comprender los datos generados durante el proceso de monitoreo. En una primera etapa se aplicó estadística descriptiva con el propósito de caracterizar el comportamiento de los parámetros físicoquímicos evaluados. Para ello se calcularon indicadores como la media aritmética, los valores mínimos y máximos, el rango de variación y la desviación estándar, herramientas que permiten identificar la tendencia central de los datos y el grado de dispersión presente en las mediciones. Este procedimiento facilitó reconocer el patrón general de cada variable y detectar posibles variaciones en las condiciones del agua marina entre los puntos de monitoreo considerados.

Posteriormente, cuando la estructura de la información lo permitió, se recurrió a técnicas de análisis inferencial con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos respecto a los valores de referencia establecidos en la normativa ambiental. En este contexto se empleó la prueba t de Student para una muestra, la cual permitió comparar la media observada de determinados parámetros con los límites definidos por los Estándares de Calidad Ambiental. Esta prueba contribuye a determinar si las diferencias identificadas poseen relevancia estadística o si podrían atribuirse a variaciones propias del muestreo.

La aplicación conjunta de estas herramientas estadísticas permitió fortalecer el proceso de interpretación de los datos, ya que proporcionó un soporte analítico que redujo la subjetividad en la lectura de los resultados. De esta manera, el análisis estadístico no solo facilitó la comprensión del comportamiento de los parámetros

fisicoquímicos evaluados, sino que también aportó un fundamento metodológico sólido para respaldar las conclusiones del estudio y para comprender con mayor claridad las condiciones ambientales del ecosistema marino analizado.

3.1.1. Hipótesis principal

“La calidad fisicoquímica del agua marina influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, durante el año 2025”.

1. Se planteó la hipótesis para los puntos del monitoreo: Monitoreo CA-01, CA-02 y CA-03

H.G.₀: $\mu = \text{DBO}_5 > 10 \text{ mg/L}$ (“La calidad fisicoquímica del agua marina NO influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, durante el año 2025”). (no hay diferencia respecto al estándar).

H.G._a: $\mu = \text{DBO}_5 \leq 10 \text{ mg/L}$ (“La calidad fisicoquímica del agua marina influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, durante el año 2025”)

2. Se consideró el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 5. Se estimó el estadístico de prueba (Estadística Descriptiva), datos obtenidos de la DBO₅, Tabla 3 (Monitoreo 0, 02 y 03)

Numero aleatorios	Columna 1	
4.0	Media	4.03333
4.1	Error típico	0.03333
4.0	Mediana	4
	Desviación estándar	0.05773
	Varianza de la muestra	0.0033
	Coeficiente de asimetría	1.73205
	Rango	0.1
	Mínimo	4
	Máximo	4.1
	Suma	65.8
	Cuenta	3
	Nivel de confianza (95.0%)	0.143422

“Se estableció la regla de decisión”

$$\mu = 10$$

$\alpha =$	0.05
$n =$	3
$gl =$	2

3. Se resuelve el t-Student experimental

$$t_{\text{Experimental}} = -179$$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.9200$ (ANEXO 2: Distribución t de Student, $gl = 2$ y $\alpha = 0.05$)” obteniéndose un **p valor de 0.00002**

Entonces,

Si $t_{\text{Experimental}} (-179.00) < t_{\text{Teórico}} (-2.9200)$ entonces SE RECHAZA H_0

H_a : “La calidad fisicoquímica del agua marina influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima, 2025. ($\square = \text{DBO}_5 \leq 10 \text{ mg/L}$)”.

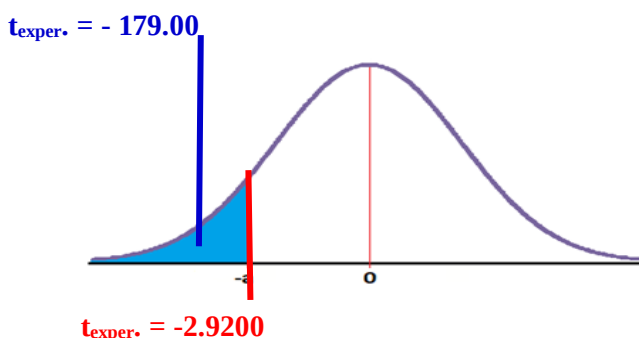


Figura 6. Distribución de t-Student para el monitoreo de la remoción de la calidad del efluente biológico tratado de aguas residuales

Se afirma, que:

El procesamiento estadístico de los datos obtenidos en el monitoreo permite sostener, con fundamento cuantitativo, que la calidad fisicoquímica del agua marina presenta una relación significativa con la conservación ambiental de la Playa Pucusana, en Lima. Para la contrastación de la hipótesis general se aplicó la prueba t de Student para una muestra, comparando el valor promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) registrado en los puntos de monitoreo con el valor de referencia establecido por los Estándares de Calidad Ambiental, fijado en 10 mg/L . El análisis se desarrolló considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y dos grados de libertad. Los resultados mostraron un valor de t experimental de -179.00 , cifra notablemente inferior al valor crítico teórico de -2.9200 , acompañada de un p-valor de 0.00002 , el cual se encuentra por debajo del nivel de significancia establecido. Este comportamiento estadístico indica que la media observada de DBO_5 difiere significativamente del valor de referencia normativo, permitiendo rechazar

la hipótesis nula ($\mu = \text{DBO}_5 > 10 \text{ mg/L}$) y aceptar la hipótesis alternativa de la investigación ($\mu = \text{DBO}_5 \leq 10 \text{ mg/L}$).

En consecuencia, se confirma la hipótesis alterna que sostiene que la calidad fisicoquímica del agua marina influye significativamente en la conservación ambiental de la Playa Pucusana durante el año 2025, debido a que los valores promedio de DBO_5 se mantienen considerablemente por debajo del límite permitido por la normativa ambiental. Desde el punto de vista ecológico, esta condición refleja una baja concentración de materia orgánica biodegradable en el agua marina, lo que reduce la demanda biológica de oxígeno durante los procesos de descomposición. Como resultado, el oxígeno disuelto permanece disponible para los organismos acuáticos, favoreciendo el funcionamiento de los procesos biológicos y la estabilidad del ecosistema marino. En conjunto, estos hallazgos sugieren que las condiciones fisicoquímicas observadas contribuyen al mantenimiento del equilibrio ambiental del sistema marino-costero, lo cual resalta la importancia de continuar con programas de monitoreo y gestión ambiental que permitan preservar dichas condiciones en el litoral de la Playa Pucusana.

3.2. Determinar el estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de monitoreo permiten evidenciar el comportamiento de los principales parámetros fisicoquímicos del agua marina, los cuales fueron comparados “con los valores de referencia establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM”, correspondientes a la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E3 (ecosistemas marinos). Esta comparación normativa constituye un criterio técnico fundamental para evaluar el estado ambiental del cuerpo de agua y determinar su grado de cumplimiento de las disposiciones vigentes orientadas a la protección de los ecosistemas marinos.

