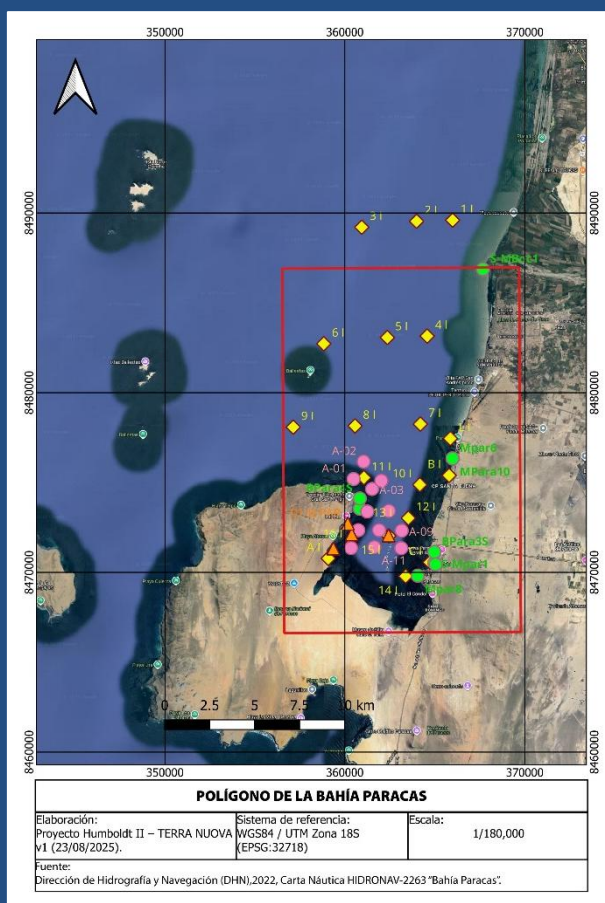


INFORME DE AVANCE N° 1

Análisis de índices y viabilidad para su implementación



Proyecto Humboldt II Lima, Perú, Mayo 2023

Imagen: Proyecto Humboldt II – TERRA NUOVA

Servicio de consultoría para elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de Paracas y mecanismo de implementación.

Por:

Terra Nuova - Centro Per La Solidarieta E La Cooperazione Tra I Popoli

Consultora, Perú

UNDP-PER-00670/ 2025

Contrato N° 10403285

Citar como:

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2025. Servicio de consultoría para elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de Paracas y mecanismo de implementación. Primer Producto, Análisis del marco normativo e institucional nacional de las actividades de evaluación y monitoreo de calidad ambiental en la zona marino-costera. Y de evaluación de los índices de calidad ambiental (ICAM, IdSO u otros) y su viabilidad de implementación para la gestión de los espacios marino-costeros. Proyecto "Catalizando la Implementación de un Programa de Acción Estratégico para la Gestión Sostenible de los Recursos Marinos Vivos Compartidos en el Sistema de la Corriente de Humboldt, Proyecto Humboldt II", Lima. 67 pp. + Anexos

Lima, 2025

TABLA DE CONTENIDO

Lista de imágenes.....	5
Lista de cuadros.....	5
Lista de tablas.....	5
Lista de acrónimos.....	7
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	8
1.1 Alcance de la consultoría.....	8
1.2 Actores presentes en el ámbito.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivo específico (Producto 1).....	16
3. INTRODUCCIÓN.....	17
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1. Propósito y alcance.....	17
4.2. Definiciones y clarificación conceptual.....	17
4.3. Tipologías de indicadores.....	18
4.4. Funciones y valor (importancia).....	18
4.5. Criterios de calidad para seleccionar indicadores.....	18
4.6. Construcción de índices compuestos (síntesis metodológica).....	18
4.7. Tipos de índices relevantes en ambiente marino-costero.....	19
5. INFORME DE ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL NACIONAL VINCULADOS LAS ACCIONES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA ZONA MARINO-COSTERA.....	19
5.1 Normas y Convenios Internacionales.....	20
5.2 Normas Nacionales.....	21
5.3 Análisis de la Normatividad.....	23
6. INFORME DE EVALUACIÓN SOBRE EL USO DE ÍNDICES (ICAM, IDSO U OTROS ÍNDICES) Y SU VIABILIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS ESPACIOS MARINO- COSTEROS.....	25
6.1 Conclusiones sobre el análisis de índices.....	37
7. REPORTE DE DESARROLLO DE UN ÍNDICE PROPIO PARA LA BAHÍA DE PARACAS (PLANTEAMIENTO Y SUSTENTO DE LA METODOLOGÍA, INFORMACIÓN REQUERIDA, ETC.).	38
7.1 Parámetros seleccionados (propuesta).....	38
Selección de parámetros (complementación).....	48
7.2 Índice ICA-Paracas (Metodología).....	49

Área de estudio.....	49
Sistematización de la información.....	50
Determinación del índice de calidad ambiental	53
Ejemplo de determinación de ICA.....	55
8. INFORME TECNICO DE RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL GENERADOS EN LA BAHÍA DE PARACAS, CONSIDERANDO EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2014 Y 2024, INCLUYE LA BASE DE DATOS.....	64
8.1 Sistematización de información.....	67
9. REPORTE DE REUNIONES DE COORDINACIÓN/TRABAJO CON LA CONTRAPARTE TÉCNICA, ESPECIALISTAS, REPRESENTANTES DE INSTITUCIONES PÚBLICAS O PRIVADAS, ENTRE OTROS	70
10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	75
11. ANEXOS	78
ANEXO 1: Excel Sistematización (se adjunta en correo).....	78
ANEXO 2: Correos de coordinación	78
ANEXO 3: PPTs	81
ANEXO 4: Estaciones de monitoreo del IMARPE, ANA, OEFA, SANIPES y Plus Petrol	91
.....	91
.....	92
ANEXO 5: Actas de reuniones	96

Lista de imágenes

Imagen 1 Polígono referencial de la bahía de Paracas	8
Imagen 2 Distribución de estaciones en la bahía de Paracas.....	50
Imagen 3 Modelo de matriz para la sistematización de datos	64
Imagen 4 Estaciones de monitoreo por institución	67
Imagen 5 estaciones de monitoreo del IMARPE	91
Imagen 6 Estaciones de monitoreo de la ANA.....	92
Imagen 7 Estaciones de monitoreo del OEFA	93
Imagen 8 Estaciones de monitoreo del SANIPES.....	94
Imagen 9 Estaciones de monitoreo de PlusPetrol	95

Lista de cuadros

Cuadro 1 Instituciones públicas.....	14
Cuadro 2 Instituciones del sector privado y sociedad civil	16
Cuadro 3 Comparativo de índices	35
Cuadro 4 Parámetros seleccionados para el ICA Paracas	38
Cuadro 5 Clasificación de parámetros seleccionados	47
Cuadro 6 Interpretación de resultados del ejemplo	63
Cuadro 7 Parámetros proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA)	64
Cuadro 8 Parámetros proporcionados por el Instituto del mar del Perú (IMARPE)	65
Cuadro 9 Parámetros proporcionados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	66

Lista de tablas

Tabla 1 Análisis de frecuencias por parámetro.....	48
Tabla 2 Número de muestreos por parámetro seleccionado.....	49
Tabla 3 Nombre de estaciones y ubicación geográfica	50
Tabla 4 Ejemplo de base de datos	52
Tabla 5 Escala de los subíndices	54
Tabla 6 Ponderación de los parámetros.....	54
Tabla 7 Ejemplo de reporte de monitoreo de parámetros de una estación o punto de muestreo	55
Tabla 8 Ponderación de parámetros del ejemplo	56
Tabla 9 Subíndice del oxígeno disuelto.....	57
Tabla 10 Evaluación del subíndice OD.....	57
Tabla 11 Subíndices de temperatura superficial	57
Tabla 12 Evaluación del subíndice de temperatura	58
Tabla 13 Subíndices del pH.....	58
Tabla 14 Evaluación del subíndice de pH.....	58
Tabla 15 Subíndices de SST.....	58
Tabla 16 Evaluación del subíndice de SST.....	59

Tabla 17 Subíndices del mercurio	59
Tabla 18 Evaluación del subíndice del mercurio	59
Tabla 19 Subíndices de aceites y grasas.....	59
Tabla 20 Evaluación del subíndice de aceites y grasas.....	60
Tabla 21 subíndices del Zinc	60
Tabla 22 Evaluación del subíndice del Zinc.....	60
Tabla 23 Subíndices del DBO5.....	60
Tabla 24 Evaluación del subíndice de DBO5.....	61
Tabla 25 Subíndice de HTP.....	61
Tabla 26 Evaluación del subíndice de HTP.....	61
Tabla 27 Subíndice de CTT	62
Tabla 28 Evaluación del subíndice de CTT.....	62
Tabla 29 resumen de subíndices, valor ICa y ponderación.....	62
Tabla 30 Evaluación de frecuencia de toma de datos	67
Tabla 31 Evaluación en relación a los LMP ECA 2017 categoría 2	69
Tabla 32 Parámetros considerados por Orozco 2024.....	69

Lista de acrónimos

Acrónimo	Significado
ICA	Índice de Calidad Ambiental
ICAM	Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras
IDSO/OHI	Índice de Salud del Océano (Ocean Health Index)
ANA	Autoridad Nacional del Agua
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
MINAM	Ministerio del Ambiente
IMARPE	Instituto del Mar del Perú
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
DICAPI	Dirección General de Capitanías y Guardacostas
APN	Autoridad Portuaria Nacional
DHN	Dirección de Hidrografía y Navegación
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SANIPES	Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura
PRODUCE	Ministerio de la Producción
RNP	Reserva Nacional de Paracas
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
LMP	Límites Máximos Permisibles
HTP	Hidrocarburos Totales de Petróleo
A&G	Aceites y Grasas
CTT	Coliformes Termotolerantes
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TSM	Temperatura Superficial del Mar

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Alcance de la consultoría

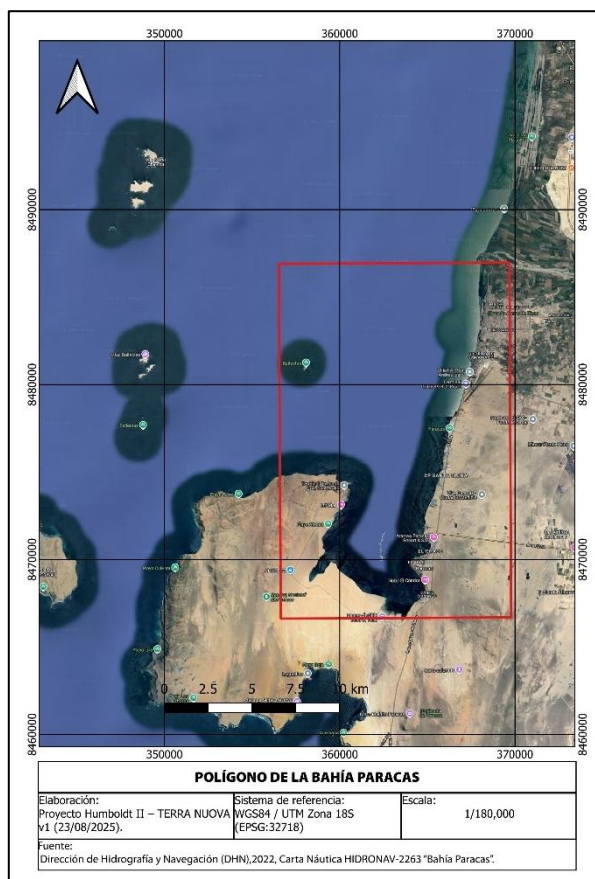
La consultoría se desarrolla en el ámbito de la Bahía de Paracas, situada en la costa centro-sur del Perú, departamento de Ica, provincia de Pisco. Constituido por un cuerpo de agua semicerrado cuyo espejo de agua queda protegido por la Península de Paracas, condición geomorfológica que le otorga abrigo frente al oleaje del Océano Pacífico y favorece usos múltiples: portuarios, pesqueros, turísticos y de conservación. Así mismo, esta área se articula con el entorno urbano-portuario de Pisco, San Andrés y Paracas, y colinda con la Reserva Nacional de Paracas y con el ámbito del Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (Ballestas-Chincha), que aportan valores ecológicos singulares y regulaciones específicas de uso.

Tomando como referente cartográfico oficial la Carta Náutica HIDRONAV-2263 “Bahía Paracas” de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN). Esta carta delimita el rectángulo cartográfico de trabajo entre $13^{\circ}41'00''$ S – $13^{\circ}52'00''$ S y $76^{\circ}12'18''$ W – $76^{\circ}19'36''$ W, a escala 1:20 000 (5.ª edición dic-2011, con revisión al 30/06/2022), lo que asegura consistencia espacial para el diagnóstico, el monitoreo y la propuesta de índice en la Bahía Paracas.

A manera referencial podemos citar los siguientes límites descriptivos:

- Norte: franja costera de Pisco–San Andrés y la desembocadura del río Pisco.
- Este: línea de costa del distrito de Paracas (playas y ensenadas interiores de la bahía).
- Sur y sureste: borde septentrional de la Península de Paracas (ámbitos contiguos a la RNP).
- Oeste (boca de bahía): línea de cierre natural formada por las puntas externas de la península y el arco de las Islas Ballestas, a partir de la cual se abre el intercambio con el Pacífico.

Imagen 1 Polígono referencial de la bahía de Paracas



Condiciones ambientales y oceanográficas

El ambiente de la Bahía de Paracas se encuentra caracterizado por un clima templado-árido de fuerte influencia marina, con lluvias casi inexistentes (garúas invernales) y alta humedad costera, el entorno atmosférico de Pisco-Paracas está modulado por forzantes regionales del Pacífico Sur (p. ej.: El fenómeno de El Niño o La Niña, corriente de Humboldt, vientos alisios) y por el sistema de afloramiento costero que acompaña a la circulación superficial frente al Perú (intrusión de aguas frías y ricas en nutrientes) (Jacobo & Sánchez, 2023).

En términos pluviométricos, los registros más recientes de SENAMHI (normales 1991–2020) confirman un ambiente extremadamente árido en la franja litoral de Pisco-Paracas: la precipitación normal mensual es cercana a 0 mm la mayor parte del año en estaciones costeras, por lo que los acumulados anuales resultan ínfimos y las lluvias se limitan a eventos ocasionales y breves (garúas/neblinas invernales).

La humedad relativa (HR) se mantiene elevada en la franja litoral en Paracas, SENAMHI reporta “alta humedad” en los avisos y pronósticos turísticos y tiende a disminuir hacia el interior desértico; en meses fríos la HR puede situarse con frecuencia en valores altos (≈ 80 – 90%) en la costa central-sur, coherente con la presencia de nubosidad baja y nieblas invernales (SENAMHI, 2021; SENAMHI, 2025).

Los vientos “Paracas” (brisas de mar intensificadas estacionalmente) constituyen el rasgo eólico más distintivo: predominan direcciones S–SSO–O, con velocidades típicas 2–17 m/s y ráfagas > 17 m/s durante fines de invierno y comienzos de primavera, especialmente agosto–septiembre, generando transporte eólico, “lluvia de arena” y resuspensión de sedimentos a lo largo del litoral (Periche Vega, 2016; Jacinto Tayco, 2014; Carrasco Díaz, 2025). Estos vientos inciden en la estabilidad de playas e infraestructura portuaria (Terminal Portuario San Martín), intensificando la erosión eólica y afectando actividades económicas y turísticas (Carrasco Díaz, 2025).

En el régimen térmico del aire, las normales 1991–2020 de SENAMHI para Pisco muestran un ciclo estacional templado con una temperatura normal más alta en febrero ($27,4^{\circ}\text{C}$) y más baja en agosto ($12,8^{\circ}\text{C}$); además, el informe nacional de climas ubica a Pisco con máximas promedio que fluctúan entre 28 – 29°C en verano y 22 – 23°C en invierno, consistentes con la atenuación marina propia de la costa central (SENAMHI, 2021). Durante episodios El Niño, las temperaturas del aire se sitúan por encima de lo normal en la costa central, aunque no cambia la clasificación climática árida-templada del litoral; en 2025, por ejemplo, los reportes costeros mostraron anomalías positivas de la temperatura del aire en la franja central (SENAMHI, 2025a; SENAMHI, 2025b).

La bahía presenta mareas semidiurnas (amplitud media $\sim 0,58$ m) y corrientes superficiales de dirección variable con predominio sur, intensificadas en la bocana y frente a Punta Paracas; dentro de la bahía se observan velocidades del orden de centímetros por segundo ($3,1$ – $32,1$ cm/s), con flujos más débiles en la zona centro-sureste y más intensos junto a Punta San Martín y Playa Atenas, lo que favorece la retención en áreas someras y mayor renovación cerca de forzantes locales, p. ej.: vientos locales, Punta paracas, Punta San Martín, Playa Atenas (Jacinto Tayco, 2014). Estos aspectos físicos, combinado con el afloramiento regional, estructura la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM), en julio–agosto se registran $17,75$ – $19,5^{\circ}\text{C}$ (promedio $18,77^{\circ}\text{C}$), mientras en primavera–verano la TSM asciende y modula la productividad (Jacinto Tayco, 2014; Jacobo & Sánchez, 2023).

El acoplamiento físico-biogeoquímico es evidente en la respuesta del fitoplancton: diatomeas y fitoflagelados dominan y exhiben patrón estacional; con TSM $> 20,7^{\circ}\text{C}$ en verano se observan

picos de dinoflagelados (potenciales FAN), mientras que en primavera, bajo mayor influencia de afloramiento frío, predominan diatomeas de estrategia "R"¹ (Jacobo & Sánchez, 2023).

En la serie 2013–2015, los máximos de abundancia alcanzaron $5,49 \times 10^6$ cel·L⁻¹ en noviembre (primavera) con TSM ~20,4 °C; y $2,40 \times 10^6$ cel·L⁻¹ en marzo (verano) con TSM ~24,1 °C, confirmando la sensibilidad del ensamble a la Temperatura, nutrientes (PO₄³⁻, SiO₄⁴⁻) y relación N:P (Jacobo & Sánchez, 2023).

Adicionalmente, se han documentado floraciones algales nocivas (FAN) en el ámbito de Paracas y adyacencias, reforzando la pertinencia de integrar vigilancia microalgal con variables físicas y químicas en el seguimiento ambiental (IMARPE; Jacobo & Sánchez, 2023).