En relación con el parámetro aceites y grasas, los resultados obtenidos registraron concentraciones de 3.8 mg/L, 3.9 mg/L y 3.8 mg/L en las estaciones CA-01, CA-02 y CA-03, respectivamente. Estos valores se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 5 mg/L establecido por la normativa ambiental, lo cual evidencia que, para este parámetro, las condiciones del agua marina evaluada se mantienen dentro de los rangos aceptables para la conservación del ambiente acuático.

Desde una perspectiva ambiental, la presencia de aceites y grasas en concentraciones inferiores al límite permitido indica que no se observa una presión significativa asociada a descargas contaminantes de origen hidrocarbúfero o residuos orgánicos oleosos en el área de estudio. Esto resulta relevante, ya que niveles elevados de estos compuestos pueden generar películas superficiales que dificultan el intercambio gaseoso entre el agua y la

atmósfera, además de afectar procesos ecológicos esenciales y provocar impactos negativos en organismos marinos.

En consecuencia, los resultados obtenidos sugieren que, en las estaciones monitoreadas, las condiciones del ecosistema marino se mantienen compatibles con los criterios de conservación ambiental establecidos en la normativa vigente, contribuyendo a preservar la calidad del agua y las funciones ecológicas del entorno marino-costero. Estos hallazgos también proporcionan información técnica valiosa para el seguimiento ambiental y la evaluación continua del estado del ecosistema, permitiendo identificar oportunamente posibles cambios en la calidad del agua marina.

La **conductividad eléctrica** presentó valores homogéneos de 54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los tres puntos evaluados. Si bien este parámetro no cuenta con un valor límite específico dentro del estándar, su estabilidad sugiere condiciones fisicoquímicas sin variaciones significativas en la zona de estudio.

Respecto a la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**, los resultados oscilaron entre 4.0 y 4.1 mg/L, valores considerablemente inferiores al límite de 10 mg/L, lo que evidencia una reducida presencia de materia orgánica biodegradable en el cuerpo de agua.

El **oxígeno disuelto** registró concentraciones de 4.8 mg/L, 4.9 mg/L y 4.9 mg/L, superando el valor mínimo requerido de 4 mg/L, situación que favorece el mantenimiento de los procesos biológicos y el desarrollo de la vida acuática.

El **pH** mostró un valor constante de 8.1 en todas las estaciones, ubicándose dentro del rango permitido (6.8 – 8.5), lo que indica un equilibrio adecuado en las condiciones químicas del agua.

En cuanto a los **sólidos totales suspendidos**, se obtuvieron valores de 33 mg/L, 31 mg/L y 32 mg/L, superando ligeramente el estándar establecido (≤ 30 mg/L). Este resultado sugiere la posible presencia de material particulado en la columna de agua, lo que podría asociarse a la dinámica marina o a factores externos que influyen en la turbidez.

La **temperatura** se mantuvo constante en 20 °C en los tres puntos de monitoreo, sin evidenciar variaciones abruptas que pudieran alterar el equilibrio térmico del ecosistema.

3.2.1. Hipótesis Secundaria (1)

El estado fisicoquímico del agua marina de la Playa Pucusana cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la conservación del ambiente acuático, 2025.

1 Se planteó la hipótesis para el estado fisicoquímico del agua marina

H.G1.0: El estado fisicoquímico del agua marina de la Playa Pucusana NO cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la conservación del ambiente acuático, 2025.

H.G1.a: El estado fisicoquímico del agua marina de la Playa Pucusana cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la conservación del ambiente acuático, 2025.

2 Criterio de decisión (regla objetiva)

Para “cumplir con ECA” en un monitoreo, la forma más usada en tesis es:

Cumple: todos los parámetros con estándar numérico están dentro del límite.

No cumple: al menos uno de los parámetros con estándar numérico excede el límite.

3 Contrastación con evidencia (Tabla 5)

Parámetros con estándar numérico (ECA)

- Aceites y grasas: $3.8-3.9-3.8 \text{ mg/L} \leq 5 \rightarrow \text{Cumple}$
- DBOs: $4.0-4.1-4.0 \text{ mg/L} \leq 10 \rightarrow \text{Cumple}$
- Oxígeno disuelto: $4.8-4.9-4.9 \text{ mg/L} \geq 4 \rightarrow \text{Cumple}$
- pH: **8.1 (en los 3 puntos)** $6.8-8.5 \rightarrow \text{Cumple}$
- SST: $33-31-32 \text{ mg/L} \leq 30 \rightarrow \text{No cumple}$

Parámetros sin límite numérico o con condición especial

- Conductividad: “**No especificado**” $\rightarrow$ no se concluye el cumplimiento normativo (solo se describe estabilidad).
- Temperatura: el ECA es $\Delta \leq 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ **respecto a la natural**, pero no se reporta la “temperatura natural de referencia”; por tanto, aquí corresponde decir “**no evaluable con precisión**”.

4 Conclusión lógica de la hipótesis (lo que corresponde al planteamiento de la hipótesis)

Como SST **excede el ECA** en las tres estaciones, entonces:

Se acepta la H1_o (no cumple)

No se acepta la H1_a (cumple)

La interpretación:

La contrastación de los datos obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, correspondiente a la Categoría 4 orientada a la conservación del ambiente acuático en ecosistemas marino-costeros, permite observar que la mayoría de los parámetros evaluados, entre ellos aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y pH, se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa ambiental vigente. Este comportamiento indica que, en términos generales, el cuerpo de agua presenta condiciones fisicoquímicas compatibles con el mantenimiento de los procesos naturales del ecosistema marino, lo cual favorece la

disponibilidad de oxígeno, la estabilidad química del medio y el desarrollo de organismos acuáticos que forman parte de la estructura ecológica del litoral.

Sin embargo, el análisis también evidencia que los valores correspondientes a los sólidos totales suspendidos registraron concentraciones comprendidas entre 31 mg/L y 33 mg/L, cifras que superan el límite de referencia establecido por la normativa (≤ 30 mg/L). Aunque la diferencia observada es relativamente moderada, desde el punto de vista técnico representa una desviación respecto al estándar establecido, ya que los criterios de evaluación ambiental se fundamentan en el cumplimiento integral de los parámetros definidos por la regulación. En este sentido, la presencia de al menos un indicador que excede el valor permitido limita la conformidad total con los Estándares de Calidad Ambiental.

Bajo esta interpretación, el análisis conduce a aceptar la hipótesis nula y a descartar la hipótesis alternativa en su formulación estricta, concluyéndose que el estado fisicoquímico del agua marina evaluado en la Playa Pucusana no alcanza un nivel de correspondencia completamente ajustado a los ECA. Este hallazgo no implica necesariamente una condición crítica del ecosistema, pero sí revela la presencia de un factor que requiere atención dentro de los procesos de monitoreo ambiental.