El diagnóstico "*Propuesta de un sistema de indicadores ambientales y socioeconómicos en la zona marino costera de Pisco–Paracas*" (PNUD, 2023) compila series históricas 2000–2010 (TSM, OD, SST, pH, A&G) obtenidas principalmente de programas de seguimiento de IMARPE, y propone incluir FAN como indicador ambiental para Pisco–Paracas dadas su recurrencia e impacto.

En síntesis, el clima templado–desértico con humedad alta costera, precipitación ínfima, vientos Paracas intensos y un régimen de afloramiento activo generan una bahía semi-cerrada y altamente productiva, pero también susceptible a resuspensión, retención de materiales y eventos de hipoxia/anoxia en zonas de baja renovación; teniendo implicancias directas para la calidad del agua, los usos portuarios y turísticos, y la gestión de riesgos ambientales (Periche Vega, 2016; Jacinto Tayco, 2014; Jacobo & Sánchez, 2023; IMARPE–Paracas, 2013–2015).

Oceanográficamente, Paracas se inserta en la zona de surgencia Pisco–San Juan (~14.8–16° S), ampliamente reconocida por IMARPE como un centro de afloramiento persistente que se intensifica en invierno–primavera. El forzamiento de los alisios del SE y el transporte de Ekman² promueven el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes frente a Pisco, sosteniendo un ambiente de alta productividad y modulando la estructura termohalina típica del Sistema de la Corriente de Humboldt (Romero & Tam, 2022; Domínguez, 2023; IMARPE–SIOFEN, 2025). Esta estacionalidad (aprox. junio–noviembre) se expresa en máximos de biomasa fitoplanctónica y episodios de floraciones algales, incluidas FAN, documentados por el Laboratorio Costero de Pisco y por el programa de monitoreo de fitoplancton potencialmente tóxico de IMARPE en la zona Chíncha–Pisco (IMARPE, 2002; Jacobo & Sánchez, 2023). En el 2024, por ejemplo, IMARPE reportó FAN frente a la bahía de Paracas (p. ej., *Akashiwo sanguinea*), evidenciando una fuerte relación físico–biogeoquímico entre surgencia, TSM, nutrientes y respuesta del fitoplancton (IMARPE, 2024; Jacobo & Sánchez, 2023).

En conjunto, estos procesos explican la variabilidad intra-anual de la TSM y salinidad, así como de OD y pH en superficie y fondo, con relevancia directa para la gestión pesquera, acuícola y ambiental en Paracas (Romero & Tam, 2022; Domínguez, 2023).

Caracterización biológica y recursos hidrobiológicos

El ecosistema submareal y las islas cercanas (Ballestas/Chíncha) funcionan como refugio, área de alimentación y reproducción para una alta diversidad de especies de valor ecológico y

¹ Diatomeas oportunistas que crecen muy rápido, aprovechan pulsos de nutrientes y turbulencia y colonizan primero cuando el ambiente se vuelve favorable (p. ej., tras un evento de afloramiento frío y rico en nutrientes).

² El transporte de Ekman es el flujo neto de agua en la capa superficial del océano producido por el viento y desviado por el efecto Coriolis. Con vientos paralelos a la costa soplando hacia el norte (vientos "Paracas", de sur a norte), en el Hemisferio Sur el transporte de Ekman es hacia mar abierto (oeste). Ese desalojo superficial es compensado por ascenso de aguas subsuperficiales frías y ricas en nutrientes: es la surgencia costera.

pesquero, en un contexto de alta biodiversidad, documentada para la Reserva Nacional de Paracas (RNP) y la Reserva nacional del Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG) (SERNANP, s. f.). Entre los objetos de conservación destacan peces (p. ej., *Paralabrax humeralis*, *Anisotremus scapularis*, *Paralichthys adspersus*), invertebrados bentónicos de interés pesquero (*Stramonita chocolata*, *Concholepas* spp., *Octopus mimus*, *Loxechinus albus*, y especialmente la concha de abanico *Argopecten purpuratus*), así como macroalgas estructuradoras (*Macrocystis pyrifera*, *Lessonia* spp., *Eisenia cokeri*) y megafauna marina (p. ej., aves guaneras y pingüino de Humboldt) (IMARPE, 2022; Cardoso, 2004; Sánchez Rivas & Benites, 1988; Avila-Peltroche & Padilla-Vallejos, 2020; SERNANP, s. f.).

En particular, la maricultura y la pesquería de *A. purpuratus* en Paracas han sido estudiadas por IMARPE por décadas, incluyendo eventos críticos como la mortalidad masiva del 2000, donde confluyeron un estrés ambiental y condiciones anóxicas (Cabello et al., 2002).

La alta productividad asociada al afloramiento Pisco–San Juan ($\approx 15^\circ$ S), modulada por viento costero, transporte de Ekman y la Corriente Peruana (Humboldt), explica la riqueza biológica del mar de Paracas y sostiene sus principales pesquerías y actividades de maricultura (Pietri et al., 2013; Briceño-Zuluaga et al., 2023). Este impulsor físico promueve el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-}), alimentando el fitoplancton (diatomeas/dinoflagelados) y las dinámicas tróficas que, en condiciones de retención local, pueden derivar en hipoxia/anoxia estacional dentro de la bahía (Igarza et al., 2024).

En el submareal rocoso, la presencia y variabilidad genética de bosques de macroalgas pardas (p. ej., *Macrocystis pyrifera*) a lo largo de la costa peruana aportan hábitat y complejidad estructural, reforzando la función de refugio y crianza para peces e invertebrados en Paracas y su entorno (Avila-Peltroche & Padilla-Vallejos, 2020).

Actividades antrópicas principales

Desde una mira global en la Bahía de Paracas y su entorno inmediato confluyen pesca artesanal, maricultura (históricamente centrada en la concha de abanico *Argopecten purpuratus*), industria pesquera y de hidrocarburos, operaciones portuarias/marítimas, turismo (Islas Ballestas, playas de la RNP) y expansión urbana, además de aportes fluviales del río Pisco (IMARPE, s. f.; IMARPE, 2023). Estas actividades generan presiones diferenciadas sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua marina [TSM, OD, conductividad/salinidad, pH, SST, coliformes termotolerantes, DBO_5 , aceites y grasas (A&G), hidrocarburos totales de petróleo (HTP, fracción aromática) y metales traza (p. ej., Zn, B, Hg)] que a su vez condicionan hábitats sensibles y recursos de alto valor ecológico y económico (IMARPE, 2023; Cabello et al., 2002).

Podemos señalar las siguientes actividades que se desarrollan en la bahía de Paracas:

- **Industria pesquera y efluentes.**

Los efluentes del procesamiento de anchoveta se caracterizan por alta carga orgánica y contenido graso, elevando DBO_5 , SST y A&G. Entre 2000–2004 se documentaron picos de A&G en superficie (hasta 290–296 mg/L) y SST muy altos en estaciones someras dentro de la bahía, con superaciones de ECA y mayor retención por la débil circulación interna, lo que favoreció episodios de hipoxia/anoxia en fondo y acumulación de sulfuros (IMARPE, s. f.; Cabello et al., 2002). A partir de 2006 se observa una reducción asociada a mejoras en el tratamiento y reubicación de emisarios fuera de la bahía (medida de gestión) (IMARPE, s. f.). En 2004, el dragado por el proyecto Camisea agravó temporalmente la crisis de calidad (SST y A&G), confirmando la sensibilidad del sistema

a disturbios que resuspenden sedimentos finos y materia orgánica (IMARPE, s. f.). Estas presiones impactan directamente el OD, el pH (tendencia a valores bajos en zonas de mayor carga orgánica) y la bioseguridad de maricultura y playas (Cabello et al., 2002).

La evidencia compilada en el documento *"Propuesta de un sistema de indicadores ambientales y socioeconómicos en la zona marino costera de Pisco-Paracas"* (PNUD, 2023) indica que la categoría de contaminación pasó de "grave" a "moderada" tras mejoras tecnológicas y el traslado del emisario fuera de la bahía (2005), aunque persisten picos locales asociados a dragados y maniobras. Esta transición es consistente con descensos de A&G y una mayor renovación en la bocana.

De lo anteriormente señalado se reafirma la necesidad de priorizar el monitoreo de DBO₅, OD, SST, A&G/HTP (fracción aromática), pH, además de nutrientes (PO₄³⁻, NO₃⁻, SiO₄⁴⁻) para diagnosticar estados eutróficos y riesgos de hipoxia/anoxia en sectores industriales.

- **Pesca artesanal y maricultura (concha de abanico, macroalgas, moluscos)**

La maricultura y el incremento de la actividad en pesca artesanal aportan biodepósitos (materia orgánica particulada) y remoción de fondo en cortinas y líneas, lo que puede aumentar DBO₅ y SST locales y, combinado con condiciones físicas de retención, favorecer hipoxia en fondos finos. En 1999–2000 IMARPE implementó un monitoreo ambiental para comprender mortalidades masivas de concha de abanico dentro de la bahía, resaltando la sensibilidad del sistema.

Entre 2000 y 2010 se documentaron 13 zonas de extracción de invertebrados (Talpo, Atenas, Petroperú, Punta Pejerrey, etc.) y un acumulado de 129 mil toneladas desembarcadas en Pisco (predominio de concha, choro, caracol), con tendencia decreciente en invertebrados; la extracción de macroalgas (p. ej., *Chondracanthus chamissoi*) ganó importancia económica.

En la zona norte (urbano-recreativa), fuera de la RNP, la descarga de aguas residuales domiciliarias, el uso portuario y el turismo han inducido eutrofización y anoxia costera recurrentes, lo que refuerza la inclusión de coliformes termotolerantes y nutrientes como variables sentinela en el borde urbano-litoral.

- **Operaciones portuarias y tráfico marítimo**

El incremento del tránsito de naves y maniobras en terminales (p. ej., Puerto San Martín, instalaciones de hidrocarburos) añade riesgos de derrames y aportes crónicos de HTP (fracción aromática), además de resuspensión de sedimentos durante maniobras y dragados. Como respuesta, se recomendaron medidas de gestión como reducción de velocidad de embarcaciones y relocalización de emisarios, que han mostrado efectos positivos en los indicadores de estado a partir de 2007 (IMARPE, s. f.). En términos de calidad de agua, estas actividades inciden en A&G/HTP y SST; el potencial de toxicidad crónica de aromáticos y su adsorción a partículas finas los convierte en variables críticas para vigilar en zonas de fondeo y canales de acceso (IMARPE, s. f.; Jacinto M., 2014).

- **Turismo**

El turismo hacia RNP–Ballestas y playas urbanas incrementa la carga sanitaria y de residuos en temporadas pico, con potencial elevación de coliformes termotolerantes y nutrientes en la franja somera urbana si los servicios no acompañan la demanda. PNUD en su informe "*Propuesta de un sistema de indicadores ambientales y socioeconómicos en la zona marino costera de Pisco–Paracas*" documenta el crecimiento de visitantes a la RNP (2002–2008), subrayando la necesidad de gestión de residuos y control sanitario costero.

- **Aportes fluviales y efluentes mineros/hidrocarburíferos**

Durante el estiaje y avenidas del río Pisco, se transportan hacia el ámbito costero metales y residuos industriales/agroquímicos de la cuenca media–alta, con efecto potencial sobre metales traza (Zn, Hg) y parámetros iónicos (conductividad/salinidad). Además, existen riesgos asociados a actividades hidrocarburíferas en la zona (IMARPE, s. f.). Estos forzantes de cuenca–litoral costero y actividades energéticas justifican la inclusión de HTP, metales y conductividad/salinidad entre los parámetros de vigilancia prioritaria (IMARPE, s. f.).

Efectos ecológicos y productivos

Las combinaciones de alta DBO₅, A&G y SST elevada, junto con la baja renovación en sectores someros, se relacionaron con mortalidades de *A. purpuratus* (Atenas) y riesgos para otros invertebrados bentónicos (p. ej., *Octopus mimus*, *Stramonita chocolata*) y peces costeros; estas condiciones afectan la maricultura, la pesca artesanal y la imagen turística del área (Cabello et al., 2002; IMARPE, 2023). La evidencia reciente con bioindicadores (foraminíferos bentónicos) y geoquímica de sedimentos confirma gradientes de materia orgánica y fósforo disuelto en poros que favorecen estados reductores, especialmente en el sector norte y centro de la bahía (2019–2021), alineados con la mayor presión antrópica histórica (estaciones cercanas a plantas/terminales) (Tesis Paracas 2019–2021).

Interacciones con FAN y eventos de mortalidad

En Paracas las FAN son recurrentes (verano–otoño con protagonismo de dinoflagelados), moduladas por afloramiento, nutrientes y aportes antrópicos. La combinación de carga orgánica industrial con FAN y baja renovación explica episodios de hipoxia/anoxia y mortalidades (peces y concha de abanico) documentados por IMARPE y colaboradores. Este comportamiento justifica incorporar nutrientes (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-}), OD (fondo), SST y clorofila/FAN como parte de un manejo de alerta temprana.

1.2 Actores presentes en el ámbito

Los actores presentes en el área de la bahía de paracas son diversos como las actividades desarrolladas en el área, una agrupación general en tres grupos podemos citar a las siguientes:

A. Instituciones públicas: MINAM, ANA, OEFA, SERNANP, PRODUCE / SANIPES, IMARPE, DICAPI, APN / MTC, DHN / SENAMHI, GORE Ica, Municipalidades de Pisco, Paracas y San Andrés, DIGESA – MINSa.

B. Instituciones privadas: Concesionario del Terminal Portuario General San Martín, Empresas pesqueras industriales, Empresas de maricultura, PLUSPETROL, Operadores turísticos, Hoteles y gremios de hospedaje/restauración, Laboratorios y consultoras ambientales.

C. Sociedad civil: ONGs y academia, Gremios de pescadores artesanales (Paracas, San Andrés, Pisco), Asociaciones/cooperativas de maricultores, Cámara de Turismo de Paracas / Cámara de Comercio (Pisco/Ica), ONGs y Agencias ambientales internacionales, nacionales y locales (p. ej., PNUD, ACOREMA, Grupo de Aves del Perú-GAP, TERRA NUOVA, EbaMar, GIZ), Universidades e institutos (UN San Luis Gonzaga-Ica, UNALM, UCSUR, UPCH; institutos de Pisco/Paracas; CITE/centros técnicos), Asociaciones de operadores turísticos y guías, Medios locales y colectivos ciudadanos.

Sin embargo, para efectos de una mayor vinculación con el propósito de la consultoría se alcanza un cuadro de los actores de mayor articulación, señalando, también, que en el marco de la Comisión Ambiental Provincial de Pisco se tiene el Comité de Gestión Local del Plan de Manejo Integrado de la Zona Marino-Costera (PMIZMC) de la provincia de Pisco. En donde se tiene un Grupo de Trabajo integrado por representantes del Ministerio del Ambiente (MINAM), el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), la Municipalidad Provincial de Pisco, y organizaciones no gubernamentales (como ACOREMA y Terra Nuova), posibilitando un trabajo ágil ante cualquier coordinación y gestión a desarrollar. A continuación, se presenta un cuadro comparativo de las instituciones, su función principal vinculada a la bahía, normatividad vinculada y parámetros vinculados de acuerdo ya a la selección para el índice de calidad a proponer en la bahía Paracas.

A) Instituciones públicas

Cuadro 1 Instituciones públicas

Actor	Función principal vinculada a la Bahía de Paracas	Normatividad vinculada a su responsabilidad	Parámetros relacionados
MINAM	Rector de la política ambiental; aprueba ECA-Agua; integra información en SINIA.	D.S. N.° 012-2009-MINAM; D.S. N.° 015-2015-MINAM; D.S. N.° 004-2017-MINAM (ECA-Agua).	TSM, OD, Conductividad, pH, SST, CTT, DBO ₅ , A&G, HTP (aromáticos), Zn, B, Hg
ANA	Rector técnico–normativo del recurso hídrico; clasificación de cuerpos de agua; lineamientos de monitoreo/calidad.	Ley N.° 29338 y Reglamento; R.J. N.° 202-2010-ANA; R.J. N.° 274-2010-ANA; ECA-Agua.	TSM, OD, Conductividad, pH, SST, DBO ₅ , A&G, HTP, CTT, Zn, B, Hg
OEFA	Fiscalización ambiental; control de vertimientos, zonas de mezcla y medidas correctivas.	ECA-Agua (MINAM); LMP sectoriales (p. ej., D.S. N.° 010-2008-PRODUCE).	DBO ₅ , SST, CTT, A&G, HTP, Zn, B, Hg
SERNANP – Reserva Nacional de Paracas	Gestión del ANP y regulación de usos dentro de la RNP.	Ley N.° 26834 (ANP); D.S. N.° 1281-75-AG (creación RNP).	CTT, SST, OD, A&G, HTP, Zn, B, Hg

Actor	Función principal vinculada a la Bahía de Paracas	Normatividad vinculada a su responsabilidad	Parámetros relacionados
PRODUCE	Rectoría y regulación del sector pesquero y acuícola; normas técnicas y habilitaciones productivas.	D. L. N.° 25977; Ley N.° 1195; D.S. N.° 010-2008-PRODUCE (LMP industria pesquera).	DBO ₅ , SST, A&G, HTP, CTT, pH, OD, Conductividad
SANIPES	Autoridad sanitaria e inocuidad en pesca y acuicultura; vigilancia en centros de cultivo y áreas de extracción.	Ley N.° 1195; D. L. N.° 25977; coordinación con ECA-Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM).	CTT (clave sanitario), SST, OD, pH; y por riesgos a inocuidad, A&G y HTP.
IMARPE	Investigación y monitoreo oceanográfico–biológico; serie de estaciones en Paracas.	Rol científico–técnico; coordinación interinstitucional.	TSM, OD, pH, Conductividad, SST
DICAPI (MGP)	Autoridad marítima; seguridad de la navegación y control de actividades marítimas.	MARPOL 73/78 (implementación nacional).	A&G, HTP; soporte con SST y CTT
APN / MTC	Gestión portuaria y habilitaciones; articulación con autoridades ambientales.	Marco portuario y SEIA aplicable a proyectos portuarios.	A&G, HTP, SST, CTT
DHN / SENAMHI	Hidrografía y avisos hidrometeorológicos; soporte a operación y seguridad.	Avisos oficiales; carta HIDRONAV-2263 como referencia cartográfica.	(Apoyo a planificación; no generan parámetros del índice)
GORE Ica	Gestión regional de recursos naturales y ambiente; articulación con sectores.	Política ambiental y competencias regionales.	CTT, SST; control de fuentes difusas/locales
Municipalidades (Pisco, Paracas, San Andrés)	Gestión local de residuos, limpieza de playas y ordenamiento urbano–costero.	Competencias municipales; coordinación con ECA-Agua y fiscalización sectorial.	CTT y SST
DIGESA – MINSA	Salud ambiental; vigilancia de calidad sanitaria en baños recreacionales.	Normativa sanitaria nacional; coordinación con ECA recreacionales.	CTT (clave sanitario) y SST