En consecuencia, los resultados ponen de manifiesto la importancia de fortalecer los mecanismos de seguimiento de la calidad del agua, particularmente en relación con el comportamiento de los sólidos suspendidos. La continuidad de las evaluaciones permitirá comprender mejor la dinámica de este parámetro, identificar posibles fuentes de aporte y prevenir la acumulación progresiva de material particulado que pudiera afectar la transparencia del agua, la disponibilidad de luz para los organismos fotosintéticos y, en última instancia, la estabilidad del ecosistema marino-costero. De este modo, el monitoreo sistemático se consolida como una herramienta clave para la gestión ambiental y la protección del equilibrio ecológico del litoral.

3.3. Determinar la calidad fisicoquímica del agua marina y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima.

El presente objetivo se sustenta en la necesidad de contar con información científica confiable y verificable que permita evaluar si las características fisicoquímicas del agua marina se encuentran en concordancia con los parámetros establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), los cuales constituyen referencias normativas orientadas a la protección de los ecosistemas acuáticos y al uso sostenible de los recursos hídricos. Estos estándares permiten determinar los niveles aceptables de diversos indicadores fisicoquímicos, proporcionando un marco técnico para la evaluación del estado ambiental de los cuerpos de agua marinos y costeros.

En este contexto, la evaluación sistemática de los parámetros de calidad del agua permite identificar el grado de cumplimiento de dichos criterios ambientales, así como reconocer posibles variaciones o desviaciones que puedan estar asociadas a procesos naturales o a presiones de origen antrópico. La comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en la normativa ambiental facilita determinar el nivel de adecuación ambiental del ecosistema marino, permitiendo advertir alteraciones que, de mantenerse en el tiempo, podrían afectar la estabilidad ecológica del litoral y la integridad de los hábitats marinos.

Asimismo, el análisis integrado de la calidad fisicoquímica del agua y su correspondencia con los ECA contribuye a comprender la dinámica ambiental del ecosistema marino-costero, permitiendo evaluar su capacidad para sostener procesos ecológicos fundamentales, tales como el mantenimiento de la biodiversidad, el equilibrio de las comunidades biológicas y el adecuado funcionamiento de los servicios ecosistémicos. De esta manera, el estudio proporciona información relevante para valorar las condiciones ambientales que favorecen o limitan la conservación del entorno marino.

Del mismo modo, este enfoque genera evidencia técnica que respalda la formulación de estrategias de gestión y planificación ambiental en las zonas costeras, aportando elementos fundamentales para el diseño de políticas públicas, programas de monitoreo y medidas de control orientadas a la protección de los ecosistemas marinos. La disponibilidad de datos confiables fortalece los procesos de seguimiento ambiental y facilita la toma de decisiones basada en criterios científicos.

Finalmente, el desarrollo de este objetivo también promueve la implementación de acciones preventivas destinadas a minimizar riesgos ambientales, contribuyendo a mantener condiciones adecuadas para la preservación de la diversidad biológica y el equilibrio ecológico del litoral. En este sentido, la generación de conocimiento sobre la calidad del agua marina favorece un aprovechamiento responsable de los recursos marinos, la sostenibilidad de las actividades humanas vinculadas al litoral y la continuidad funcional de los ecosistemas marino-costeros, en concordancia con los principios de gestión ambiental sostenible.

3.3.1. Hipótesis Secundaria (2)

La calidad fisicoquímica del agua marina presenta un nivel de cumplimiento conforme con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

1. Se planteó la hipótesis para los Estándares de Calidad Ambiental, en la Playa Pucusana

H.G2.o: La calidad fisicoquímica del agua marina NO presenta un nivel de cumplimiento conforme con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

H.G2.a: La calidad fisicoquímica del agua marina presenta un nivel de cumplimiento conforme con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima, 2025.

2. Criterio técnico para contrastar la hipótesis

En evaluaciones ambientales se utiliza la siguiente regla:

- **Existe cumplimiento** cuando los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa.
- **No existe cumplimiento** cuando al menos un parámetro excede el estándar permitido.

4. Contrastación de los datos (Tabla 5)

Tabla 6. Contrastación de los datos

Parámetro	Resultado	Estándar	Cumple
Aceites y grasas	3.8 – 3.9 mg/L	≤ 5	Si cumple
DBO ₅	4.0 – 4.1 mg/L	≤ 10	Si cumple
Oxígeno disuelto	4.8 – 4.9 mg/L	≥ 4	Si cumple
pH	8.1	6.8 – 8.5	Si cumple
Temperatura	20 °C	$\Delta \leq 2$ °C	Si cumple
Conductividad	No tiene límite	—	Referencial
SST	31 – 33 mg/L	≤ 30	No cumple

4. Decisión estadística y normativa

Considerando que los valores de Sólidos Totales Suspendidos registrados en los puntos de monitoreo exceden el límite establecido por la normativa, se determina que la calidad fisicoquímica del agua marina no alcanza un cumplimiento integral de los Estándares de Calidad Ambiental.

Aunque la mayoría de los parámetros evaluados se mantienen dentro de los rangos aceptables, la superación de un solo indicador resulta suficiente para restringir la conformidad total, de acuerdo con el criterio técnico aplicado en evaluaciones ambientales. Este resultado no implica necesariamente un escenario de deterioro, pero sí revela la existencia de una condición que requiere atención y seguimiento especializado.

En tal sentido, la evidencia obtenida orienta a considerar medidas de vigilancia que permitan comprender la evolución de este parámetro y evitar que su incremento derive en efectos adversos sobre la dinámica ecológica del entorno marino.

Interpretación:

La comparación de los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, evidencia que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa, lo cual sugiere que, en términos generales, el ecosistema marino presenta condiciones ambientales favorables para la conservación del ambiente acuático. Estos resultados indican que varios de los indicadores analizados mantienen valores compatibles con los criterios establecidos para la protección de los ecosistemas marinos.

Sin embargo, el análisis detallado de los datos también revela que las concentraciones registradas de sólidos totales suspendidos (STS) superan el umbral establecido por la normativa ambiental, lo que representa una variación significativa respecto a los valores de referencia definidos en los ECA. Esta condición sugiere la posible presencia de procesos que incrementan la carga de partículas en suspensión en el agua, los cuales pueden estar asociados a factores como la dinámica de corrientes marinas, el arrastre de sedimentos, la actividad humana en zonas costeras o aportes de origen continental. La presencia de concentraciones elevadas de sólidos suspendidos puede influir en la transparencia del agua, la penetración de la luz y el desarrollo de organismos marinos, afectando potencialmente el equilibrio ecológico del ecosistema.