B) Sector privado y sociedad civil

Cuadro 2 Instituciones del sector privado y sociedad civil

Actor	Función principal vinculada a la Bahía de Paracas	Normatividad vinculada	Parámetros relacionados
Terminal Portuario General San Martín (Concesionario)	Operación portuaria; manejo y control ambiental de frentes de agua.	SEIA; ECA-Agua; coordinación con OEFA y DICAPI.	A&G, HTP, SST, CTT
Maricultura (concha de abanico y otras)	Cultivo/extracción; cumplimiento sanitario-ambiental y trazabilidad.	Ley N.º 1195 (Acuicultura); D.S. N.º 023-2001-PE (ordenamiento en RNP Paracas).	CTT, OD, SST; A&G/HTP
Pluspetrol (planta/terminal en el ámbito Pisco-Paracas)	Operación de instalaciones de hidrocarburos (planta/terminal y operaciones marítimas asociadas), prevención y atención de derrames, gestión de efluentes y residuos, cumplimiento de medidas del SEIA; coordinación operativa con DICAPI, APN, OEFA y SERNANP.	Ley Orgánica de Hidrocarburos (Ley N.º 26221); Reglamento para la protección ambiental en hidrocarburos (D.S. N.º 039-2014-EM y modif.); SEIA (D.S. N.º 019-2009-MINAM); ECA-Agua marino-costero (D.S. N.º 004-2017-MINAM); MARPOL 73/78 (descargas al mar); disposiciones de DICAPI/APN/OEFA aplicables.	HTP (hidrocarburos totales de petróleo, fracción aromática), A&G (aceites y grasas), SST (turbidez/sólidos), CTT (condición sanitaria en áreas adyacentes); de soporte: OD, pH.
Operadores turísticos / Hoteles / Marinas	Uso público, embarque a Ballestas/RNP; servicios en malecones y playas.	Gestión local y sanitaria aplicable; coordinación con SERNANP.	CTT y SST
Gremios de pescadores y maricultores	Uso extractivo y de cultivo; vigilancia colaborativa y reporte.	Normativa pesquera/acuícola vigente; coordinación con PRODUCE/SANIPES.	OD, SST, CTT; A&G/HTP (riesgo a producto/arte)
ONGs / Universidades / Laboratorios	Monitoreo, investigación, ensayos acreditados, QA/QC y formación.	Acreditación de laboratorios; convenios de investigación.	Todos los del índice, según línea de trabajo

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de Paracas y mecanismo de implementación.

2.2 Objetivo específico (Producto 1)

- Analizar la información recopilada e indicadores empleados actualmente que permitan la evaluación a nivel espacial y temporal de calidad ambiental en la zona marino-costera de la bahía de Paracas, y que puedan ser utilizados en la elaboración de un Índice de Calidad Ambiental (Índice de Calidad de Aguas Marinas – ICAM u otros).

- Evaluar la viabilidad de implementar el ICAM u otro índice para la bahía de Paracas, o, de ser el caso, diseñar un Índice propio para la citada zona.

3. INTRODUCCIÓN

El presente documento se enmarca en la consultoría “Elaboración de una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino-costero de la Bahía de Paracas y su mecanismo de implementación”, y corresponde al Componente 2 del proyecto “Catalizando la implementación de un Programa de Acción Estratégico para la gestión sostenible de los recursos marinos vivos compartidos en el Sistema de la Corriente de Humboldt (Proyecto Humboldt II)”.

Contenido del Producto 1:

- Informe de análisis del marco normativo e institucional nacional vinculados las acciones de evaluación y monitoreo de calidad ambiental en la zona marino-costera.
- Informe de evaluación sobre el uso de Índices (ICAM, IdSO u otros Índices) y su viabilidad para su utilización en la gestión de los espacios marino-costeros.
- Reporte de desarrollo de un Índice propio para la bahía de Paracas (planteamiento y sustento de la metodología, información requerida, etc.)
- Informe técnico de recopilación y sistematización de información de parámetros de calidad ambiental generados en la bahía de Paracas, considerando el periodo comprendido entre los años 2014 y 2024, incluye la base de datos.
- Reporte de reuniones de coordinación/trabajo con la contraparte técnica, especialistas, representantes de instituciones públicas o privadas, entre otros.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Propósito y alcance

El presente marco teórico precisa los conceptos, tipologías y usos de *indicadores* e *índices* ambientales, con énfasis en su aplicación a los ecosistemas marino-costeros y a la evaluación de la calidad ambiental. Se pretende ofrecer una base conceptual y metodológica que permita seleccionar variables, estructurar indicadores y construir índices compuestos con validez científica, trazabilidad y utilidad para la decisión pública (p. ej., cumplimiento normativo, planificación y priorización). Se adoptan criterios internacionales para el diseño de índices, como la transparencia en supuestos, el análisis de sensibilidad y la comunicación clara de la incertidumbre, recomendados por el OECD-Handbook on Constructing Composite Indicators. (Nardo et al., 2008).

4.2. Definiciones y clarificación conceptual

Indicador. En gestión ambiental, un indicador es una medida basada en datos que resume, describe o cuantifica un fenómeno para **evaluar su estado, tendencia o desempeño** frente a metas u obligaciones (p. ej., ECA/LMP). La ISO 14031:2021 distingue **indicadores de desempeño** e **indicadores de condición ambiental**, y subraya que deben fundamentarse en **información fiable y verificable**, integrarse al **ciclo de mejora continua (PDCA)** y apoyar decisiones de gestión (ISO, 2021).

Índice. Un índice es una **medida sintética** que **integra múltiples indicadores (normalización** y, cuando procede, **ponderación)** para representar una **dimensión compleja** (p. ej., “calidad del agua”) en una **escala interpretable** (0–100, 1–5 o clases). Las guías metodológicas recomiendan documentar supuestos, justificar la selección de variables, tratar faltantes/outliers y probar la robustez vía análisis de sensibilidad, para asegurar validez e interpretabilidad (Nardo et al., 2008).

4.3. Tipologías de indicadores

- a) **Por rol en la cadena causal – marcos PSR/DPSIR.** La Agencia Europea de Medio Ambiente organiza los indicadores mediante DPSIR (*Drivers–Pressures–State–Impacts–Responses*), lo que facilita una lectura causal coherente con políticas públicas (diseño, metas, seguimiento y evaluación) (EEA, 1999).
- b) **Por naturaleza del fenómeno.** En ambientes marino-costeros se combinan indicadores físico-químicos (pH, OD, nutrientes), biológicos (fitoplancton, macrofauna bentónica), microbiológicos, eco-toxicológicos, hidromorfológicos, socioeconómicos, entre otros, alineados con el enfoque de indicadores para todas las fases del ciclo de política (EEA, 2024).
- c) **Por comportamiento temporal.** Indicadores principales (tempranos; p. ej., nutrientes, clorofila), coincidentes y complementarios (p. ej., mortalidad bentónica) son útiles para vigilancia y alerta temprana, especialmente en costas de afloramiento con alta variabilidad natural (EEA, 1999).

4.4. Funciones y valor (importancia)

Indicadores e índices sustentan el diagnóstico (estado/condición), la alerta temprana (cambios rápidos), el seguimiento de metas (ECA/LMP), la comparación espacio-temporal (*benchmarking*), la priorización (focalización de inspecciones e inversiones) y la comunicación (síntesis de fácil entendimiento para actores y ciudadanía). Su utilidad depende de la calidad y comparabilidad de los datos, la validez de las métricas y su relevancia para las decisiones (EEA, 1999; ISO, 2021).

4.5. Criterios de calidad para seleccionar indicadores

La selección debe maximizar relevancia para la política, solidez científica, sensibilidad, especificidad, disponibilidad/costo de datos, comparabilidad y trazabilidad, explicitar criterios y procedimientos de selección para evitar redundancias o sesgos, y definir protocolos de datos (control de calidad, manejo de ND/outliers) (Niemeijer & de Groot, 2008; ISO, 2021).

4.6. Construcción de índices compuestos (síntesis metodológica)

Normalización. Para comparar variables heterogéneas se emplean escalas **min-máx** (0–1/0–100), **z-score** o **distancia a meta** (p. ej., cociente respecto de un estándar). En índices regulatorios, como los de **calidad de agua**, la estrategia de **distancia a estándar/meta** es habitual y facilita la lectura de cumplimiento (Nardo et al., 2008).

Ponderación. Puede ser **igual** (transparente), **experta** (p. ej., AHP) o **basada en datos** (PCA/entropía). Se recomienda realizar **análisis de sensibilidad** a pesos y métodos de normalización, para comprobar la **estabilidad** del índice (Nardo et al., 2008).

Agregación.

- **Aditiva (compensatoria):** los valores altos pueden compensar bajos.
- **Geométrica:** penaliza valores muy bajos (evita “compensación injusta”).
- **No compensatoria:** reglas de veto/umbrales mínimos.

En **calidad de agua**, una familia muy difundida es la que se emplea **alcance (F₁)**, **frecuencia (F₂)** y **magnitud (F₃)** de incumplimientos para obtener un puntaje **0–100** con clases interpretativas; este es el caso del **CCME Water Quality Index (WQI)**, actualizado en 2017 (CCME, 2017).

Validación y reporte. Las buenas prácticas incluyen back-testing (coherencia con eventos históricos), cuantificación de la incertidumbre y reportes con intervalos/semáforos y paneles **DPSIR**, promovidos en guías internacionales (Nardo et al., 2008).

4.7. Tipos de índices relevantes en ambiente marino-costero

- **Índices regulatorios de calidad de agua** (p. ej., **CCME WQI**): integran múltiples parámetros frente a estándares y facilitan la comparación entre sitios y periodos (CCME, 2017).
- **Índices ecológicos/bióticos** (p. ej., **AMBI** de **macrofauna bentónica**): capturan respuestas biológicas integradas a presiones crónicas (orgánicos, metales) y son complementarios a los fisicoquímicos (Borja et al., 2000).
- **Índices tróficos** (p. ej., **TRIX**): combinan clorofila-a, oxígeno y fosfatos para evaluar **eutrofización**; su uso en costas de afloramiento requiere cautela por la alta variabilidad natural (Vollenweider et al., 1998; síntesis en JRC/EC y literatura posterior).
- **Índices integrales de salud oceánica** (p. ej., **OHI**): articulan metas/ecoservicios (biodiversidad, pesquerías, carbono azul, turismo, aguas limpias) en escala 0–100, útiles para seguimiento de políticas y comparaciones globales (Halpern et al., 2012).

5. INFORME DE ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL NACIONAL VINCULADOS LAS ACCIONES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA ZONA MARINO-COSTERA

En la provincia de Pisco-Ica, se encuentra la bahía de Paracas, ubicando parte de esta bahía dentro de la Reserva Nacional de Paracas y la otra parte en el área de amortiguamiento del área natural protegida. Esta bahía alberga una alta riqueza de especies marinas, con al menos 146 especies registradas, incluyendo 10 especies protegidas a nivel nacional e internacional. Es un hábitat crítico para aves acuáticas y tortugas marinas verdes y presenta sectores de gran riqueza biológica que gracias a sus aguas frías y ricas en nutrientes que nos trae la Corriente de Humboldt. A pesar de estar estrictamente protegidos, enfrentan amenazas por actividades humanas.

La bahía es altamente productiva, sustentando redes tróficas que incluyen fitoplancton, peces, moluscos, mamíferos y aves. La producción primaria es fundamental para la pesca y la acuicultura, especialmente de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, recurso emblemático de la zona.

La bahía de Paracas, enfrenta desafíos como la contaminación industrial (harina de pescado), presión turística, eventos de mortalidad masiva de especies y vulnerabilidad ante perturbaciones ocasionadas por las comunidades locales.

La normativa busca equilibrar la protección de este ecosistema con el uso sostenible de sus recursos, pero enfrenta desafíos como la contaminación en el medio marino, que requieren atención y acciones coordinadas para asegurar su conservación a largo plazo.

La propuesta del Índice de Calidad Ambiental de la bahía de Paracas (ICA-Paracas) se alinea con las normativas actuales del sector mediante su integración en marcos legales y planes de gestión ambiental existentes, asegurando la sostenibilidad de los recursos marino-costeros.

Entre las más importantes tenemos las siguientes:

5.1 Normas y Convenios Internacionales

La Bahía de Paracas es un sitio de gran importancia ecológica y productiva, como tal, está protegida por un marco legal que va más allá de las fronteras nacionales. Las principales normas y convenios internacionales que resguardan este valioso ecosistema son:

- **AGENDA 21, CAPÍTULO 17 SOBRE MARES Y OCÉANOS.** la que señala, que el medio ambiente marino y las zonas costeras deben ser protegidos y su uso debe ser racional para permitir el desarrollo de los recursos vivos, evitando la saturación en el uso de los espacios costeros, promoviendo para tal fin el uso de la herramienta de gestión denominada Manejo integrado de Zonas Costeras (MIZC). Protegiendo a los océanos y mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semi cerrados, zonas costeras.
- **17 ODS (OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE) 2015,** Las ODS reemplazaron a los objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), y se fijaron dentro de la Agenda 2030. El Objetivo 14 menciona sobre la conservación y utilizar en forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para el desarrollo sostenible. El fin de la ODS es lograr que los océanos, mares y recursos marinos, como fuentes de vida, comercio y transporte sean administrados de manera efectiva y que cuenten con recursos suficientes y leyes que reduzcan la sobrepesca, la contaminación marina y acidificación de los océanos.
- **CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR BUQUES.** 1973. Establece estándares globales para reducir la contaminación Marina. Modificada por el correspondiente Protocolo de 1978, (MARPOL 73/78), adheridos con Decreto Ley 22703 y 22954 del 25 de setiembre de 1979 y 26 de marzo de 1980 respectivamente, tiene por finalidad prevenir la contaminación del medio marino por la descarga de sustancias o efluentes contaminantes, provenientes de los buques u otro tipo de instalación acuática.
- **ORGANIZACIÓN MARITIMA INTERNACIONAL (OMI).** En el año 2003, la bahía de Paracas fue designada como un Área Marina Particularmente Sensible (PSSA, por sus siglas en inglés) por la OMI. La designación de PSSA reconoce la vulnerabilidad de la bahía a los daños causados por el transporte marítimo internacional y las actividades asociadas. Esto ha llevado a la implementación de medidas de gestión de tráfico, como "Áreas a Evitar", para proteger el ecosistema. Tu discusión de tesis podría utilizar esta designación para argumentar a favor de regulaciones más estrictas sobre la navegación, las descargas de desechos y otras actividades marítimas en la zona.
- **CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA (CDB).** Perú es parte de este convenio global que tiene como objetivo la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. El CDB es el marco que sustenta la creación y gestión de áreas protegidas como la Reserva Nacional de Paracas. La bahía, al ser un ecosistema marino-costero de alta productividad y biodiversidad, está directamente protegida por los principios de este convenio.
- **CONVENCION SOBRE PROTECCION DEL PATRIMONIO MUNDIAL, CULTURAL Y NACIONAL** Aunque la bahía de Paracas no es un "Sitio del Patrimonio Mundial" de la

UNESCO, el principio de conservación de la naturaleza y sus elementos distintivos es un marco de referencia internacional.

5.2 Normas Nacionales

A continuación, se presentan normas nacionales que rigen la protección, vigilancia y control de la contaminación en bahía Paracas.

Políticas

- **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM**, publicada el 23 de Mayo del 2009, Aprueba la Política Nacional Ambiental, la cual tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables, y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

Gestión Ambiental

- **Ley 28611 - Ley General del Ambiente**, publicada el 15 de octubre del 2005, modificada por Decreto Legislativo N° 1055 del 27 de junio del 2008, establece que el Estado tiene el rol de diseñar y aplicar las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para de esta forma garantizar el efectivo ejercicio y cumplimiento de los derechos, obligaciones y responsabilidades de carácter ambiental, realizando esta función a través de sus órganos y entidades correspondientes.

Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental

- **Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental**, modificada por Decreto Legislativo N° 1078 del 28 de junio 2008, publicada el 23 de abril de 2001, establece el Sistema Nacional de Evaluación Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

Aprovechamiento de los Recursos Naturales y su Diversidad Biológica

- **Ley N° 26839 - Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica**, publicada el 16 de julio de 1997, norma los aspectos relativos a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, a través de la promoción la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de la diversidad biológica y el desarrollo económico del país basado en el uso sostenible de sus componentes.

Áreas Naturales Protegidas

- **Ley N° 26834 – Ley de Áreas Naturales Protegidas, publicada el 04 de julio de 1997**, norma los aspectos relacionados con la gestión de las Áreas Naturales Protegidas y su conservación de conformidad con el artículo 68° de la Constitución Política del Perú. Precizando que las Áreas Naturales Protegidas son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus

categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

- **Decreto Supremo N° 1281-75-AG - Creación de la Reserva Nacional de Paracas (1975)**, con el objetivo de conservar su ecosistema marino - costeros de la corriente de Humboldt (Aguas Costeras Frías – ACF), que permita la continuidad de las especies que habitan en dichas áreas; con un manejo sostenible de sus recursos naturales y con actividades compatibles como el turismo, la recreación, la pesca responsable y la maricultura con participación de la población local.