En consecuencia, a partir de la verificación de los resultados obtenidos y su comparación con los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente, se desestima la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, determinándose que la calidad fisicoquímica del agua marina no alcanza un nivel de cumplimiento total respecto a los Estándares de Calidad Ambiental en la Playa Pucusana. Esta situación pone de manifiesto la importancia de mantener programas permanentes de monitoreo y seguimiento ambiental, con el propósito de identificar oportunamente las posibles causas de estas variaciones y prevenir impactos que puedan comprometer la estabilidad ecológica del entorno marino-costero.

De esta manera, el análisis realizado no solo permite evaluar el grado de cumplimiento de la normativa ambiental, sino que también aporta evidencia científica relevante para fortalecer las estrategias de gestión ambiental en zonas costeras, promoviendo acciones orientadas a la protección de los ecosistemas marinos y al uso sostenible de los recursos naturales del litoral.

Por lo tanto: MUY IMPORTANTE

Se observa lo siguiente:

Por lo tanto, es importante precisar que los resultados obtenidos en la investigación han sido interpretados bajo un enfoque técnico y normativo, sin afirmar de manera categórica que el agua marina se encuentre contaminada ni que la playa presente un estado ambiental deteriorado. El análisis realizado se ha limitado a comparar los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos con los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, lo que permite evaluar el grado de correspondencia entre los datos observados y los límites definidos por la normativa vigente.

En este sentido, la interpretación de los resultados se orienta a determinar el nivel de cumplimiento respecto a los estándares ambientales, mas no a emitir juicios absolutos sobre la condición del ecosistema. Los datos evidencian que la mayoría de los parámetros analizados se mantienen dentro de los rangos permitidos, mientras que uno de ellos presenta una ligera desviación respecto al valor de referencia. Por esta razón, el estudio no concluye que exista un deterioro generalizado del sistema marino, sino que plantea una interpretación más equilibrada basada en el grado de cumplimiento normativo.

En consecuencia, los hallazgos pueden describirse en términos de cumplimiento mayoritario de los parámetros evaluados, aunque sin alcanzar una conformidad total con los estándares establecidos. Este enfoque permite reconocer que el sistema presenta condiciones ambientales mayormente favorables, pero al mismo tiempo señala la necesidad de mantener procesos de vigilancia y seguimiento que permitan comprender la evolución de los indicadores evaluados y prevenir posibles alteraciones en el equilibrio del ecosistema marino-costero.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de resultados de la calidad fisicoquímica del agua marina y la conservación ambiental de la Playa Pucusana, Lima.

Para ecosistemas marinos, lo que sugiere condiciones favorables para el mantenimiento del equilibrio ecológico. La baja concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), con un promedio de 4.03 mg/L, indica una reducida presencia de materia orgánica biodegradable, lo cual favorece la disponibilidad de oxígeno en el medio acuático y contribuye a la sostenibilidad de la biota marina. Este comportamiento coincide con lo señalado por Metcalf & Eddy, quienes sostienen que valores bajos de DBO reflejan cuerpos de agua con menor presión contaminante y mayor capacidad de soporte biológico [42].

Asimismo, los niveles de oxígeno disuelto registrados (4.8–4.9 mg/L) superan el mínimo requerido para la conservación del ambiente acuático, lo que permite inferir condiciones adecuadas para la respiración de los organismos marinos y la estabilidad de los procesos biogeoquímicos. De acuerdo con Boyd, concentraciones superiores a 4 mg/L son generalmente aceptables para sostener comunidades acuáticas saludables, mientras que niveles más altos se asocian con ecosistemas mejor oxigenados [43]. En este sentido, los resultados respaldan la idea de que la calidad del agua evaluada favorece el funcionamiento ecológico del sistema costero.

El pH constante de 8.1 evidencia un ambiente ligeramente alcalino, característico de aguas marinas con adecuada regulación química. Según la Organización Mundial de la Salud, la estabilidad del pH es un indicador relevante de equilibrio ambiental, ya que variaciones abruptas pueden afectar la supervivencia de especies sensibles [44]. Por tanto, la homogeneidad observada en los puntos de monitoreo sugiere ausencia de alteraciones químicas significativas.

No obstante, los valores de sólidos totales suspendidos (31–33 mg/L) superan ligeramente el estándar establecido (≤ 30 mg/L), lo que podría asociarse a procesos naturales como la dinámica de corrientes, resuspensión de sedimentos o a la influencia de actividades antrópicas en zonas costeras. La literatura indica que concentraciones elevadas de material particulado pueden reducir la penetración de la luz y afectar la productividad primaria, generando impactos indirectos sobre la cadena trófica [45]. Este hallazgo introduce un elemento crítico dentro del diagnóstico ambiental, ya que, aunque el estado general del

agua es favorable, la presencia de sólidos suspendidos demanda vigilancia para prevenir deterioros futuros.

Desde el enfoque estadístico, la prueba t de Student aplicada a la DBO₅ demostró que la media obtenida es significativamente menor que el valor de referencia normativo ($p < 0.05$), lo que confirma que la carga orgánica presente no representa un riesgo inmediato para el ecosistema. Sin embargo, es importante interpretar este resultado con cautela, dado que la calidad ambiental no depende de un solo parámetro, sino de la interacción integral de múltiples variables fisicoquímicas. En este sentido, autores como Chapman enfatizan que la evaluación del agua debe abordarse de manera holística para evitar conclusiones parciales sobre el estado ecológico [46].

En conjunto, los resultados permiten sostener que la calidad fisicoquímica del agua marina presenta condiciones mayoritariamente compatibles con la conservación ambiental de la Playa Pucusana. No obstante, la ligera superación del límite en los sólidos suspendidos sugiere la necesidad de fortalecer los programas de monitoreo y control, especialmente en contextos donde la presión humana sobre los ecosistemas costeros tiende a incrementarse. Tal como señala el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el monitoreo continuo es fundamental para anticipar riesgos y garantizar la gestión sostenible de los recursos marinos [15].

En consecuencia, la evidencia obtenida respalda parcialmente la hipótesis de investigación, al demostrar que las condiciones fisicoquímicas del agua favorecen el equilibrio ecológico; sin embargo, también revela la importancia de mantener estrategias preventivas que aseguren la conservación a largo plazo del entorno marino-costero.

4.2. Discusión de resultados del estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana, Lima.

El análisis del estado fisicoquímico del agua marina revela un comportamiento mayormente compatible con los criterios regulatorios para ecosistemas costeros; sin embargo, la evaluación integral demuestra que no se alcanza una conformidad total con los Estándares de Calidad Ambiental debido a la superación del límite en los sólidos totales suspendidos. Este resultado resalta la importancia de interpretar la calidad del agua desde un enfoque global, ya que la condición ambiental de un sistema acuático depende de la interacción de múltiples variables y no únicamente del cumplimiento individual de algunos parámetros. Chapman sostiene que las evaluaciones de calidad hídrica deben considerar el conjunto de indicadores para evitar apreciaciones parciales del estado ecológico [46].

Los valores reducidos de DBO₅ evidencian una limitada presencia de materia orgánica biodegradable, lo que suele asociarse con menores niveles de presión contaminante y mayor capacidad de autorregulación del medio acuático. De acuerdo con Metcalf & Eddy,

concentraciones bajas de este parámetro reflejan cuerpos de agua con mejor aptitud para sostener procesos biológicos estables [47]. En concordancia con ello, las concentraciones de oxígeno disuelto observadas superan el umbral mínimo requerido para la vida acuática, lo que favorece los procesos metabólicos de las especies y contribuye a la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones externas. Boyd señala que niveles adecuados de oxígeno son determinantes para preservar la integridad funcional de los ambientes marinos [43].

La uniformidad del pH dentro del intervalo aceptable sugiere un sistema químicamente equilibrado, condición relevante si se considera que fluctuaciones marcadas pueden alterar la disponibilidad de nutrientes y afectar la supervivencia de organismos sensibles. La Organización Mundial de la Salud destaca que la estabilidad de este indicador constituye un referente del adecuado funcionamiento de los procesos naturales en ambientes acuáticos [48]. Por su parte, la conductividad mostró valores constantes entre estaciones, lo que podría interpretarse como una baja variabilidad en la concentración de sales disueltas y, por ende, una ausencia de aportes externos significativos en el área evaluada.

En contraste, el incremento de material particulado representa un aspecto crítico dentro del diagnóstico. Diversos estudios advierten que concentraciones elevadas de sólidos en suspensión pueden limitar la penetración de la luz, interferir en la fotosíntesis y modificar la dinámica trófica, generando efectos indirectos sobre la biodiversidad [49]. Este comportamiento podría estar vinculado tanto a procesos naturales “como la resuspensión de sedimentos por acción de corrientes” como a intervenciones humanas en zonas costeras con actividad recreativa o pesquera.

Bajo este contexto, la aceptación de la hipótesis nula resulta coherente con la evidencia empírica, puesto que el incumplimiento de al menos un parámetro impide afirmar una correspondencia plena con la normativa ambiental. No obstante, el panorama general no refleja un deterioro severo, sino más bien una condición que requiere seguimiento técnico para evitar que variaciones puntuales evolucionen hacia escenarios de mayor impacto. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente enfatiza que el monitoreo sistemático constituye una herramienta esencial para anticipar riesgos y orientar estrategias de manejo sostenible en áreas marino-costeras [50].

En consecuencia, el estado fisicoquímico identificado permite reconocer un sistema relativamente estable, aunque con señales que justifican la implementación de controles preventivos. Esta interpretación refuerza la necesidad de abordar la gestión ambiental desde una perspectiva continua, donde la vigilancia científica contribuya a preservar la funcionalidad ecológica y la disponibilidad de los servicios que estos entornos proporcionan.

4.3. Discusión de resultados de la calidad fisicoquímica del agua marina y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Playa Pucusana, Lima.

La comparación entre los valores obtenidos y los Estándares de Calidad Ambiental permite reconocer que el cuerpo marino evaluado presenta un comportamiento predominantemente alineado con los criterios regulatorios para ecosistemas costeros; no obstante, la superación del límite en los sólidos totales suspendidos impide afirmar una correspondencia normativa absoluta. Este tipo de situaciones es frecuente en evaluaciones ambientales, donde el estado de un sistema no debe interpretarse desde una visión dicotómica, cumple o no cumple, sino a partir de gradientes de conformidad que reflejen su condición real. Chapman señala que la interpretación de la calidad del agua requiere integrar los resultados normativos con el contexto ecológico para evitar conclusiones [46].

El cumplimiento observado en parámetros como la DBO₅, el oxígeno disuelto y el pH sugiere un entorno con adecuada capacidad de autorregulación y sin indicios relevantes de presión orgánica. Metcalf & Eddy sostienen que concentraciones reducidas de materia biodegradable suelen asociarse a sistemas acuáticos con mayor estabilidad funcional y menor probabilidad de eventos de degradación [47]. De forma complementaria, niveles apropiados de oxígeno favorecen los procesos metabólicos de la biota y contribuyen al mantenimiento de ciclos biogeoquímicos esenciales, condición que Boyd identifica como un indicador clave de integridad ambiental [43].

Sin embargo, el material particulado detectado introduce un elemento de análisis que trasciende el simple contraste numérico con la norma. La literatura especializada advierte que incrementos en los sólidos en suspensión pueden modificar la transparencia del agua, alterar la productividad primaria y generar efectos acumulativos sobre la estructura trófica [49]. Este comportamiento no necesariamente implica un escenario de deterioro, pero sí revela la presencia de factores que deben ser observados con mayor detalle, especialmente en áreas donde convergen procesos naturales y actividades humanas.

Desde una perspectiva normativa, la aceptación de la hipótesis nula resulta coherente con el criterio técnico adoptado, dado que la excedencia de un parámetro limita la conformidad total con el estándar. No obstante, este resultado no debe interpretarse como evidencia de contaminación ni como señal de un sistema degradado, sino como la manifestación de una condición que demanda seguimiento científico. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente enfatiza que la gestión efectiva de zonas marino-costeras se basa en la detección temprana de variaciones, permitiendo aplicar medidas preventivas antes de que se consoliden impactos significativos [50].

En consecuencia, los hallazgos permiten caracterizar el área de estudio como un entorno con cumplimiento mayoritario frente a los criterios regulatorios, aunque con restricciones para alcanzar una conformidad plena. Esta lectura refuerza la importancia de adoptar

enfoques de monitoreo continuo que integren la evaluación normativa con el análisis ecológico, favoreciendo decisiones orientadas a la protección del equilibrio ambiental y al uso responsable de los recursos marinos.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que los resultados evidencian que el agua marina de la Playa Pucusana presenta características fisicoquímicas mayormente compatibles con los estándares ambientales, situación que favorece la conservación de las dinámicas naturales y el soporte de la vida acuática. La baja presencia de materia orgánica, junto con concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto y un pH dentro del rango aceptable, permite inferir un sistema con capacidad de mantener procesos ecológicos esenciales. Sin embargo, el incremento observado en los sólidos suspendidos constituye un aspecto que merece atención, ya que su persistencia podría alterar la transparencia del agua y afectar ciertos procesos biológicos. Este escenario resalta la importancia de reforzar las acciones de seguimiento ambiental para identificar oportunamente posibles variaciones y promover medidas preventivas que contribuyan a resguardar el equilibrio del entorno marino-costero.
2. Se concluye que el análisis realizado permite reconocer que el estado fisicoquímico del agua marina en la Playa Pucusana mantiene una tendencia mayormente favorable en relación con los criterios regulatorios, lo que sugiere un entorno capaz de sostener sus funciones ecológicas sin evidenciar perturbaciones significativas. No obstante, la identificación de concentraciones superiores al límite en los sólidos suspendidos representa un factor que limita el cumplimiento integral de la normativa y pone de manifiesto la necesidad de una atención técnica más rigurosa. Este resultado indica que, aun cuando el sistema conserva condiciones que permiten el desarrollo de la vida marina, la presencia de material particulado podría generar efectos graduales si no se controla oportunamente. En tal sentido, se vuelve pertinente fortalecer los mecanismos de monitoreo y promover acciones preventivas que permitan detectar variaciones tempranas, contribuyendo así a la protección continua del equilibrio ambiental del espacio marino-costero.
3. Se concluye que el análisis comparativo con los Estándares de Calidad Ambiental permite establecer que el sistema marino evaluado mantiene condiciones funcionales que favorecen su sostenibilidad; sin embargo, la presencia de un parámetro fuera del umbral regulatorio evidencia que la conformidad normativa no es absoluta. Este resultado aporta una comprensión más precisa del comportamiento ambiental del área, al demostrar que la calidad del agua puede conservar su aptitud ecológica aun cuando existan variaciones puntuales que requieren atención técnica. En este sentido, la investigación contribuye a