Sectores Productivos

- **Decreto Ley N° 25977 - Ley General de Pesca, publicada el 25 de setiembre de 1998**, señala que el Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, debe velar por la protección y preservación del medio ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación deterioro en el entorno marítimo terrestre y atmosférico.
- **Ley N° 26221 - Ley Orgánica que norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional**, publicada el 20 de agosto del 2003, establece que las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que desarrollen actividades de hidrocarburos deberán cumplir con las disposiciones sobre el Medio Ambiente.
- **Ley General De Acuicultura N°1195**, Esta ley tiene como objetivo fomentar, desarrollar y regular la acuicultura en sus diferentes fases productivas, tanto en ambientes marinos, estuarinos como continentales. Además, declara la acuicultura como una actividad económica de interés nacional que contribuye a la diversificación productiva y la competitividad, respetando el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad.
- **Decreto Supremo N° 023-2001-PE, Aprueban Reglamento de “Administración y Manejo de las Concesiones Especiales para el Desarrollo de la Maricultura de Especies Bentónicas en la Reserva Nacional de Paracas”**. En efectos de ordenar la actividad de acuicultura en las áreas marinas de la reserva nacional de paracas, el presente decreto se emite con el objetivo de regular su manejo para proteger la biodiversidad y ecosistemas de dichas áreas de concesión administradas por las organizaciones sociales e inversionistas privados.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

- **Decreto Supremo N°004-2017-MINAN Aprueba los estándares de calidad Ambiental (ECA) para Agua, Incluyendo aguas marino Costeras**, El decreto establece 104 parámetros de ECA para el agua, agrupados en cuatro categorías, y actualiza algunos de los parámetros existentes, según el Ministerio de Ambiente. Este es el marco normativo que establece los valores de los parámetros fisicoquímicos por categorías y subcategorías, tanto para aguas marinas como para aguas continentales por tipo de uso.

- **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM Modifica y Actualiza los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)**, Establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Donde la modificatoria del art. 2 de las disposiciones para la implementación de los ECA para agua, aprobadas por Decreto supremo N°023-2009-MINAM. Precisan las categorías de los Estándares de Calidad (ECA) para agua.
- **Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE - aprueban Límites Máximo Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y normas complementarias**, Publicado el 30 de abril de 2008, establece el cumplimiento obligatorio de los LMP para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevo y para aquellos que se reubiquen. Define las cantidades máximas de ciertas sustancias que pueden ser liberadas al medio ambiente por las fábricas de harina y aceite de pescado, buscando proteger la salud humana y el medio ambiente.

Vigilancia, Control y Fiscalización Ambiental

- **Ley N° 29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental**, OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) fue creado para establecer un sistema integral para asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental por parte de empresas, entidades públicas y privadas. Su principal función es asegurar que las actividades económicas se desarrollen en un equilibrio con la protección ambiental, mediante la evaluación, supervisión, fiscalización y sanción de las empresas que operan en diversos sectores económicos en materia ambiental cumplan con la normativa.
- **Ley N° 29338 – Ley General de Recursos Hídricos, publicado el 01 de marzo del 2009**, regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Asigna a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como ente rector técnico – normativo.
- **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**, Promulgada con D.S. N° 001-2010-AG y la clasificación de los cuerpos de agua, R.J. N° 202-2010-ANA publicadas el 24 de marzo del 2010 y la R.J. N° 274-2010-ANA publicada el 5 de mayo del 2010 sobre los Planes de Adecuación para Vertimientos y Reúso de Aguas.

5.3 Análisis de la Normatividad

- Los convenios y normas internacionales proporcionarán un marco robusto que permite contextualizar la importancia de la bahía de Paracas no solo a nivel nacional, sino como un patrimonio ecológico global.
- Con el mayor flujo de barcos de carga en el terminal portuario General San Martín-Paracas, Pisco y Terminal Marítimo de Camisea en Pisco, la normativa internacional existente, regula la actividad marítima de gran calado, protegiendo el ecosistema de la bahía Paracas, además de especies y sistemas productivos que aquí se desarrollan.
- El Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente, es el instrumento de más alto nivel que guía la gestión ambiental en Perú y es de vital importancia para la Bahía de Paracas, incluyendo tanto la porción dentro de la Reserva Nacional (RNP) como su área de amortiguamiento.

- Aunque este marco legal no menciona explícitamente la bahía, sus principios y lineamientos generales son el marco rector para todas las acciones de gestión ambiental en la zona. Su importancia radica en que proporciona las directrices para la correcta interacción entre las actividades humanas y el ecosistema, especialmente en un área donde la protección estricta (dentro de la reserva) coexiste con actividades productivas (en el área de amortiguamiento).
- La Política Nacional del Ambiente promueve la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en todo el país. Esto es crucial para la parte de la bahía que se encuentra en el área de amortiguamiento, ya que establece los principios para regular las actividades económicas (como la pesca artesanal, la maricultura o el turismo) de manera que no comprometan los objetivos de conservación de la Reserva Nacional. La política obliga a que las actividades en estas zonas sean compatibles con la protección del área central.
- La Gestión Integral de Zonas Marino-Costeras, es un eje temático específico sobre la gestión integrada de los ecosistemas acuáticos y marino-costeros. Esto obliga a las autoridades competentes (como el Ministerio del Ambiente y el SERNANP) a considerar la bahía como un sistema único, donde la contaminación o degradación en el área de amortiguamiento puede afectar directamente la biodiversidad y los procesos ecológicos dentro de la reserva. Esta perspectiva sistémica es fundamental para la evaluación de impacto ambiental.
- La política ambiental nacional, exige la elaboración de estudios de impacto ambiental (EIA), para proyectos que puedan afectar el ambiente. Para las actividades productivas en el área de amortiguamiento de la bahía de Paracas, este decreto sustenta la obligación de realizar estudios que evalúen los posibles impactos y propongan medidas de mitigación adecuadas, garantizando que el desarrollo económico sea compatible con la conservación.
- La actividad pesquera y acuícola en la bahía de Paracas está regulada por un complejo entramado de normas y entidades, que buscan compatibilizar el aprovechamiento de los recursos con la conservación del ecosistema, dada la condición de ser una Reserva Nacional y un área de amortiguamiento.
- Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la bahía de Paracas están regulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Los valores específicos se establecen en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los ECA para el agua. Este decreto es el instrumento técnico principal para la gestión de la calidad del agua en Perú.
- La vigilancia, control y fiscalización ambiental en la Bahía de Paracas es una labor compleja y multisectorial, que involucra a varias instituciones del Estado, cada una con un rol específico. La autoridad principal es el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), pero trabaja en coordinación con otras entidades clave como en ANA.
- La normatividad peruana contempla la protección de las áreas marinas vulnerables, como la Bahía de Paracas incluyendo zonas de surgencia asociadas a la corriente de Humboldt, para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrecen.
- En resumen, la corriente de Humboldt es un recurso natural invaluable para Perú, y la normatividad peruana juega un papel fundamental en su protección y gestión sostenible, buscando equilibrar el aprovechamiento económico con la conservación de la

biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrece este importante ecosistema marino.

6. INFORME DE EVALUACIÓN SOBRE EL USO DE ÍNDICES (ICAM, IDSO U OTROS ÍNDICES) Y SU VIABILIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS ESPACIOS MARINO-COSTEROS

Tomando como referencia los estudios que se detallan a continuación, se efectuó un análisis crítico y comparativo del uso de cada índice y de su viabilidad de implementación en la gestión de los espacios marino-costeros del Perú, con especial atención a la realidad y características propias de la Bahía de Paracas. Los estudios considerados son los siguientes:

1. ANA – “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”

a) Metodología

Arquitectura

El ICARHS es una adaptación peruana del enfoque CCME-WQI (Canadian Council of Ministers of the Environment – *Water Quality Index*): cuantifica alcance (F_1), frecuencia (F_2) y amplitud (F_3) de incumplimientos respecto de estándares (ECA-Agua), y sintetiza los tres factores mediante una raíz cuadrática media (RMS) normalizada. El índice final se obtiene como un puntaje 0–100 con clases interpretativas (Excelente, Buena, Regular, Pobre). La guía de cálculo, con definiciones operativas y ejemplos (p.ej., reglas para “mayor que”, “menor que” y “rango” como pH 6.5–8.5 u OD ≥ 4 mg/L), está explícita en la metodología oficial del documento de referencia.

Definiciones operativas

- F_1 (alcance): % de parámetros que registran al menos un valor fuera del ECA.
- F_2 (frecuencia): % de mediciones individuales fuera del ECA (todas las observaciones de todas las variables).
- F_3 (amplitud/magnitud): integra qué tanto se alejan los datos del objetivo (ECA), usando la “Suma Normalizada de Excedentes (SNE)” con reglas distintas si el criterio es “ $\leq$ ”, “ $\geq$ ” o “entre a y b” (caso pH, el cual considera límites “inferior a” y “mayor a”, por ejemplo).

Subíndices y agregación precautoria

La metodología oficial describe el cálculo por grupos de parámetros y el uso de un criterio precautorio (tomar el valor más bajo cuando se construyen subíndices), práctica coherente con la familia CCME-WQI para evitar que un buen desempeño en un grupo compense fallas graves en otro.

Marco normativo

El ICARHS se calcula contra los ECA-Agua vigentes (en ríos, lagos u otros cuerpos continentales), aprobada por Resolución Jefatural N.º 084-2020-ANA.

Para Paracas (medio marino), los estándares de referencia aplicables son los ECA Marino–Costeros del D.S. N.º 004-2017-MINAM, por subcategorías (conservación de vida acuática, recreación, maricultura, etc.).

Nota de alcance: el documento ICARHS nace para **ambientes superficiales continentales**; su uso en espacios **marino–costero** exige **ajuste** de parámetros, objetivos y diseño de muestreo al contexto de surgencia, estratificación y variabilidad física de Paracas.

b) Requisitos de información

Muestreo mínimo y comparabilidad

Se recomienda ≥ 4 campañas por punto (ideal: 2 en “avenida” y 2 en “estiaje” para ríos; por analogía marina se debería tomar temporadas clave: invierno–primavera de mayor surgencia y verano–otoño), siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo para garantizar comparabilidad y trazabilidad de laboratorio (métodos, límites de detección, blancos, duplicados). Caso alternativo, disponibilidad de data de instituciones confiables.

Referencia normativa

Se requiere la asignación explícita de subcategorías ECA marino–costeras para cada punto/uso (conservación, recreación, acuicultura), con metadatos completos (coordenadas, viento, etc.)

Data disponible

En Paracas existe un acervo multisectorial con OD, TSM, pH, SST (turbidez), A&G, HTP aromáticos, nutrientes (PO_4^{3-} , NO_3^- , SiO_4^{4-}) y metales, además de registros bióticos y eventos (FAN, varazones, hipoxia). La propuesta del PNUD (2023) ya sugiere integrar y estandarizar estas fuentes (IMARPE, OEFA, empresas, gobiernos locales) con flujos confiables y SIG.

c) Parámetros

Los parámetros utilizados se organizan en dos bloques: uno **orgánico/sanitario** (DBO_5 , DQO, OD mínimo, coliformes termotolerantes) y otro bloque **físico-químico/metales** (fósforo total, amoníaco-N, nitratos, HTP aromáticos, pH, SST, y metales As, Al, Mn, Fe, Cd, Pb, B, Cu, Hg, Zn), todos evaluados frente a su ECA.

Adecuación al medio marino de Paracas

Para Paracas deben priorizarse variables sensibles a surgencia e impactos locales: OD (incluyendo perfil superficie–fondo), nutrientes $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}/\text{SiO}_4^{4-}$, HTP aromáticos, aceites y grasas, coliformes, SST/turbidez, pH y metales traza (Cu, Zn, Hg, B, etc.). En el documento del PNUD (2023) *“Propuesta para el uso de la información de calidad ambiental para la toma de decisión en la bahía de Paracas”* y los estudios locales muestran la pertinencia para reflejar hipoxia, resuspensión y presiones industriales/portuarias.

d) Viabilidad en la bahía de Paracas

Adecuación metodológica

Aplicar ICARHS “tal cual” (enfoque ríos) no es procedente en espacios marino–costeros, se requiere una adaptación que mantenga la lógica **F₁-F₂-F₃** pero con ECA marinos, lista de variables costeras y estratificación vertical (superficie/fondo), dada la hipoxia y el bajo pH reportados en el sistema.

Entre las brechas podemos señalar la existencia de una heterogeneidad de frecuencias, estaciones y métodos entre 2014–2024; PNUD (2023) propone una plataforma

integrada y criterios comunes (selección de estaciones, verificación de data, formatos, interoperabilidad).

e) Opciones de implementación (inputs y pasos)

Opción A – ICARHS-Marino (Paracas)

1. Zonificación operativa: desembocadura, franja industrial-portuaria (TPSM y adyacencias), bahía interior (Turismo), actividad de presencia de hidrocarburos.
2. Asignación de ECA por uso (conservación, recreación, maricultura).
3. Muestreo ≥ 4 campañas/año por sector (estacionalidad de surgencia) y perfiles verticales para OD/pH.
4. Cálculo $F_1-F_2-F_3$ por subíndices temáticos (orgánico-sanitario; físico-químico; hidrocarburos; metales) y ICARHS-Marino = mínimo de subíndices.
5. Validación: contraste con históricos (FAN, hipoxia, mortalidades de *Argopecten purpuratus*), incertidumbre y mapas SIG de hotspots.

Opción B – Índice híbrido (físico-químico + biótico)

Añadir un subíndice biótico (p.ej., foraminíferos bentónicos sensibles a hipoxia y pH) para robustecer el índice frente a la alta variabilidad natural del afloramiento.

f) Utilidad para la decisión

- Diagnóstico y tendencia 0–100, comparables en el espacio/tiempo.
- Gestión adaptativa (priorización de inspecciones, controles de efluentes, barreras oleosas, cierres sanitarios).
- Soporte a maricultura y turismo (OD, coliformes, HTP y metales son críticos para *A. purpuratus*, pulpo y peces; también para playas/baños).
- Comunicación clara a actores y ciudadanía mediante clases de calidad y mapas.

g) Bondades y deficiencias

Fortalezas

- Transparencia y trazabilidad (vinculado a ECA y protocolo), de fácil comunicación (0–100) y flexibilidad (permite subíndices temáticos).

Deficiencias

- Alcance original continental: requiere ajuste marino (ECA marino–costeros, variables y estratos).
- Sensibilidad a variabilidad natural (surgencia, hipoxia, resuspensión): estratificar verticalmente y añadir validación biótica.
- Heterogeneidad de series (2014–2024): se requiere armonizar protocolos y datos.

h) Conclusión

El ICARHS es un armazón sólido y trazable para sintetizar el cumplimiento frente a ECA, con alto valor comunicacional (0–100). En Paracas, su aplicación directa (versión “ríos”) no procede; pero es viable como por ejemplo un “ICARHS-Marino (Paracas)”: conservando $F_1-F_2-F_3$, sustituyendo ECA por los marino–costeros, recalibrar parámetros

al contexto de surgencia/hipoxia, estratificando verticalmente, y validando. Esto se alinea con la metodología oficial, el marco ECA-Agua, y las recomendaciones/diagnósticos del documento del PNUD (2023) para integrar la información multisectorial de la bahía.

2. Tesis Perú – Orozco (Índice de Calidad para Pesca y Acuicultura – ICAM-PE)

a) Metodología

Arquitectura

El ICAM-PE adopta un promedio geométrico ponderado de subíndices de calidad (X_i), con pesos (w_i) específicos por variable. La forma general empleada en la tesis (derivada del ICAMFF de Vivas-Aguas y de familias ICA-NSF/Dinius) es:

$$ICAM = \left(\prod_{i=1}^n X_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$$

La tesis justifica este esquema por su mayor sensibilidad a cambios en parámetros críticos y por evitar la excesiva compensación entre variables, un argumento clásico a favor de la agregación geométrica en índices de calidad del agua.

Construcción de subíndices

Cada parámetro se transforma a un subíndice X_i mediante curvas/calibraciones específicas (tablas de subíndices por parámetro), de modo que 0–100 represente una secuencia progresiva de calidad interpretable; la escala cualitativa empleada (ICAMFF) clasifica 100–90 “óptima”, 90–70 “adecuada”, 70–50 “aceptable”, 50–25 “inadecuada”, 25–0 “pésima”.

La tesis aplica análisis de componentes principales (PCA) para examinar redundancias/correlaciones y reducir dimensionalidad, asegurando que el conjunto final capture procesos dominantes de calidad de agua en superficie y fondo.

Métodos analíticos

Se documentan protocolos de laboratorio (p. ej., coliformes por NMP/APHA 2012; HAP/HTP aromáticos por espectrofluorometría IOC-UNESCO 1984), con límites de detección y control de preservación/muestreo, lo que respalda la trazabilidad del índice.

Metodológicamente, el ICAM-PE no se centra solo en ECA explícitos como el ICARHS, sino en funciones de calidad y una escala ordinal (ICAMFF). Esto lo hace adaptable entre usos (pesca/acuicultura) y matrices marinas, pero exige validación local (calibración de subíndices) para contextos de afloramiento costero como Paracas.

b) Requerimientos logísticos

- **Muestreo estratificado** (superficie/fondo) en sectores funcionales (desembocadura de río, interior de bahía, zona industrial-portuaria, áreas de cultivos).

- **Laboratorio acreditado** para microbiología (NMP), orgánicos (A&G; HTP aromáticos por espectrofluorometría) y nutrientes; preservación y cadena de custodia formalizadas.
- **Series multitemporales** suficientes para estabilizar el índice y sostener análisis de tendencia/PCA.

c) Requisitos de información

- **Datos por parámetro** con metadatos (método, incertidumbre) y consistencia espacio-temporal.
- **Aplica matrices 2008–2015** (en el estudio de caso, bahía de Supe) con validación estadística, estructura que es trasladable a Paracas para consolidar históricos dispersos.
- **Emplea tablas de subíndices** por parámetro para reproducibilidad y auditoría (pH, OD, NO_3^- , PO_4^{3-} , SST, A&G, DBO_5 , CTT, sulfuros, HDD).

d) Parámetros

El ICAM-PE de la tesis opera con 10 variables (adecuadas para pesca/acuicultura marino-costera): pH, OD, nitratos, fosfatos, SST, sulfuros, aceites y grasas, DBO_5 , coliformes termotolerantes, hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos (HDD/HAD); estimándose que se justifican por relevancia ecotoxicológica, sanitaria y operativa en zonas marino-costeras.

Estos parámetros son plenamente pertinentes también para la bahía de Paracas, dada la hipoxia/bajo pH y la presión orgánica/industrial documentadas en la bahía, incluida la relevancia de DBO_5 , CTT, A&G/HTP y sulfuros durante episodios críticos que afectaron *Argopecten purpuratus*.

e) Viabilidad en la bahía de Paracas

Para Paracas se estima que se cuenta con series históricas de diferentes entidades (IMARPE/OEFA/ANA/SANIPES/Pluspetrol) para TSM/OD/pH/SST, A&G/HTP, nutrientes y microbiología). Ese acervo, aunque heterogéneo con ciertos vacíos temporales, es suficiente para alimentar un ICAM-PE adaptado localmente, especialmente si se integra en un sistema de indicadores con enfoque en ECA marino-costero.

Adicionalmente, las evidencias ecológicas (foraminíferos) en Paracas refuerzan la necesidad de OD/pH como variables importantes, por su asociación con cambios en la riqueza/estructura biótica bajo hipoxia/acidez de fondo.

f) Opciones de implementación (inputs y pasos)

Opción A — ICAM-PE “Paracas ajustado”

1. **Estaciones representativas** (desembocadura de río Pisco, zona industrial–portuaria, frente al río Pisco, bahía interior, área de uso turístico), con perfil vertical (superficie/fondo).
2. **Variables** de la tesis (10) + (opcional a definir en el taller con especialistas-Grupo técnico PMZMCP).
3. **Curvas de subíndice locales:** revisar rangos/curvas del ICAM-PE con datos históricos de Paracas (percentiles/funciones de respuesta) y validarlas frente a eventos (p. ej., mortalidad de concha).
4. **Cómputo:** media geométrica ponderada (pesos iniciales de Orozco), con análisis de sensibilidad ($\pm 25\%$ en w_i) y PCA para redundancia.
5. **Reporte:** mapa SIG con clases ICAMFF (óptima→pésima) y por sector/estrato.

Opción B — Índice híbrido (físico-químico + línea biótica)

Agregar un **subíndice ecológico** (p. ej., métricas de foraminíferos bentónicos) para asociar posible variabilidad físico-química del sistema de afloramiento (a verificar con el taller de expertos) ya que se reporta sensibilidad biológica a OD/pH en Paracas.

g) Utilidad para la decisión (gestión)

- Semáforo operativo 0–100 por sector/estrato: lo que prioriza inspecciones y mitigaciones (p. ej., manejo de efluentes/derrames), cierres sanitarios y acciones en maricultura y turismo; la escala ICAMFF es comprensible por usuarios no técnicos.
- Tendencias y hotspots: proporciona un fuerte soporte a la gestión adaptativa (picos de CTT, DBO₅, HTP; caídas de OD) y evaluación de proyectos (p. ej., mejoras en PTAR o control de A&G en terminal).
- Trazabilidad: métodos y subíndices paramétricos facilitan auditoría técnica y evaluación integral multiparámetro.

h) Bondades y deficiencias

Fortalezas

- **Diseño marino-costero:** variables y métodos pertinentes para acuicultura/pesca (A&G, HTP, CTT, sulfuros), con soporte estadístico (PCA) y funciones de calidad factibles de publicación.
- **Agregación geométrica:** penaliza valores muy bajos y reduce compensación entre parámetros críticos (ventaja frente a sumas aditivas).
- **Escala interpretable y portable** (ICAMFF 0–100, 5 clases).

Limitaciones

- **Calibración local necesaria:** subíndices/curvas deben verificarse en ambiente de afloramiento (alta variabilidad natural de OD, pH, SST, nutrientes). Mitigar con series multianuales y validación frente a eventos (FAN, hipoxia, mortalidad bivalvos).
- **Heterogeneidad de fuentes** (2014–2024): requerirá homologar métodos para evitar sesgos.
- **Cobertura de estratos:** imprescindible medir fondo (hipoxia, sulfuros) además de superficie para no subestimar riesgo ecológico/sanitario.

i) Conclusión

El ICAM-PE de Orozco ofrece una base metodológica sólida y pragmática para espacios marino-costeros con usos de pesca y acuicultura. En Paracas, su implementación es viable si:

- (i) Se integra la información multifuente existente bajo QA/QC común,
- (ii) Se calibran subíndices con series locales (incluida la estratificación superficie/fondo) y
- (iii) Se valida contra eventos históricos (p. ej., hipoxia y mortalidad de *A. purpuratus*).

El resultado se estima será un instrumento operativo 0–100 apto para priorizar gestión, comunicar estado a actores y anticipar riesgos en maricultura y recreación. Opción recomendada para la bahía Paracas.

3. Índice de Salud del Océano – IDSO/OHI (Bahía de Sechura, Perú).

a) Metodología

Arquitectura

El IdSO (OHI) integra para cada *meta* (objetivo) dos componentes: Estado actual y Estado futuro probable. El futuro surge de ajustar el estado con Tendencia, Presiones y Resiliencia, con una ponderación 50/50 entre estado actual y estado futuro; y dentro de este último, Tendencia pesa el 33 %, mientras que Presión y Resiliencia aportan 8,5 % cada una (la tendencia vale “dos veces” que cada una de las otras dos). El agregado final por metas se expresa en una escala 0–100 y se comunica con el “diagrama en flor” (representando cada uno de los pétalos la meta) y con categorías por quintiles (20 puntos por categoría).

El proceso se organiza en tres fases (Planificación; Construcción del índice; Gestión del conocimiento y participación) y siete etapas secuenciales: i) decisiones iniciales; ii) descubrimiento/adquisición de datos; iii) puntos de referencia y modelos; iv) preparación de la *toolbox*; v) uso de la *toolbox*; vi) documentación; vii) comunicación y divulgación. La implementación operativa se apoya en un repositorio GitHub con archivos layers (csv) y escenario-data-años, sincronizados y procesados con R Studio.

Presentación e interpretación

El puntaje total (centro de la “flor”) resume el sistema; cada pétalo muestra una meta o submeta, con peso igualitario entre metas (10 % cada una) y 5 % por submeta cuando aplica. Paralelamente se publica un ranking por categorías (Muy alto > 80, Alto 60–80, Medio 40–60, Bajo 20–40, Muy bajo 0–20).

b) Requisitos de información

El documento exige:

- (i) Recopilación de datos globales/nacionales/locales pertinentes a cada meta (capas) desde repositorios de acceso público y aportes institucionales;
- (ii) Definir puntos de referencia y modelos por meta;
- (iii) Preparar y estandarizar capas en formatos CSV conforme a la metodología global; y
- (iv) Versionamiento y trazabilidad (GitHub) con documentación de pasos y decisiones.

Para Paracas la viabilidad dependerá de contar (o integrar) series para metas de Aguas Limpias, Pesquerías, Acuicultura, Turismo y Recreación, Protección Costera, Almacenamiento de Carbono, Biodiversidad, Economía, entre otras, en formatos replicables con la *toolbox*.

c) Parámetros (metas y capas)

El índice OHI emplea “parámetros” que se operacionalizan como metas (*goals, objetivos*) con capas de datos (“layers”) y puntos de referencia específicos. El informe emplea el repertorio estándar OHI: Provisión de Alimentos (pesquerías + acuicultura), Aguas Limpias, Turismo y Recreación, Protección Costera, Almacenamiento de Carbono, Biodiversidad (lugares especiales, especies icónicas, especies en extinción, hábitats), Economía y Subsistencia y Oportunidades de pesca artesanal, entre otras. Cada meta se puntúa 0–100 e ingresa con ponderación igual en el agregado.

Realizando un paralelo, sujeto a evaluación, la protección costera y el tema de carbono azul podrían ser indicadores fuertes si existen y se protegen hábitats (mangles/algas, análogo conceptual para praderas/algas en la bahía de Paracas).

d) Viabilidad en la Bahía de Paracas

Metodológicamente es viable si se replica el protocolo OHI teniendo en cuenta la delimitación del área, selección de metas, data robusta de puntos de referencia locales, parametrizar tendencias, presiones (p. ej., contaminantes, presión portuaria, usos costeros) y resiliencia (protección, gestión), y operar la *toolbox* con control de versiones.

Sin embargo hay que tener en cuenta lo siguiente: El propio informe detalla que el acceso a datos desde repositorios públicos y aportes gubernamentales fue clave para el caso piloto, reforzando que la interoperabilidad y apertura son requisitos de éxito (lo que se debe de evaluar en la propuesta de sostenibilidad la factibilidad de acceso de información oportuna para Paracas con fuentes locales públicas/privadas).

e) Opciones de implementación (inputs y pasos)

Opción A – Réplica “IdSO–Paracas” estándar

- **Fase 1:** Establecer decisiones iniciales (delimitación: bahía interna, desembocadura, zona industrial-portuaria, turismo; metas a priorizar), mapeo de actores y puntos de referencia (estaciones).
- **Fase 2:** Acopio y estandarización de datos (capas por meta) y documentación del modelo de referencia por meta.
- **Fase 3:** Preparación y uso de la *toolbox* (GitHub/R, layers.csv, escenario-dato-años, cálculo y verificación).
- **Fase 4:** Validación participativa (talleres locales/nacionales) y comunicación (diagrama en flor, ranking por categorías).

Opción B – IdSO con foco en “Aguas Limpias y Turismo”

Priorizar capas de Aguas Limpias y Turismo/Recreación, cuyos puntajes fueron sensibles en Sechura, con metas específicas de saneamiento y control de fuentes terrestres. Que podría ser similar a Paracas, pero que se evidencia otras metas (actividad portuaria, industria)

f) Utilidad para la decisión

El IdSO entrega un número sintético 0–100 y un perfil por metas, de lectura inmediata para tomadores de decisión (p. ej., “flor” y ranking). Al combinar estado con tendencia/presión/resiliencia, el índice se orienta a gestión adaptativa (qué metas están rezagadas, cuáles mejoran/empeoran y por qué), con trazabilidad de datos y comparabilidad interanual entre sectores.

g) Bondades y deficiencias

Fortalezas

- **Marco replicable y auditable:** fases, pasos y *toolbox* documentados favorecen transparencia y reproducibilidad.
- **Comunicación óptima:** diagrama en flor y categorías por quintiles facilitan la socialización con actores.
- **Equilibrio producción–conservación:** metas abarcan dimensiones ecológicas, sociales y económicas con pesos iguales.

Limitaciones (y mitigaciones)

- **Exigente en datos y puntos de referencia locales:** requiere *layers* completos; requiere alianzas interinstitucionales y repositorio único con control de versiones permanente.
- **Sensibilidad a definiciones de presión/resiliencia:** si se subrepresentan presiones locales, el puntaje puede sobreestimar el estado.
- **Necesidad de capacidades técnicas (R/GitHub):** demanda equipo técnico; mitigación: capacitación según guía de *toolbox*.

h) Conclusión

- Es viable si se adaptan puntos de referencia locales por meta (Aguas limpias, Pesquerías, Acuicultura, Turismo, Biodiversidad, Protección costera) y se opera la *toolbox* OHI (R/GitHub) con trazabilidad.

- Se destaca el valor de gestión ya que proporciona un puntaje 0–100 y perfil por metas (“flor”), útil para priorizar saneamiento costero, control de fuentes terrestres, manejo portuario, ordenamiento recreativo y maricultura, con comparabilidad temporal y espacial.
- Si bien se requiere información para consolidar capas de Estado, Tendencia, Presiones y Resiliencia, con metadatos homogéneos y versionamiento, en Paracas hay datos pero fragmentados; necesitándose un repositorio unificado y formatos estándar.
- Probables cuellos de botella en Aguas limpias y Turismo/Recreación; Pesquerías/Acuicultura y Biodiversidad dependen de presiones locales y de la eficacia de medidas de resiliencia.
- El puntaje es sensible a cómo se definan presiones y resiliencia (puede sobre o subestimar).
- Requiere acuerdos interinstitucionales (IMARPE, OEFA, industria, SERNANP, municipio, entre otros), protocolos validados y estandarizados comunes entre las instituciones para la toma de información y capacidades técnicas en R, SIG y repositorios.

Cuadro 3 Comparativo de índices

Índice	Metodología	Requisitos de información	Parámetros requeridos	Ventajas	Desventajas	Viabilidad de implementación para Paracas	Fortalezas	Debilidades	Conclusiones
ICARHS (ANA)	Adaptación del CCME-WQI . Calcula F₁ (alcance), F₂ (frecuencia) y F₃ (amplitud) respecto a los ECA-Agua ; genera dos subíndices (Materia orgánica/sanitarios; Físico-químico/metales) y el resultado final es el menor de ambos (criterio precautorio). Ámbito lótico (ríos/corrientes). Escala 0–100.	≥ 4 monitoreos por punto (histórico ordenado; ideal 2 en avenida y 2 en estiaje), punto(s) georreferenciados, ECA aplicables y protocolo nacional de monitoreo.	Conjunto de 20 parámetros en dos grupos: orgánico/sanitario (p.ej., DBO ₅ , coliformes, OD mínimo) y físico-químico/metales (pH, SST, nutrientes, As, Cu, Zn, Hg, etc.), definidos para cuerpos lóticos .	Metodología estandarizada , trazable a ECA; salida 0–100 fácil de comunicar; diseño precautorio (min de subíndices).	Alcance no marino-costero (excluye lénticos/marinos); parámetros y umbrales no calibrados a sistemas de afloramiento.	Viable si se adapta (ECA marino-costero D.S. 004-2017-MINAM; estaciones en bocana, zona industrial-portuaria, interior de bahía, frente al río Pisco, áreas de cultivo). Baja si se aplica “tal cual”.	Base normativa peruana; estructura CCME validada internacionalmente.	Sensible a heterogeneidad de series entre instituciones; requiere ajuste por estratificación (superficie/fondo) e hipoxia natural.	Útil como base para un “ICARHS-Marino (Paracas)” manteniendo F ₁ –F ₂ –F ₃ y sustituyendo ECA/variables por marino-costeros; permite comunicar estado y priorizar gestión.

Índice	Metodología	Requisitos de información	Parámetros requeridos	Ventajas	Desventajas	Viabilidad de implementación para Paracas	Fortalezas	Debilidades	Conclusiones
ICAM-PE (Tesis Orozco)	Índice numérico para pesca y maricultura en costa peruana; selección de 10–15 parámetros marinos relevantes; normalización respecto a ECA marino-costeros (D.S. 004-2017-MINAM) y ponderación igual . Salida 0–100.	Series multiestacionales (superficie y fondo), estaciones en bahías pesqueras, acceso a nutrientes, hidrocarburos, coliformes, metales y variables físico-químicas; compatibilidad con ECA marino-costero .	Típicamente incluye TSM/OD/pH/conductividad-salinidad/SST, nutrientes (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-}), A&G/HTP, coliformes, metales (Cu, Zn, Hg, etc.).	Diseñado para uso marino (pesca/acuicultura); integra parámetros pertinentes a bahías con afloramiento; cálculo transparente (pesos iguales).	Ponderación igual puede sub-o sobre-representar riesgos; requiere calibración local (umbrales, estacionalidad, estratos verticales).	Muy viable: Paracas posee series de nutrientes, OD, hidrocarburos, bacteriología y metales (sector público/privado), compatibles con el enfoque ICAM-PE con ajustes locales.	Alineado a usos productivos (maricultura/pesca); compatible con ECA marino-costero .	Necesita armonizar frecuencias y métodos entre instituciones; posible sesgo por igual ponderación sin análisis de sensibilidad.	Recomendado para Paracas: prioriza variables críticas para concha de abanico, pulpo, peces y turismo; conviene añadir análisis de sensibilidad y validación con historia de eventos (hipoxia/FAN).

Índice	Metodología	Requisitos de información	Parámetros requeridos	Ventajas	Desventajas	Viabilidad de implementación para Paracas	Fortalezas	Debilidades	Conclusiones
IdSO/OHI (Bahía de Sechura – PNUD)	Marco OHI : 10 metas (biodiversidad, pesquerías, turismo, aguas limpias , carbono azul, etc.). Calcula Estado , Tendencia , Presiones y Resiliencia ; proyecta Estado futuro y agrega metas ponderadas → Índice 0–100 . En Sechura se adaptó con tres fases (planificación, construcción, gestión/conocimiento).	Amplios datasets biofísicos y socioeconómicos (coberturas, series pesqueras, turismo, hábitats, calidad de agua, gobernanza). Estructura OHI-toolbox reproducible.	Dependen de la meta : p.ej., “Aguas limpias” requiere contaminantes (nutrientes, HTP, metales, coliformes), mientras otras metas usan hábitats, captura, esfuerzo pesquero, turismo, protección.	Enfoque integrado ecosocial; comparabilidad temporal/espacial; comunicación estratégica para política pública .	Mayor demanda de datos y modelamiento; menor resolución operativa para decisiones puntuales de calidad de agua en una bahía.	Viable si el objetivo es planificación integrada (RNP, pesca, turismo) y existe articulación interinstitucional; no sustituye un Índice de Calidad de Agua (WQI) operativo para alertas locales.	Marco estandarizado internacionalmente , transparente y reproducible; facilita priorización multisectorial .	Complejidad técnica/insumo de datos; requiere gobernanza de datos y capacidades analíticas sostenidas.	Útil como tablero estratégico para Paracas (metas); conviene complementarlo con un índice local de calidad de agua para gestión diaria.

6.1 Conclusiones sobre el análisis de índices

- **ICARHS** aporta una base CCME-WQI y la trazabilidad a ECA, pero requiere **adaptación marina-costera**; su propia metodología delimita el **ámbito lótico** y usa el **menor subíndice** como resultado final, lo cual es precautorio pero debe recalibrarse para **estratificación vertical** e hipoxia natural en Paracas.
- **ICAM-PE (Orozo)** fue concebido para **mar pesca/acuicultura**, con normalización contra **ECA marino-costero** y **pesos iguales**; es el que **mejor encaja** en Paracas para decisiones operativas de calidad de agua, siempre que se haga **armonización de datos** y pruebas de **sensibilidad**.
- **IdSO/OHI** sirve de **marco integral** (metas, presiones, resiliencia) y para **planificación**; ideal para alinear gestión de la bahía (RNP, pesquerías artesanales, turismo, puertos), pero **no reemplaza** un WQI para alertas locales; se recomienda usarlo **complementariamente**.

7. REPORTE DE DESARROLLO DE UN ÍNDICE PROPIO PARA LA BAHÍA DE PARACAS (PLANTEAMIENTO Y SUSTENTO DE LA METODOLOGÍA, INFORMACIÓN REQUERIDA, ETC.)

7.1 Parámetros seleccionados (propuesta)

Con base en el análisis de las características ambientales y antrópicas de la bahía de Paracas presentadas previamente y considerando los criterios de (i) la frecuencia de muestreo, (ii) la disponibilidad y continuidad de los datos, (iii) la oportunidad y viabilidad de acceso a la información generada por las instituciones con presencia en la Bahía de Paracas, y (iv) las principales actividades y procesos antrópicos del área, aportes de sedimentos del río Pisco, actividades industriales, turismo, y maricultura y operaciones portuarias, se procedió a priorizar los parámetros de calidad de agua más pertinentes para el índice.