4. fortalecer el enfoque preventivo en la gestión costera, resaltando la necesidad de integrar la evaluación normativa con procesos de vigilancia científica que permitan anticipar cambios y consolidar la protección del entorno marino.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar un programa sistemático de monitoreo de la calidad fisicoquímica del agua marina en la Playa Pucusana, priorizando el seguimiento de los sólidos suspendidos para identificar de manera temprana cualquier cambio que pueda incidir en la estabilidad del ecosistema. Este proceso debería complementarse con evaluaciones periódicas que permitan analizar tendencias y comprender mejor la dinámica del entorno costero. Asimismo, resulta conveniente fortalecer la coordinación entre las autoridades competentes y los actores locales para impulsar medidas de prevención orientadas a reducir posibles fuentes de aporte particulado. Estas acciones favorecerán una gestión ambiental más anticipativa, contribuyendo a preservar las condiciones naturales del área y a mantener su funcionalidad ecológica a lo largo del tiempo.
2. Se recomienda consolidar un sistema continuo de vigilancia ambiental que incorpore mediciones regulares de los parámetros fisicoquímicos, así como la evaluación comparativa de los resultados para reconocer patrones de cambio en el tiempo, prestando especial atención al comportamiento de los sólidos suspendidos. Este enfoque permitirá anticipar escenarios que puedan afectar la calidad del medio marino y facilitará la adopción de decisiones oportunas. Del mismo modo, es pertinente fortalecer la articulación entre autoridades locales, organismos ambientales y sectores vinculados a las actividades costeras, promoviendo estrategias orientadas a disminuir los aportes de material particulado y a fomentar prácticas responsables en el uso del litoral. La integración de estas acciones contribuirá a una gestión más eficiente del espacio marino-costero, favoreciendo la protección de sus condiciones naturales y su permanencia ecológica.
3. Se recomienda consolidar un esquema de gestión ambiental basado en la evaluación continua de la calidad del agua, incorporando indicadores que permitan identificar oportunamente variaciones en los parámetros fisicoquímicos y su posible incidencia en la estabilidad del ecosistema. Asimismo, resulta pertinente promover estrategias de control y ordenamiento de las actividades desarrolladas en el entorno costero, priorizando aquellas orientadas a minimizar aportes de material particulado. Este enfoque contribuirá a optimizar la toma de decisiones y a fortalecer un modelo de manejo preventivo que garantice la permanencia de condiciones ecológicas adecuadas en la Playa Pucusana.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. Zhu *et al.*, “The Impact of Coastal Upwelling on Coral Reef Ecosystem Under Anthropogenic Influence: Coral Reef Community and its Response to Environmental Factors,” *Front. Mar. Sci.*, vol. 9, no. September, pp. 1–13, 2022, doi: 10.3389/fmars.2022.888888.
- [2] K. Grip, “International Marine Environmental Governance: A Review,” *Ambio*, vol. 46, no. 4, pp. 413–427, 2017, doi: 10.1007/s13280-016-0847-9.
- [3] G. Mellado, “Evaluacion de la Calidad del Agua de Mar en la Playa Cantolao - Sector Espigon del Abtao en la Bahia del Callao,” Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019. [Online]. Available: [https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3989/SANCHEZ_AQUIJE_LUZANGELA - TITULO PROFESIONAL .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3989/SANCHEZ_AQUIJE_LUZANGELA_-_TITULO_PROFESIONAL_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Twentieth., vol. 49, no. 12. Denver: Joint Editorial Board and Committee Members, 2012. doi: 10.5860/choice.49-6910.
- [5] Ministerio del Ambiente, *Politica Nacional del Ambiente al 2030*. Lima - Perú: Ninisterio del Ambiente, 2021. [Online]. Available: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037169/POLITICA_NACIONAL_DEL_AMBIENTE_AL_2030.pdf.pdf
- [6] ODS 14, “Palnificacion Espacial Marina,” 2017. [Online]. Available: https://www.mspglobal2030.org/wp-content/uploads/2020/11/MSPglobal_Flyer_SDGs_ES_web.pdf
- [7] F. and A. Organization, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Roma, Italia: FAO, 2022. doi: 10.4060/cc0461en.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press: WGI. WMO. UNEP, 2023. doi: 10.1017/9781009157896.
- [9] ECA Decreto Supremo N°004.2017-MINAM, “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias,” 2017, *El Diario el Peruano*, Lima - Perú.
- [10] S. J. Painting *et al.*, “Development of Standards for Assessing Water Quality in Marine