Para ello, se realizó un análisis de frecuencia sobre 36 parámetros reportados por diversas instituciones. Mediante el uso de tablas dinámicas se contabilizó el número de muestreos por parámetro y se verificó, además, su alineamiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos por el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Este proceso aseguró que los parámetros seleccionados no solo tengan alto respaldo empírico (series con suficiente densidad temporal), sino también validez normativa para la evaluación de cumplimiento.

Como resultado, se definió el siguiente conjunto de 10 parámetros priorizados:

Cuadro 4 Parámetros seleccionados para el ICA Paracas

Parámetros físicos y químicos	
1.	Temperatura superficial de agua marina (TSM)
2.	Oxígeno disuelto (OD)
3.	pH
4.	Sólidos suspendidos totales (SST)
Parámetro microbiológico	
5.	Coliformes termotolerantes
Parámetros orgánicos e hidrocarburos	
6.	DBO ₅
7.	Aceites y grasas (A&G)
8.	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP; fracción aromática)
Metales traza	
9.	Zinc (Zn)
10.	Mercurio (Hg)

Fuente: Elaboración propia

Estos diez parámetros capturan de manera integral las presiones dominantes en Paracas (aportes fluviales, descargas y maniobras industriales/portuarias, presión turística y bio-depósitos de maricultura), garantizando al mismo tiempo la comparabilidad interinstitucional y la trazabilidad normativa en la evaluación de la calidad de agua.

A continuación, se pasa a complementar el sustento de selección de los parámetros de manera biológica:

1. Temperatura Superficial del Agua Marina

La temperatura superficial del mar (TSM) funciona como un control e indicador físico en ecosistemas marino-costeros de surgencia [determina la solubilidad del oxígeno disuelto, modula el pH a través del sistema carbonato (CO_2 disuelto) y condiciona la sucesión fitoplanctónica (p. ej., alternancia diatomeas–dinoflagelados)]. Por ello, la TSM es la variable de referencia para interpretar floraciones algales nocivas (FAN), procesos de estratificación/mezcla y la variabilidad intra-anual típica de costas orientadas por afloramiento, como Pisco–Paracas (Doney, 2006; CPPS, 2014). En términos funcionales, la TSM es el parámetro ambiental fundamental y constante que influye en la forma en que otros procesos o variables se desarrollan y sobre el que se leen respuestas biogeoquímicas rápidas: cambios sutiles en grados pueden amplificarse en cascada sobre oxigenación, acidez y productividad del sistema (Doney, 2006).

Desde la perspectiva regional, Paracas se inserta en el centro de surgencia Pisco–San Juan, un foco persistente donde los vientos alisios del SE y el transporte de Ekman promueven el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes, especialmente en invierno–primavera. En esos pulsos, la superficie se enfría, el suministro de nutrientes aumenta y se reorganiza la comunidad planctónica con predominio de diatomeas; en verano, en cambio, las TSM más elevadas y la estratificación favorecen dinoflagelados y un mayor riesgo de FAN (Romero & Tam, 2022; Jacobo & Sánchez, 2023). Este vaivén estacional explica, además, la co-variación de OD y pH entre la superficie y el fondo dentro de una bahía semicerrada como Paracas, donde la retención y los gradientes locales intensifican las respuestas (Romero & Tam, 2022; Jacobo & Sánchez, 2023).

En el plano normativo y de gestión, la temperatura es una variable regulada en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua marino-costera y se utiliza para contextualizar el cumplimiento de otros parámetros (p. ej., OD o pH), dados sus efectos basales sobre la química y la biología del sistema (MINAM, 2015, 2017). Operativamente, su medición es rutinaria y costo-efectiva: se registra con CTD (Conductividad, temperatura y profundidad) en cada estación, lo que asegura alta continuidad temporal y comparabilidad entre campañas y actores (tesis ICAM-PE). Esta viabilidad técnica respalda el uso de TSM como insumo transversal en índices compuestos de calidad de agua y en tableros de alerta (ICAM-PE).

Las implicancias ecológicas de la TSM trascienden el plancton. La temperatura incide en la actividad metabólica, el crecimiento y la distribución de invertebrados clave para la maricultura regional. En octópodos como *Octopus mimus*, variaciones tan pequeñas como ≥ 2 °C pueden alterar los ciclos reproductivos y el desempeño temprano de vida, con efectos directos sobre productividad y manejo pesquero (Vaz-Pinto, 2016). En Paracas, donde coexisten maricultura, pesquerías artesanales, tráfico portuario y turismo, entender la TSM no es solo un dato físico; es el vínculo operativo entre el forzamiento oceánico, la bioseguridad (riesgo FAN/hipoxia) y la planificación

de usos en una bahía altamente productiva pero vulnerable a eventos de estratificación, retención y anoxia.

2. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (OD) es un indicador directo del estado trófico y del estrés ambiental en sistemas marino-costeros: responde de manera sensible a la carga orgánica biodegradable (DBO_5), a la temperatura, a los procesos de mezcla/estratificación y retención, a los biodepósitos de la maricultura y a los gradientes redox del agua y el sedimento. Por su capacidad para anticipar fallas de habitabilidad, el OD actúa como "sentinela" del riesgo sobre la biota, incluida la concha de abanico *Argopecten purpuratus*; y, en consecuencia, la metodología ICAM-PE lo trata como variable principal del índice compuesto de calidad (Orozco, s. f.).

En la Bahía de Paracas, la retención en sectores someros, la carga orgánica asociada a efluentes y biodepósitos, y la concurrencia de floraciones algales nocivas (FAN) favorecen episodios estacionales de hipoxia/anoxia, especialmente cerca del fondo; por ello, el OD de fondo es crítico para la maricultura y los hábitats sensibles (Cabello et al., 2002; IMARPE, 2023; Jacobo & Sánchez, 2023). Desde el punto de vista ecotoxicológico, niveles ≥ 5 mg/L suelen considerarse el umbral operativo para minimizar el riesgo de hipoxia; valores por debajo de ese rango reducen la supervivencia larval de *A. purpuratus* y aumentan la mortalidad de peces bentónicos y otros invertebrados (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008).

La trazabilidad analítica del OD se sustenta en el método Winkler modificado, Carritt & Carpenter (1966), que ofrece precisión y comparabilidad interinstitucional; la tesis ICAM-PE documenta el procedimiento operativo y sus verificables, asegurando control de calidad y consistencia entre campañas (Carritt & Carpenter, 1966; Orozco, s. f.). En el plano normativo, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) marino-costeros establecen umbrales diferenciados por uso, determinantes para la maricultura y las pesquerías (MINAM, 2017). Operativamente, el OD presenta altísima frecuencia de medición por parte de IMARPE, OEFA, SANIPES y operadores, y su determinación in situ (sensor óptico o titulación Winkler) es confiable, costo-efectiva y esencial para tableros de alerta temprana y evaluación de cumplimiento (IMARPE, 2023; Orozco, s. f.).

3. pH

El pH es un indicador clave del sistema carbonato y, por tanto, de la acidificación costera; refleja además el estado de los procesos redox y condiciona la especiación de metales, con implicancias directas sobre su biodisponibilidad y toxicidad. En ecosistemas con organismos calcificadores (p. ej., bivalvos y equinodermos), el pH determina la saturación de carbonatos y la eficiencia de calcificación, y resulta indispensable para interpretar sinergias con la temperatura superficial del mar (TSM) y el oxígeno disuelto (OD), ya que la TSM modula la solubilidad de gases y el

equilibrio carbonato, mientras que el OD responde a la respiración, la mezcla y la degradación orgánica (Doney, 2006; CPPS, 2014).

En la Bahía de Paracas, la combinación de afloramiento (alto CO_2 y nutrientes), cargas orgánicas (efluentes y biodepósitos) y retención hidrodinámica puede deprimir localmente el pH, generando condiciones corrosivas para conchas y otros calcificadores, especialmente en aguas de fondo durante periodos de estratificación o hipoxia (Doney, 2006; CPPS, 2014). La literatura experimental respalda la sensibilidad de los estadios tempranos de bivalvos: en términos generales, un pH entre 7,8 y 8,3 favorece calcificación y crecimiento; en cambio, $\text{pH} < 7,7$ se asocia con mayor mortalidad larval y retraso del crecimiento (Talmage & Gobler, 2010). Estas evidencias confirman la utilidad del pH como indicador temprano de riesgo para maricultura y bancos naturales en Paracas.

Desde la operación de campo, la medición de pH se realiza por vía potenciométrica con pH-metro como estándar operativo en la costa peruana, con protocolos y control de calidad consolidados en la práctica local (ICAM-PE). Este enfoque ofrece alta disponibilidad de datos (sensores multiparámetro, perfiles CTD con canal de pH). En el plano normativo, el pH cuenta con rangos ECA específicos por subcategoría de uso en aguas marino-costeras, lo que permite evaluar cumplimiento regulatorio y alimentar subíndices en un índice compuesto de calidad ambiental (MINAM, 2017). En síntesis, por su papel en la química del carbono, su sensibilidad a los forzantes locales (afloramiento, carga orgánica, retención) y su relevancia biológica para los calcificadores, el pH es un pilar métrico para el diagnóstico y la gestión adaptativa de la Bahía de Paracas.

4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales (SST) es un indicador sensible de impactos físicos y antrópicos en sistemas marino-costeros: captan descargas industriales, resuspensión forzada por vientos intensos y dragados portuarios, y reflejan el efecto de efluentes pesqueros que incrementan la fracción particulada en la columna de agua. En Paracas, los vientos “Paracas” (especialmente entre agosto–septiembre) y las maniobras/dragados en el entorno del Puerto San Martín favorecen la remoción de sedimentos finos, elevando transitoriamente los SST; a esto se suma el aporte de la industria pesquera, que puede aumentar la carga particulada y, por deposición, potenciar condiciones hipóxicas en fondos de baja renovación (Cabello et al., 2002; Periche Vega, 2016; Jacinto Tayco, 2014).

Desde el punto de vista ecológico, los SST modulan la transparencia del agua y, por tanto, la penetración de luz y la tasa de fotosíntesis, afectando productividad primaria y hábitats someros. Niveles superiores a $\sim 25 \text{ mg/L}$ se han asociado con reducciones en la captación de alimento de bivalvos filtradores (por interferencia mecánica y reducción de eficiencia de filtración) y con enturbiamiento de hábitats bentónicos que dificulta la búsqueda de alimento en organismos visuales o táctiles —hallazgos extrapolables a especies de interés local (p. ej., concha de abanico

Argopecten purpuratus y pulpos) a partir de evidencia experimental en filtradores como *Mytilus edulis* (Jury & Mueller, 2000). Además, la fracción suspendida adsorbe contaminantes hidrofóbicos (p. ej., PAH de hidrocarburos) y metales traza, funcionando como vector de transporte y favoreciendo su deposición en zonas de retención, con implicancias para la bioacumulación y la calidad de hábitat.

En términos operativos y de trazabilidad, los SST se determinan por el método gravimétrico APHA 2540D, ampliamente estandarizado en la práctica peruana e incorporado en la metodología ICAM-PE, lo que garantiza comparabilidad interinstitucional y control de calidad (ICAM-PE; APHA 2540D). Su monitoreo presenta alta disponibilidad en la bahía —instituciones como OEFA, SANIPES e IMARPE lo miden de manera sistemática— y su costo es bajo, por lo que resulta idóneo para series temporales densas y análisis espacio-temporales. En el plano normativo, los SST cuentan con referencia en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas marino-costeras, particularmente útiles para evaluar presiones en sectores urbano-industriales y portuarios (MINAM, 2017).

En síntesis, por su rol en la transparencia, su capacidad de vehiculizar contaminantes y su vínculo con hipoxia a través de la deposición de finos, los SST son un indicador operativo y ecológico clave para la gestión adaptativa de la Bahía de Paracas, especialmente en contextos de vientos estacionales, dragados, y efluentes pesqueros.

5. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes (CTT) es un indicador directo de contaminación fecal y, por extensión, de carga orgánica y riesgo sanitario en aguas marino-costeras. Su vigilancia es fundamental para la salud pública en playas (exposición de bañistas) y para la bioseguridad en maricultura de moluscos bivalvos, donde umbrales bajos son determinantes para la inocuidad del producto. La evidencia internacional muestra que valores superiores a ~14 NMP/100 mL en aguas de cultivo/recogida limitan o impiden la cosecha de bivalvos por riesgo sanitario (Smith, 2012), criterio que se alinea con esquemas de clasificación sanitaria y con las políticas de cierre preventivo.

En la franja urbano-litoral norte de Paracas —y durante picos de turismo— la carga sanitaria se incrementa por la mayor presión de uso, drenajes y servicios; en este contexto, los CTT son la métrica operativa para disparar alertas, establecer cierres temporales, orientar acciones de saneamiento y comunicar riesgos a los usuarios. Operativamente, el parámetro se determina con el método de tubos múltiples y se reporta en NMP/100 mL; la tesis ICAM-PE compila el rango de trabajo, LOQ y controles de calidad (APHA, 2005/2012), lo que sustenta la trazabilidad y la comparabilidad interinstitucional que ya existe en Paracas (mediciones históricas de OEFA, SANIPES, IMARPE y operadores).

Desde la normativa peruana, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua marino-costera establecen límites por subcategoría de uso para recreación y

protección sanitaria, proporcionando el marco vinculante para la gestión y el reporte de cumplimiento (MINAM, 2015, 2017). Dado su alto valor sanitario, su sensibilidad a presiones urbanas y turísticas y su amplia disponibilidad de datos en el periodo 2014–2024, los CTT constituyen un pilar métrico del monitoreo en la Bahía de Paracas y un subíndice clave en el índice compuesto de calidad ambiental.

6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO₅) mide la materia orgánica biodegradable y, por tanto, la demanda microbiana de oxígeno que ésta impone al sistema. En términos ecológicos, DBO₅ > 3 mg/L sugiere una carga orgánica capaz de consumir OD y de estresar la zona bentónica —hábitat de pulpos, caracoles y otros invertebrados—, especialmente bajo condiciones de estratificación y retención que limitan la ventilación natural (Cao, Li, Wang, & Gao, 2018). En ambientes marino-costeros semicerrados como Paracas, la DBO₅ se acopla estrechamente a los efluentes de la industria pesquera y a los biodepósitos de la maricultura, por lo que es un predictor operativo de hipoxia cuando coexisten periodos de baja renovación y altas tasas de descomposición.

La historia reciente de Paracas confirma esta relación: entre 2000 y 2004 se documentaron altas cargas orgánicas y crisis de calidad vinculadas a materia orgánica y grasas, con descensos posteriores asociados a medidas de gestión (mejora del tratamiento y relocalización de emisarios), aunque persisten pulsos locales en escenarios de dragados o maniobras (Cabello et al., 2002; PNUD, 2023). Por ello, la DBO₅ se mantiene como variable clave para anticipar déficits de OD, priorizar acciones correctivas y alimentar tableros de alerta temprana.

Desde la trazabilidad analítica, la DBO₅ se determina conforme a ISO 5815:1991 (incubación de 5 días a 20 °C), protocolo adoptado en la práctica nacional y compilado en la metodología ICAM-PE, lo que asegura comparabilidad interinstitucional y control de calidad de las series (ISO, 1991; Orozco, s. f.). En el plano normativo, la DBO₅ cuenta con umbrales en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas marino-costeras, p. ej., para la Categoría 2 (conservación de la vida acuática); y actúa como base para el control industrial y la gestión de saneamiento (MINAM, 2017). Operativamente, se dispone de alta frecuencia de datos en Paracas (IMARPE, OEFA, operadores privados), con series 2014–2024 que permiten análisis espacio-temporales robustos y evaluación de tendencias.

7. Aceites y Grasas Totales

Los aceites y grasas (A&G) constituyen un indicador operativo de presión antrópica en bahías portuarias y zonas industrial-pesqueras. En la superficie del mar, forman películas que interfieren el intercambio gaseoso (reduciendo la aireación), degradan hábitats someros y actúan como transportadores de compuestos aromáticos (PAH) y otras fracciones de hidrocarburos. Estas fracciones, en particular los hidrocarburos ligeros, pueden alterar la filtración de bivalvos y bioacumularse en tejidos de invertebrados de interés local como pulpos y caracoles, con riesgos para la salud de

la biota y la inocuidad alimentaria (Whitehead, Wilby, Battarbee, Kernan, & Wade, 2013). En sistemas de uso intensivo como Paracas, las películas superficiales además facilitan la adsorción de PAH sobre partículas finas, favoreciendo su transporte y eventual deposición en fondos de baja renovación, con potencial de toxicidad crónica y efectos subletales en comunidades bentónicas.

La historia ambiental de Paracas documenta picos históricos de A&G asociados a descargas industriales pesqueras, tráfico portuario y episodios de dragado/resuspensión, con superaciones de ECA en periodos críticos (Cabello et al., 2002). Si bien mejoras de gestión y la relocalización de emisarios fuera de la bahía redujeron estas presiones, los eventos puntuales siguen exigiendo vigilancia prioritaria, especialmente durante maniobras y temporadas de operación intensiva (PNUD, 2023). Por su naturaleza hidrofóbica, los A&G y las fracciones aromáticas se acoplan a sólidos en suspensión, incrementando la probabilidad de acumulación en sedimentos y su disponibilidad para la biota bentónica, con implicancias para maricultura y pesquerías locales.

Desde la trazabilidad analítica, A&G se determinan por APHA 5520B (gravimétrico), un método estandarizado con LOQ operativo reportado en la metodología ICAM-PE, que asegura comparabilidad entre laboratorios y campañas (ICAM-PE; APHA 5520B). En el ámbito normativo, se trata de un parámetro con referencias ECA para aguas marino-costeras y con LMP sectoriales; su seguimiento es crítico en maniobras y fondeos, así como en áreas adyacentes a terminales y plantas (MINAM, 2017). Operativamente, Paracas cuenta con series largas y altísima disponibilidad de datos (instituciones y operadores), lo que permite evaluar tendencias, activar alertas y orientar medidas de mitigación (Cabello et al., 2002; PNUD, 2023).

En síntesis, por su capacidad de alterar procesos físico-químicos en la interfase aire-mar, transportar contaminantes aromáticos, afectar filtradores (bivalvos) y bioacumularse en invertebrados de interés pesquero, los A&G son un pilar de vigilancia en la Bahía de Paracas y un subíndice prioritario dentro de un índice compuesto de calidad ambiental.

8. Hidrocarburos totales de petróleo

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) constituyen la fracción más tóxica y persistente de los hidrocarburos en ambientes marino-costeros: son hidrofóbicos, se adsorben con facilidad a partículas finas y pueden remobilizarse ante dragados u oleaje, incrementando su disponibilidad para la biota y su acumulación en sedimentos de baja renovación. En contextos portuarios como Paracas, su presencia en el agua superficial se asocia con el tráfico marítimo (artesanal y de apoyo portuario) y con fuentes puntuales de contaminación, incluidas descargas urbanas o alcantarillado, por lo que resultan indicadores críticos en áreas de maniobra y canales de acceso (Orozco, 2024). Las operaciones portuarias, el movimiento de naves y los eventuales derrames sostienen un aporte crónico de fracciones aromáticas; en

suspensión y en sedimento, los PAH permiten diagnosticar presiones y priorizar mitigaciones en corredores de tráfico y zonas de fondeo.

Desde la trazabilidad analítica, la determinación de hidrocarburos (en particular la fracción aromática) se realiza por espectrofluorometría conforme a las recomendaciones de IOC-UNESCO (1984), con preservación ácida (H_2SO_4), uso de estándar de criseno y controles de calidad adecuados; además, el marco MARPOL 73/78 refuerza el enfoque de prevención/gestión de descargas oleosas desde embarcaciones, articulando la medición con la gestión operacional (ICAM-PE). En el plano normativo peruano, los hidrocarburos, y específicamente los PAH en el contexto de A&G/HTP, son parámetros críticos frente a ECA para aguas marino-costeras y a diversos LMP sectoriales, lo que exige vigilancia prioritaria en puertos y rutas de navegación (MINAM, 2017). En términos de datos y viabilidad, Paracas cuenta con monitoreo regular por parte de terminales, IMARPE y OEFA, con LOQ operativos que posibilitan el seguimiento de tendencias y la activación de alertas ante eventos anómalos o contingencias.

En síntesis, por su toxicidad crónica, persistencia, afinidad por finos y removilización bajo perturbaciones físicas, la fracción aromática de los hidrocarburos es un pilar de vigilancia en la Bahía de Paracas y un subíndice prioritario dentro de cualquier índice compuesto de calidad ambiental orientado a áreas portuarias y de maricultura.

9. Mercurio (Hg)

El mercurio (Hg) es un contaminante de alta toxicidad cuya peligrosidad aumenta en ambientes marino-costeros cuando se transforma biogénicamente a metilmercurio (MeHg) en condiciones reductoras del sedimento. Este proceso de metilación es llevado a cabo por microorganismos (p. ej., bacterias sulfatorreductoras) que convierten el Hg inorgánico en MeHg (CH_3HgX), donde X suele corresponder a Cl^- , OH^- o tioles orgánicos y otros ligandos de azufre reducido (RS^-). El MeHg es altamente biodisponible, se absorbe con facilidad por los organismos acuáticos y bioacumula, para luego biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, con implicancias directas para la salud humana y la integridad de los ecosistemas (Al-Sulaiti et al., 2022).

En bahías semicerradas con aportes antrópicos y retención de finos —como Paracas— el riesgo es mayor en áreas portuarias/industriales y en sedimentos de grano fino que presentan bajo potencial de oxidación (condiciones anóxicas), pues allí se favorece la metilación y el secuestro de Hg. A esto se suman los aportes de cuenca (río Pisco), capaces de transportar trazas de Hg que se fijan en el lecho y pasan a formar parte de los ciclos diagenéticos del sedimento, habilitando su conversión a MeHg y la posterior transferencia trófica (Al-Sulaiti et al., 2022). Esta combinación de fuentes (portuarias/industriales y fluviales), condiciones geoquímicas (redox) y procesos biológicos (metilación microbiana) justifica la prioridad de vigilancia del Hg/MeHg en el diseño del monitoreo para Paracas.

Desde el marco regulatorio, el ECA para aguas marino–costeras establece límites estrictos para mercurio, lo que convierte a este metal en un parámetro de control prioritario para la gestión del riesgo en sectores sensibles (p. ej., zonas de maricultura, pesca artesanal y áreas de uso recreativo) (MINAM, 2017). Aunque la frecuencia de medición de Hg suele ser menor que la de otros metales (p. ej., Zn), su alto riesgo ecotoxicológico y sanitario —derivado de la formación de MeHg y su biomagnificación— justifica plenamente su inclusión como variable estable en el conjunto de parámetros del índice de calidad ambiental de la Bahía de Paracas.

10. Zinc (Zn)

El zinc (Zn) es un metal traza de amplia presencia en entornos portuarios e industriales debido a su uso en galvanizados, pinturas y diversas aleaciones. En el medio marino, el Zn muestra afinidad por la fase particulada: tiende a adsorberse a los sólidos suspendidos totales (SST) y a depositarse en sedimentos finos, desde donde puede removilizarse por resuspensión (vientos, oleaje, maniobras y dragados). Esta dinámica favorece exposiciones intermitentes de la biota y la aparición de efectos subletales aun a concentraciones relativamente bajas, con implicancias para el rendimiento fisiológico de invertebrados (osmorregulación, alimentación, crecimiento) y para la calidad de hábitat en fondos someros.

En bahías semicerradas como Paracas, el Zn puede ingresar por descargas industriales y operaciones portuarias, pero también a través de aportes de cuenca del río Pisco, especialmente durante eventos de avenida que movilizan material particulado y metales adsorbidos. En términos ecotoxicológicos, se ha documentado que excesos de Zn ($> \sim 20 \mu\text{g/L}$) son tóxicos para invertebrados marinos, alteran la osmorregulación y elevan la mortalidad larval en bivalvos, lo que posiciona a este metal como una amenaza relevante para bancos naturales y para la maricultura (Wang & Rainbow, 2005). Estas evidencias subrayan la necesidad de vigilar el Zn en áreas de uso intensivo (muelles, dársenas, canales de acceso) y en sectores de retención donde se acumulan finos.

Desde el marco regulatorio, el Zn está incluido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas marino–costeras con límites por subcategoría de uso, lo que permite evaluar cumplimiento normativo y sustentar medidas de gestión y control (MINAM, 2017). Operativamente, su determinación analítica presenta buena disponibilidad en el contexto local (alta–media), con métodos AAS e ICP–MS estandarizados y laboratorios con capacidad acreditada, lo que asegura comparabilidad y trazabilidad de las mediciones para el periodo 2014–2024 y futuras campañas.

En síntesis, por su origen múltiple (portuario, industrial y fluvial), su comportamiento particulado–sedimentario y su toxicidad para etapas tempranas de invertebrados, el zinc es un parámetro prioritario en el monitoreo de la Bahía de Paracas y un componente necesario en el índice compuesto de calidad ambiental.

Cuadro 5 Clasificación de parámetros seleccionados

N.º	Parámetro	Tipo	Unidad	Relevancia
1	Temperatura superficial del mar	Físico	°C	Influye en metabolismo y distribución de especies
2	Oxígeno disuelto	Químico	mg/L	Vital para organismos acuáticos, indicador de eutrofización
4	pH	Químico	-	Influye en toxicidad de metales y procesos bioquímicos
5	Sólidos suspendidos totales (SST)	Físico	mg/L	Afecta filtradores como concha de abanico, indica turbidez
6	Coliformes fecales	Microbiológico	NMP/100 mL	Indican contaminación fecal (sanitaria/turística)
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Químico	mg/L	Indicador de contaminación orgánica
8	Aceites y grasas	Químico	mg/L	Altamente tóxicos para moluscos y peces
9	Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	Orgánico	mg/L	Altamente tóxicos para moluscos y peces
11	Mercurio	Metal traza	mg/L	Contaminante prioritario, afecta moluscos y peces; Alta toxicidad; bioacumulación/biomagnificación
12	Zinc disuelto	Metal traza	mg/L	Contaminante prioritario, afecta moluscos y peces; En exceso, es tóxico para invertebrados marinos y causa mortalidad larval en bivalvos

Fuente: Elaboración propia

Selección de parámetros (complementación)

Para la selección de los parámetros se hizo mediante el análisis de la frecuencia de los datos, es decir de los 36 parámetros registrados por las diferentes instituciones cuales son los que presentan mayor frecuencia y, además, si estos parámetros aplicar para los estándares de calidad ambiental según Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM, para ello se realizó el análisis mediante el uso de tablas dinámicas, con la determinación del conteo de muestreos.

Tabla 1 Análisis de frecuencias por parámetro

Parámetros	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	2022	2023	Total general
OXIGENO	32.00	73.00	45.00	22.00	43.00	36.00	25.00	28.00	19.00	6.00	6.00	335.00
TEMPERATURA	32.00	73.00	45.00	24.00	43.00	36.00	25.00	28.00	19.00	6.00	6.00	337.00
CONDUCTIVIDAD	2	16	2		3	6	3	12	11	6	6	67
SALINIDAD	22	69	33	22	37	29	22	22	14	6	6	282
pH	32	73	45	24	43	33	25	28	19	6	6	334
SST	6	18	13	8	11	12	9	12	9	6	6	110
Aluminio (AL) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Antimonio (Sb) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Boro (B) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Arsénico (As) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Cadnio (Cd) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Cobalto (Co) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Cobre (Cu) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Cromo (Cr) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Estaño (Sn) total	2				2							4
Hierro (Fe) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Mercurio (Hg) total	2	12	4	2	5	6	3	12	3	6	6	61
Molibdeno (Mo) total	2				2							4
Niquel (Ni) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Plata (Ag) total	2		4	2	5							13
Plomo (Pb) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Talio (Tl) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Titanio (Ti) total	2				2				3			7
Uranio (U) total							3	6				9
Manganeso (Mn) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Vanadio (V) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Aceites y grasas (HEM)	8	22	11	7	11	10	8	12	8	6	6	109
Zinc (Zn) total	2	12	4	2	5	6	3	12	6	6	6	64
Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	8	22	13	8	11	12	9	12	11	6	6	118

Parámetros	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	2022	2023	Total general
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2											2
Fosfatos (PO4-3)	2	16										18
Nitrógeno Amoniacal	2	4	2		2							10
Cuenta de Numeración de Coliformes Totales	2	14										16
Nitratos	2	16	4	1	5	6	3	6	5			48
Hidrocarburos Totales de Petróleo	8	8	9	8	11	8	8	9	11	6	6	92
Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	2	16	4	2	5	9	3	9	5			55

No se tomó en consideración conductividad eléctrica, ni salinidad, dado que son parámetros que no aplican para los ambientes marinos según Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, por lo que se seleccionaron los siguientes parámetros.

Tabla 2 Número de muestreos por parámetro seleccionado

Parámetros	Nº de muestreos
Oxígeno disuelto	337
Temperatura	337
pH	336
Sólidos suspendidos totales	112
Mercurio	63
Aceites y grasas	110
Zinc	66
Demanda bioquímica de oxígeno	119
Hidrocarburos totales de petróleo	94
Coliformes termotolerantes	57

7.2 Índice ICA-Paracas (Metodología)

Área de estudio

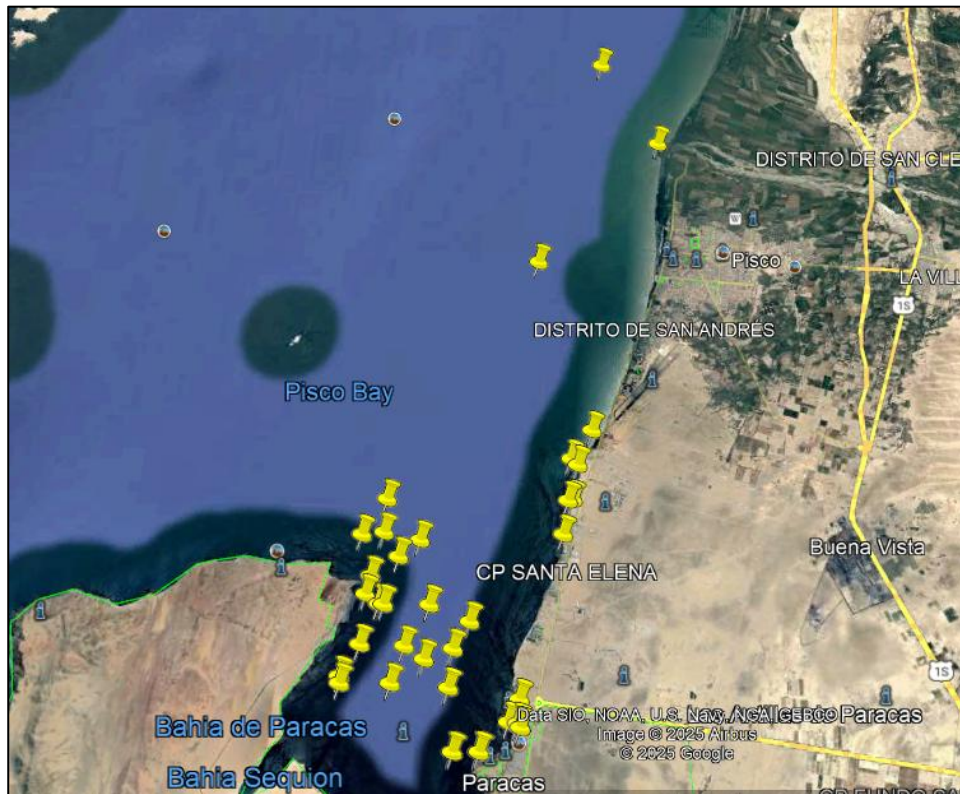
El área de estudio comprende la bahía de paracas entre los 13°41'00" S – 13°52'00" S y 76°12'18" W – 76°19'36" W; la bahía está ubicada en el distrito de Paracas, limita por el norte con la Bahía de Pisco y por el sur con la península de Paracas, tiene una extensión aproximada del borde costero de 24 km, es una zona de influencia como centro importante de biodiversidad de algas, artrópodos marinos, aves y peces (DIRCETUR 2022)

Para la determinación de las estaciones de monitoreo se realizó mediante la aplicación de la información alcanzada por las instituciones de competencia en la bahía como lo son IMARPE, ANA, OEFA y PlusPetrol; cuya información nos da alcance de 33 estaciones de monitoreo, con sus valores de parámetros respectivos, a su vez esta información se sistematizó en una plantilla Excel.

Sistematización de la información

Para el presente análisis se ejecutó la recolección de datos de las entidades antes mencionadas, información digitalizada en plantillas de Excel, previamente dicha información, se georreferencio para verificar la ubicación y distribución de las estaciones, mediante el uso del software de QGIS, dándonos la siguiente imagen.

Imagen 2 Distribución de estaciones en la bahía de Paracas



Dichos datos de la ubicación de monitoreo fueron sistematizados en la siguiente tabla:

Tabla 3 Nombre de estaciones y ubicación geográfica

Estación	Coordenadas UTM WGS84, ZONA 18S	
	ESTE	NORTE
T1-A-0	366061	8477292
T6-A-0	366383	8478267
T7-A-0	365865	8476307
Mpar1	364974	8470545
Mpar2	360749	8473632
1	365989	8489601
4	364577	8483153
11	361057	8475271

13	361124	8473391
Estación	Coordenadas UTM WGS84, ZONA 18S	
	ESTE	NORTE
14	363383	8469786
B	365798	8475395
C	364733	8470562
L	365868	8477451
A-01	360482	8475194
A-02	361044	8476169
A-03	361514	8474641
A-04	362030	8475100
A-05	361246	8473387
A-06	362445	8473419
A-07	360751	8472349
A-08	361903	8472347
A-09	363161	8472323
A-10	360345	8471356
A-11	361641	8471401
A-12	363135	8471347
Mboc1	367787	8487035
Mpar7	365044	8470446
Mpar8	364052	8469817
Mpar6	365986	8476343
BPar4S	360834	8474113
BPar3S	364972	8471137
BPar2	365044	8470446
BPar1	364052	8469817
12	363531	8473026
15	362440	8472034
16	360320	8471531

En cuanto a la sistematización en el Excel, se implementaron plantillas, en donde se ubicaron datos como ubicación, nombre de estación, fecha de muestreo, parámetro e institución.

Tabla 4 Ejemplo de base de datos

AÑO	MES	DÍA	SECTOR	INSTITUCIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	CORDENADA ESTE X UTM	CORDENADA NORTE Y UTM	TIPO DE MUESTRA (AGUA:A o SEDIMENTO:SD)	PROFUNDIDAD (m) o Superficial (S)	TEMPERATURA	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEM)	7. Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petroleo – TPH (C10-C40) – GC/FID	Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)

En dicha tabla, se sistematizo la información de las 33 estaciones durante los años 2014 al 2024, datos tomados por las instituciones de IMARPE, ANA, OEFA y Plus Petrol, para los 10 parámetros seleccionados., después del análisis de información.

Determinación del índice de calidad ambiental

Los índices de calidad ambiental, constituyen un instrumento fundamental en la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general; e identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 -100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente (ANA, 2020).

Los índices simplifican, a través de modelos matemáticos, los atributos y pesos de múltiples variables, lo que tiene como propósito proporcionar la clasificación de un recurso acuático y constituye una herramienta cuantitativa para gestionar la zona costera de Perú, con fines de pesca, maricultura y conservación (Orozco. R 2024).

En el caso de la zona marina costera, no existe una herramienta que integre los parámetros de calidad acuática marina ni que, de manera práctica, apoye la gestión de esta zona con un enfoque de sostenibilidad. Asimismo, existen otros indicadores como el desarrollado para las aguas marinas y estuarinas para la preservación de flora y fauna (ICAMPFF), basado en la información disponible de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Vivas- Aguas et al., 2014) y empleada por Orozco R. (2024).

La formulación del Índice de Calidad de Aguas marinas y costeras, para la preservación de flora y fauna, se basa en una escala de colores definidas por 5 categorías comprendidas entre 0 y 100 (cuadro 1), en el cual se puede resumir la información de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes orgánicos. Esta información es integrada en una ecuación de promedio geométrico ponderado (Vivas-Aguas et al., 2014).