- Coastal Waters of Bahrain,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 196, p. 21, 2023, doi: 10.1016/j.marpolbul.2023.115560.
- [11] D. P. Häder, A. T. Banaszak, V. E. Villafañe, M. A. Narvarte, R. A. González, and E. W. Helbling, “Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems: Emerging Problems with Global Implications,” *Sci. Total Environ.*, vol. 713, p. 36, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136586.
- [12] T. C. Malone and A. Newton, “The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences,” *Front. Mar. Sci.*, vol. 7, pp. 1–30, 2020, doi: 10.3389/fmars.2020.00670.
- [13] D. Zhou *et al.*, “Impacts of Inland Pollution Input on Coastal Water Quality of the Bohai Sea,” *Sci. Total Environ.*, vol. 765, p. 35, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142691.
- [14] N. N. Rabalais, R. E. Turner, B. K. Sen Gupta, D. F. Boesch, P. Chapman, and M. C. Murrell, “Hypoxia in the northern Gulf of Mexico: Does the science support the plan to reduce, mitigate, and control hypoxia?,” *Estuaries and Coasts*, vol. 30, no. 5, pp. 753–772, 2007, doi: 10.1007/BF02841332.
- [15] P. Ekins, J. Gupta, and P. Boileau, (*UNEP*) *United Nations Environment Programme*. Londres: Cambridge University Press, 2019.
- [16] Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC-UNESCO), *The global ocean observing system, 2030 Strategy*. Paris, Francia: UNESCO, 1994. doi: 10.1016/0308-597X(94)90064-7.
- [17] S. Rodrigues Marins, V. Feder Mayer, and A. Fratucci, “Impactos percibidos del turismo: Un estudio comparativo con residentes y trabajadores del sector en Rio de Janeiro -Brasil,” *Estud. y Perspect. en Tur.*, vol. 24, no. 1, pp. 115–134, 2015.
- [18] O. O. Adeniji, T. Sibanda, and A. I. Okoh, “Recreational water quality status of the Kidd’s Beach as determined by its physicochemical and bacteriological quality parameters,” *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01893, 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01893.
- [19] C. E. Perez Cruz, “Evaluación de la Calidad del Agua de Mar en Playas Recreativas En El Corredor Turístico de los Cabos, B.C.S.,” Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste S.c., 2010. [Online]. Available: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/243/1/perez_c.pdf
- [20] ANA, *Informe Tecnico N° 0008-2021-ANA-AAA.CF-ALA.H/KYHR*. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua, 2021. [Online]. Available: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-lima/archivos/public/docs/informe_tecnico_ndeg_0008-2021-ana-aaa.cf-ala.h-kyhr.pdf
- [21] J. Rosas, L. Alvarino, A. Guabloche, S. Romero, L. Castañeda, and J. Iannacone, “Contaminación por Elementos Trazas en Sedimentos Superficiales Marinos de la Bahía

- del Callao, Perú,” *Boletín Investig. Mar. y Costeras*, vol. 52, no. 1, pp. 27–44, 2023, doi: 10.25268/bimc.invemar.2023.52.1.1149.
- [22] I. Córdova, P. Córdova, T. Barrios, P. Hernandez, and A. Paitan, “Evaluación Sanitaria de Playas Mediante el Uso de Drones y el Índice de Calidad en el litoral Costero , Pisco , Ica,” *Rev. Investig. en Ciencias Agron. y Vet.*, vol. 9, no. 25, pp. 164–176, 2025, [Online]. Available: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/articulo-11-alfa-n25v9 \(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/articulo-11-alfa-n25v9%20(1).pdf)
- [23] V. Barrera Castillo, T. Barrios Mendoza, P. Córdova Mendoza, I. Córdova Barrios, J. Martínez Hernández, and V. Candia Palomino, “Vertimiento de aguas residuales domiciliarias y el grado de contaminación del rio Pisco , Ica Discharge of domestic wastewater and the degree of contamination of the Pisco River , Ica Víctor Alberto Candia Palomino de los problemas ambientales , ya que ge,” *Rev. Investig. en Ciencias Agronómicas y Vet.*, vol. 8, no. 24, pp. 916–929, 2024, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v8n24/2664-0902-arca-8-24-916.pdf>
- [24] D.S. N°004-2017-MINAM, “Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias,” 2017, *Peruano, Lima-Peru*.
- [25] Naciones Unidas, *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York, EEUU: Secretario General Adjunto de Asuntos Económicos y Sociale, 2024. doi: 10.18356/9789210056106c012.
- [26] R. A. Blanco Campo and J. R. Sierra Salcedo, “Calidad de las Aguas de las Playas del Sector Turístico de Cartagena de Indias, Norte de Colombia,” *Universidad Tecnológica de Bolívar*, 2557.
- [27] R. Blanco and J. Sierra, “Calidad de las Aguas de las Playas del Sextor Turístico de Cartagena de Indias, Norte de Colombia,” *Universidad Tecnológica d Bolívar*, 2016.
- [28] S. Andraus, I. Pimentel Chapaval, and J. A. Dionisio, “Microbiological Monitoring of Seawater and Sand of Beaches Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR, Brazil,” *Estud. Biol. Ambient. e Divers.*, vol. 36, no. 86, pp. 43–55, 2014, [Online]. Available: <https://periodicos.pucpr.br/estudosdebiologia/article/view/22968/22066>
- [29] R. T. Noble, D. F. Moore, M. K. Leecaster, C. D. McGee, and S. B. Weisberg, “Comparison of total coliform, fecal coliform, and enterococcus bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing,” *Water Res.*, vol. 37, no. 7, pp. 1637–1643, 2003, doi: 10.1016/S0043-1354(02)00496-7.
- [30] T. A. Schlacher *et al.*, “Sandy Beaches at the Brink,” *Divers. Distrib.*, vol. 13, no. 5, pp. 556–560, 2007, doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00363.x.
- [31] N. E. Samboni Ruiz, Y. Carvajal Escobar, and J. C. Escobar, “A Review of Physical-Chemical Parameters as Water Quality and Contamination Indicators,” *Ing. e Investig.*, vol. 27, no. 3, pp. 172–181, 2007, doi: 10.15446/ing.investig.v27n3.14858.
- [32] R. Ayarza, “Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y su Relación con las

- Fuentes de Contaminación en las Playas Turísticas de Ocucaje, Ica,”
Universidad Nacional “San Luis Gonzaga,” 2023. [Online]. Available:
<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e4e6b4ee-9d0b-42b2-95d5-4c566d78fda9/content>
- [33] G. P. Trujillo and A. Guerrero, “Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito , Trujillo , Perú Physico-chemical and bacteriological characterization of seawater in,” *Rebiol*, vol. 35, no. 002, pp. 23–33, 2015.
- [34] J. Gómez and G. Salcedo, “Evaluación de la calidad del agua en las Playas Turísticas de Puerto Colombia , Atlántico y su relación con las fuentes de contaminación,”
Universidad de la Costa, 2016.
- [35] Ministerio del Ambiente (MINAM), “Ley General del Ambiente - Ley N°28611; Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental - Ley N°28245; Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental Decreto Supremo N°008.2005-PCM,” 2005, *MINAM, Lima - Perú*.
- [36] E. W. Rice, R. B. Baird, and A. D. Eaton, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 23rd Edition Item Details .*, 23rd editi. Washington, D.C.: American Public Health Association: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federa, 2017. [Online]. Available: <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
- [37] B. Yuliana, W. Candia, S. Condori, A. Guevara, K. Luna, and A. Palomino, “ODS 6 Desarrollo Sostenible,” 2021, *Universidad Andina de Cusco, Cusco*. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/577453896/Ods-6-Desarrollo-Sostenible>
- [38] INEI, *Instituto Nacional de estadística e Informática. Sistema ESTADISTICO nacional*. Oficina Departamental de Estadística e Informática de ICA, 2017.
- [39] R. Hernandez, C. Fernandez, and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Sexta Edic. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2014.
- [40] M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica. Incluye evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*, Cuarta Edi. Mexico - Mexico, 2003.
- [41] M. Inca Alegría, “Percepción de la Calidad y Acceso del Consumo de Agua Segura en Familias de la Red de Tamburco – Abancay 2018,” Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [42] G. Tchobanoglous, F. Burton, and D. Stensel, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, Fourth Edi. Metcalf & Eddy, Inc., 1991. doi: 10.1016/0191-2615(91)90038-K.
- [43] C. E. Boyd, *Water Quality An Introduction*, Second Edi. USA: Springer, 2015. [Online]. Available: [https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/75235/1/Water Quality- An Introduction.pdf](https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/75235/1/Water%20Quality%20-%20An%20Introduction.pdf)

- [44] World Health Organization, *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Dinamarca: Oficina Regional de la OMS para Europa Ciudad de las Naciones Unidas, 2018.
- [45] M. Lega, J. Kosmatka, M. Casazza, L. De Maio, D. Severino, and R. Teta, "Environmental monitoring and assessment: A multi-scale and multiparameter case study in Campania Region (S Italy) on the recreational seawater quality evaluation," *Reg. Stud. Mar. Sci.*, vol. 39, p. 101465, 2020, doi: 10.1016/j.rsma.2020.101465.
- [46] M. Meybeck and R. Helmer, "An Introduction to Water Quality," in *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* -, Second Edi., vol. 1, UNESCO/WHO/UNEP, 2003, ch. Chapter 1. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Deborah-Chapman-3/publication/237320993_Water_Quality_Assessments_-_A_Guide_to_Use_of_Biota_Sediments_and_Water_in_Environmental_Monitoring_-_Second_Edition/links/00b4952bc0f818fc5e000000/Water-Quality-Assessments-A-Guide-to-Use-of-Biota-Sediments-and-Water-in-Environmental-Monitoring-Second-Edition.pdf?origin=publication_detail&_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxxvYWQlLCJwcmV2aW91c1BhZ2U0IjwiJwdWJsaWNhdGlvbij9fQ&__cf_chl_tk=P56o2cwawgNVUl36Rm4IXxLLFWC2ytQD0dAQzM2FxQ8-1773986581-1.0.1.1-K4JseWLnWYFL2vVMQ7YthmaJshSIHQtrs6SUsd06U18
- [47] Metcalf & Eddy, *Wastewater EngineeringmgTreatment and Resource-Recovery-Book.pdf*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Chemical Engineering Series, 2014.
- [48] M. E. Héroux et al., "WHO environmental noise guidelines for the European Region," *Euronoise 2015*, pp. 2589–2593, 2015.
- [49] U.S. Environmental Protection Agency, "Water Quality Standards Handbook," in *Libro*, Washington: EPA, 2023, ch. Chapter 3, p. 48. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-10/documents/handbook-chapter3.pdf>
- [50] U. N. E. Programme, *Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being*. Nairobi: UNEP, 2006. [Online]. Available: <https://www.millenniumassessment.org/documents/Document.799.aspx.pdf>

CADENA DE CUSTODIA

[illegible]

ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA



ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Nombre del Cliente:	DR. PEDRO CORDOVA MENDOZA
Proyecto de Exploración:	MONITOREO DE AGUA DE MAR - PLAYA PUCUSANA
Nombre de Punto:	CA - 01
Clase de Punto:	☐ R E = Emisor R = Receptor
Tipo de Muestra:	☐ L L = Líquida G = Gaseosa S = Sólida
UBICACIÓN	
Distrito:	PUCUSANA
Provincia:	LIMA
Departamento:	LIMA
Referencia:	A 50 MT APROX DE LA CASA BARCO, EN EL MAR

COORDENADAS U.T.M.

Norte:	8619858	
Este:	0304141	
Altitud:	0	(Metros sobre el nivel del mar)
Zona:	18 L	
Datum:	WGS - 84	



ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA CON CERTIFICADO #6032.01
SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFQA-0005-2023

Expediente : 00014

Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2023-01-07

1. Solicitante : Environmental Group Technology S.R.L.
2. Dirección : Zarumilla Mza. D2 Lote. 3 Urb. Daniel Alcides Carrión (Prolongación Zarumilla) Prov. Const. del Callao - Prov. Const. Del Callao.
3. Instrumento : Medidor de pH (Multiparámetro)
- Marca : Apera
- Modelo : SX823-B
- Número de serie : 7310010022031018
- Serie del electrodo : 029
- Identificación : No Indica
- Procedencia : China
- Intervalo de medida : 0 a 14 pH
- Resolución : 0,1 pH / 0,01 pH
4. Lugar de calibración : En el Laboratorio de Físicoquímica de ALAB E.I.R.L.
5. Fecha de calibración : 2023-01-07
6. Método de calibración : La calibración se realizó por comparación con material de referencia certificado según el procedimiento PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH". Segunda Edición. 2017. INACAL.

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

7. Trazabilidad :

Se utilizó los siguiente materiales de referencia certificados :

pH	N° Lote	Certificado de Análisis	Incertidumbres (pH)
4,007	CC721421	4280-12172020	0,011
6,995	CC729852	4281-12451546	0,011
10,009	CC720358	4282-12147180	0,011

Un termómetro de código PTT-001 con Certificado de Calibración N° LT - 008 - 2022


Meyler Vilalobos Bravo
Responsable del Laboratorio de Físicoquímica

Av. Guardia Chalaca N° 1877 Bellavista - Callao / Telf. 01-717 5802 / 01-7175803 / Cel. 961768828
www.alab.com.pe

Certificado de Calibración N° LFQA-0005-2023

Página 2 de 2

8. Condiciones ambientales :

	Inicial	Final
Temperatura Ambiental :	24,9 °C	25,2 °C
Humedad Relativa :	60,3 °C	60,9 °C

9. Resultados :

INDICACIÓN PROMEDIO DEL PHMETRO (pH)	SOLUCIÓN TAMPÓN (BUFFER) PATRÓN (pH)	ERROR PROMEDIO ENCONTRADO (pH)	INCERTIDUMBRE (pH)
3,99	4,007	-0,017	0,012
6,99	6,995	-0,005	0,014
10,00	10,009	-0,009	0,014

Valor de la solución tampón patrón = Indicación promedio del pHmetro - Error promedio encontrado.

Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25 °C .

 La incertidumbre de la medición se da con un nivel de confianza aproximado del 95 % con un factor de cobertura $k = 2$.

10. Observaciones :

La indicación del pHmetro es el promedio de 3 mediciones.

Antes del ajuste las lecturas del equipo para los patrones 4,007 pH; 6,995 pH y 10,009 pH fueron 4,01 pH ; 7,03 pH y 10,03 pH respectivamente .

Después del ajuste las lecturas del equipo para los patrones 4,007 pH; 6,995 pH y 10,009 pH fueron 3,99 pH ; 6,99 pH y 10,00 pH respectivamente .

El Coeficiente de correlación obtenido es (0,9999) y se encuentra dentro de los límites establecidos "mayor a 0,995 y menor a 1,005" según el procedimiento de calibración.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el instrumento con la indicación "CALIBRADO" y N° IM-00638 .

FIN DEL DOCUMENTO