Cuadro 6 Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras utilizado para la preservación de flora y fauna (ICAMFF-Orozco R. 2024)

Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
Óptima	Azul	100-90	Calidad excelente del agua
Adecuada	Verde	90-70	Agua que presenta buena calidad para la vida acuática
Aceptable	Amarillo	70-50	Agua que conserva condiciones y presenta pocas restricciones de uso
Inadecuada	Naranja	50-25	Agua que presenta restricciones de uso
Pésima	Rojo	25-0	Agua con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Fuente: Vivas-Aguas (2011).

Para el cálculo del ICAM, se procederá de la siguiente manera:

Con base a la metodología planteada por Orozco R.

- Para la determinación del índice hay que partir primero de la formulación de los subíndices de los parámetros seleccionados.
- En la determinación de los subíndices, se analizará la información; y se transformará las variables en sus diferentes unidades (mg/l, porcentajes, µg/l) a valores no dimensionales, aplicando una escala adimensional que permitan su agregación. Con frecuencia se utilizan promedios aritméticos o geométricos (Fernández et al., 2004); además se determinará las curvas de función de cada parámetro, haciendo uso del software Table curve 2D.

Tabla 5 Escala de los subíndices

Escala	Subíndice
Pésima	0-25
Inadecuada	25-50
Aceptable	50-70
Adecuada	70-90
Óptima	90-100

- También es importante tomar en cuenta la información de las normativas nacionales, como el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM, que aprueba los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua, modificado por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.
- Se aplicó el factor de ponderación de cada subíndice de cada parámetro, para ello se realizó mediante la sumatoria de las repeticiones o N° de muestreos, realizando la relación en función al total, tal como se detalla en la siguiente tabla donde se evidencia la suma de los pesos relativos está entre cero y uno.

Tabla 6 Ponderación de los parámetros

Parámetros	Frecuencia	Peso relativo
Oxígeno disuelto	337	0.21
Temperatura	337	0.21
pH	336	0.21
Sólidos suspendidos totales	112	0.07
Mercurio	63	0.04
Aceites y grasas	110	0.07
Zinc	66	0.04
Demanda bioquímica de oxígeno	119	0.07
Hidrocarburos totales de petróleo	94	0.06
Coliformes termotolerantes	57	0.03
TOTAL	1631	1.00

Fuente: Elaboración propia.

- La fórmula presentada está basada en una ecuación de agregación, da opción a calcular el índice de calidad ambiental con menor número de parámetros; no obstante, el margen de confianza disminuye, esta medida se tomará para los años en donde se obtuvo menor número de parámetros registrados por punto de monitoreo.
- Finalmente, se realizará la representación geográfica de los valores del ICAMPE, obtenidos en cada uno de los sectores establecidos, dado que, existen estaciones de monitoreo con falta de datos, por ende se opta por agruparlos para obtener un dato consolidado por sector de mar. La variación espacial se representó utilizando el programa ArcGIS Versión 10.3, para interpolar los resultados del ICAMPE y análisis de procesos donde está involucrada la ubicación geográfica del área.
- Se seleccionó la siguiente fórmula para el ICA-PARACAS, la cual se basa en una adaptación metodológica del **ICAMPFF** (Vivas-Aguas et al., 2014), metodología empleada por Orozco R. (2024), con el empleo de los 10 parámetros seleccionados.

$$ICAM = \left(\prod_{i=1}^n X_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$$

Donde:

ICAM=Índice en función del destino y estima la calidad con base en el tipo y uso del recurso.

X_i = subíndice de calidad de variable i .

W_i = factor de ponderación de cada subíndice i , dentro del índice, y es ponderado entre 0 y 1

Ejemplo de determinación de ICA

Para una explicación didáctica de la determinación del ICAM, proponemos un ejemplo, en donde damos la medición de los 10 parámetros seleccionados previamente en una estación de monitoreo con 4 mediciones; cabe indicar que para el ejemplo se realizara mediante promedio aritmético, no obstante para la determinación del ICA – Paracas se tomara en cuenta el análisis estadístico entre los parámetros dentro del subíndice haciendo uso del diagrama de cajas (boxplot), con el programa el programa Infostat versión 1.0.

Tabla 7 Ejemplo de reporte de monitoreo de parámetros de una estación o punto de muestreo

#	Parámetro	LMP	4 mediciones de ejemplo	Mediciones que superan el LMP
1	Temperatura (°C)	≤ 28	27 – 28 – 29 – 30	2
2	Oxígeno disuelto (mg L⁻¹)	≥ 6	7 – 6.5 – 5.8 – 6	1
3	pH (7.8 – 8.3)	Rango	8.0 – 7.9 – 8.2 – 8.4	1
4	SST (mg L⁻¹)	≤ 25	20 – 22 – 26 – 24	1
5	Coliformes fecales (NMP 100 mL⁻¹)	≤ 14	10 – 12 – 15 – 18	2
6	DBO₅ (mg L⁻¹)	≤ 3	2 – 3.5 – 2.5 – 3.2	2
7	Aceites y grasas (mg L ⁻¹)	≤ 0.30	0.20 – 0.25 – 0.28 – 0.30	0
8	Hidrocarburos totales de petróleo (fracción)	≤ 0.007	0.005 – 0.008 – 0.005 – 0.0045	1

#	Parámetro	LMP	4 mediciones de ejemplo	Mediciones que superan el LMP
	aromática) (mg L ⁻¹)			
9	Mercurio (mg L⁻¹)	≤ 0.008	0.001 – 0.003 – 0.009 – 0.01	2
10	Zinc (µg L⁻¹)	≤ 0.081	0.009 – 0.07 – 0.09 – 0.06	1

Fuente: Elaboración propia.

Como pasos tenemos los siguientes:

Ponderación de parámetros

Se realizará la ponderación de cada uno de los 10 parámetros, el criterio de ponderación lo tomaremos en función de la frecuencia de los datos obtenidos.

Tabla 8 Ponderación de parámetros del ejemplo

PARAMETRO	FRECUENCIA	PONDERACION
Oxígeno disuelto	337	0.21
Temperatura	337	0.21
pH	336	0.21
Sólidos suspendidos totales	112	0.07
Mercurio	63	0.04
Aceites y grasas	110	0.07
Zinc	66	0.04
Demanda bioquímica de oxígeno	119	0.07
Hidrocarburos totales de petróleo	94	0.06
Coliformes termotolerantes	57	0.03
TOTAL	1631	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de subíndices

Se realizará la determinación de los sub índices es decir en función a la escala de ponderación se procederá a evaluar los datos obtenidos en este caso los 4 datos por parámetro.

Sub índice de oxígeno disuelto

Tabla 9 Subíndice del oxígeno disuelto

Escala	Subíndice	OD (mg/L)
Pésima	0-25	0-2,0
Inadecuada	25-50	2,0 - 4,0
Aceptable	50-70	4,0 - 6,0
Adecuada	70-90	6,0-7,0
Óptima	90-100	7,0-8,5

Fuente: Orozco R. 2024

Tabla 10 Evaluación del subíndice OD

Parámetro	LMP	Resultados
Oxígeno disuelto (mg L⁻¹)	≥ 6	7 – 6.5 – 5.8 – 6

7	90
6.5	70
5.8	60
6	50
6.325	70

Tenemos que el sub índice del parámetro de oxígeno disuelto es de un valor de 70, siendo este aceptable.

Sub índice de temperatura superficial

Tabla 11 Subíndices de temperatura superficial

Escala	Subíndice	T° (°C)
Pésima	0-25	17 – 21 / 32
Inadecuada	25-50	22 – 23 / 31
Aceptable	50-70	24 – 25 / 30
Adecuada	70-90	29 / 26
Óptima	90-100	27 , 28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Evaluación del subíndice de temperatura

Parámetro	LMP	Resultados
Temperatura (°C)	≤ 28	27 – 28 – 29 – 30

27	80
28	70
29	60
30	40
28.5	60

Sub índice de pH

Tabla 13 Subíndices del pH

Escala	Subíndice	pH
Óptima	100-90	7.8 – 8.5
Adecuada	90-70	7.4 – 7.8
Aceptable	70-50	7.0 – 7.4
Inadecuada	50-25	5.0 – 7.0
Pésima	25-0	4.5 – 5.0

Fuente: Orozco R. 2024

Tabla 14 Evaluación del subíndice de pH

Parámetro	LMP	Resultados
pH	(7.8 – 8.3)	8.0 – 7.9 – 8.2 – 8.4

8	90
7.9	90
8.2	90
8.4	80
8.125	90

Sub índice de SST

Tabla 15 Subíndices de SST

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	0 – 5
Adecuada	90-70	5 - 10
Aceptable	70-50	10 - 25
Inadecuada	50-25	25 – 45
Pésima	25-0	45 - 100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Evaluación del subíndice de SST

Parámetro	LMP	Resultados
SST (mg L⁻¹)	≤ 25	20 – 22 – 26 – 24

20	70
22	70
26	55
24	65
23	65

Sub índice de Mercurio

Tabla 17 Subíndices del mercurio

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	0 – 0.5
Adecuada	90-70	0.5 – 3.5
Aceptable	70-50	3.5 – 5.0
Inadecuada	50-25	5.0 – 6.0
Pésima	25-0	6.0 a mas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Evaluación del subíndice del mercurio

Parámetro	LMP	Resultados
Mercurio (mg L⁻¹)	≤ 0.008	0.001 – 0.003 – 0.009 – 0.01

0.001	90
0.003	70
0.009	40
0.01	30
0.00575	60

Sub índice de Aceites y Grasas

Tabla 19 Subíndices de aceites y grasas

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	0 – 0.10
Adecuada	90-70	0.10 – .0.25
Aceptable	70-50	0.25 – 0.30
Inadecuada	50-25	0.30 – 0.35

Escala	Subíndice	Rango
Pésima	25-0	0.35 – 0.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Evaluación del subíndice de aceites y grasas

Parámetro	LMP	Resultados
Aceites y grasas (mg L ⁻¹)	≤ 0.30	0.20 – 0.25 – 0.28 – 0.30

0.2	90
0.25	70
0.28	55
0.3	50
0.2575	70

Sub índice de Zinc

Tabla 21 subíndices del Zinc

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	0 – 0.10
Adecuada	90-70	0.10 – .0.25
Aceptable	70-50	0.25 – 0.30
Inadecuada	50-25	0.30 – 0.35
Pésima	25-0	0.35 – 0.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Evaluación del subíndice del Zinc

Parámetro	LMP	Resultados
Zinc (µg L ⁻¹)	≤ 0.081	0.009 – 0.07 – 0.09 – 0.06

0.009	80
0.07	60
0.09	40
0.06	70
0.05725	65

Sub índice de DBO₅

Tabla 23 Subíndices del DBO₅

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	<2
Adecuada	90-70	2.0 – .4.0

Escala	Subíndice	Rango
Aceptable	70-50	4.0 – 6.0
Inadecuada	50-25	6.0 – 8.0
Pésima	25-0	>8.0

Fuente: Orozco R. 2024

Tabla 24 Evaluación del subíndice de DBO₅

Parámetro	LMP	Resultados
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	≤ 10	2 – 3.5 – 2.5 – 3.2

2	90
3.5	70
2.5	80
3.2	70
2.8	80

Sub índice de Hidrocarburos totales de petróleo

Tabla 25 Subíndice de HTP

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	0.006
Adecuada	90-70	0.0065
Aceptable	70-50	0.007
Inadecuada	50-25	0.01
Pésima	25-0	0.1

Fuente: Orozco R. 2024

Tabla 26 Evaluación del subíndice de HTP

Parámetro	LMP	Resultados
Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) (mg L ⁻¹)	≤ 0.007	0.005 – 0.008 – 0.005 – 0.0045

0.005	70
0.008	40
0.005	60
0.0045	90
0.005625	70

Sub índice de Coliformes termotolerantes

Tabla 27 Subíndice de CTT

Escala	Subíndice	Rango
Óptima	100-90	< 2
Adecuada	90-70	14
Aceptable	70-50	30
Inadecuada	50-25	200
Pésima	25-0	1000

Fuente: Orozco R. 2024

Tabla 28 Evaluación del subíndice de CTT

Parámetro	LMP	Resultados
Coliformes fecales (NMP 100 mL ⁻¹)	≤ 0.007	0.005 – 0.008 – 0.005 – 0.0045

0.005	70
0.008	40
0.005	60
0.0045	90
0.005625	70

Índice final

Se tiene el siguiente resumen de los sub índices de cada parametro.

Tabla 29 resumen de subíndices, valor ICA y ponderación

SUB INDICE	VALOR ICA	PONDERACION
Oxígeno disuelto	70	0.21
Temperatura	60	0.21
pH	90	0.21
Solidos suspendidos totales	65	0.07
Mercurio	60	0.04
Aceites y grasas	70	0.07
Zinc	65	0.04
Demanda bioquímica de oxígeno	80	0.07
Hidrocarburos totales de petróleo	70	0.06
Coliformes termotolerantes	70	0.03

Aplicando la formula:

$$ICAM\ PA = [(QOD)^{0,21} \times (QpH)^{0,21} \times (QSST)^{0,03} \times (QDBO)^{0,07} \times (QHTP)^{0,06} \times (QT^o)^{0,21} \times (QHg)^{0,04} \times (QAYG)^{0,07} \times (QZn)^{0,04} \times (QCTT)^{0,03}]^{1/\sum m\ J=1}$$

$$ICAM\ PA = [(70)^{0,21} \times (90)^{0,21} \times (65)^{0,03} \times (80)^{0,07} \times (70)^{0,06} \times (60)^{0,21} \times (60)^{0,04} \times (70)^{0,07} \times (65)^{0,04} \times (70)^{0,03}]^{1/\sum m\ J=1}$$

Obtenemos un ICAM de 62.77

Interpretación del resultado

Cuadro 6 Interpretación de resultados del ejemplo

Rango ICA- PARACAS	Categoría	Situación
62.77 (70–50)	Aceptable	- Contaminación orgánica presente, pero no significativa - Presencia puntual de metales (Zn y Hg). - Impacto probable en maricultura (concha de abanico) y riesgo sanitario potencial para el turismo. - Requiere acciones preventivas.

Conclusiones del ICA Paracas

- EL índice permite sintetizar la calidad ambiental marina de forma clara, integrando información compleja.
- Es aplicable en la Bahía de Paracas donde hay una presión antrópica.
- Puede implementarse semestralmente para evaluar impactos en maricultura, turismo y conservación marina.
- Permite integrar información diversa (10 variables priorizadas).
- Ayuda a tomar decisiones de gestión ambiental en zonas sensibles (maricultura, pesca, turismo).
- Es adaptable a actualizaciones con nuevos datos y/o parámetros.
- Favorece la vigilancia ambiental continua.
- El enfoque de **modelado espacial** puede usarse de forma complementaria para visualizar áreas críticas y apoyar la toma de decisiones geográficas (por ejemplo, zonas más impactadas o riesgosas).

8. INFORME TECNICO DE RECOPILACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL GENERADOS EN LA BAHÍA DE PARACAS, CONSIDERANDO EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2014 Y 2024, INCLUYE LA BASE DE DATOS

Posterior a la presentación del plan de trabajo se hizo la recopilación de información a instituciones involucradas en el monitoreo de la calidad del agua de mar, ya sea por ser inherente a sus funciones o por eventualidades suscitadas en la bahía de Paracas, estas instituciones son IMARPE, ANA y OEFA; dicha información ha sido procesada en una hoja de cálculo. En dicha hoja se hizo la digitalización de la data agrupada en columnas por los parámetros y en filas por las fechas de muestreo, en una tabla de doble entrada como la demostramos en la siguiente tabla.

Imagen 3 Modelo de matriz para la sistematización de datos

AÑO	MES	DÍA	INSTITUCIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	CORDENADA ESTE X UTM	CORDENADA NORTE Y UTM	TIPO DE MUESTRA (AGUA:A o SEDIMENTO:SD)	Superficial (S)	TEMPERATURA	
2014										
....										
2024										

Fuente: Elaboración propia

En la información alcanzada obtenemos solo data de agua, siendo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con más datos proporcionados en cuanto a parámetros, no obstante, se obtuvo información de muestreos semestrales, es decir 2 por año, no teniendo información de los años 2022 y 2023, de los parámetros obtenidos tenemos:

Cuadro 7 Parámetros proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Parámetros del ANA	
1.	Temperatura superficial de agua marina
2.	Oxígeno disuelto
3.	Conductividad
4.	Salinidad
5.	pH
6.	Sólidos suspendidos totales
7.	Aluminio
8.	antimonio
9.	Arsénico
10.	Boro
11.	Cadmio
12.	Cobalto
13.	Cobre
14.	Cromo
15.	Estaño
16.	Hierro
17.	Manganeso
18.	Mercurio
19.	Molibdeno
20.	Níquel

Parámetros del ANA
21. Plata
22. Plomo
23. Talio
24. Titanio
25. Uranio
26. Vanadio
27. Zinc
28. Aceites y Grasas
29. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)
30. Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)
31. Fosfatos
32. Nitratos
33. Nitrógeno amoniacal
34. Hidrocarburos totales de petróleo
35. Coliformes termotolerantes
36. Coliformes totales

Fuente: Elaboración propia

Según el Cuadro N° 33 se obtuvo información de 36 parámetros, sin embargo, no todos los años son constantes teniendo datos de DQO solo en el año 2014, fosfatos en los años 2014 y 2015, uranio en los años 2020 y 2021; molibdeno y estaño en los años 2014 y 2018, lo que hace inconsistente la información para dichos parámetros.

Con respecto al Instituto del mar del Perú (IMARPE), se obtuvo mayor información en relación a la frecuencia de monitoreo, no obstante, solo de 4 parámetros, siendo estos:

Cuadro 8 Parámetros proporcionados por el Instituto del mar del Perú (IMARPE)

Parámetros IMARPE
1. Temperatura superficial de agua marina
2. Oxígeno disuelto
3. Salinidad
4. pH

Fuente: Elaboración propia

Respecto del volumen de datos, el aporte de IMARPE fue considerablemente mayor (28 600 registros) que el de ANA. No obstante, para la sistematización se sincronizaron ambas series tomando como eje las fechas de monitoreo de la ANA. Dado que no se observó variación estacional significativa en los parámetros analizados, para cada fecha de la ANA se seleccionó el registro de IMARPE cronológicamente más cercano; por ejemplo, si la ANA muestreó el 4 de noviembre de 2014, se utilizó el dato de IMARPE de la fecha inmediata más próxima.

En cuanto al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), se obtuvo solo información del año 2015 dado que en ese año se registró una incidencia, exactamente el 04 y 05 de noviembre, por presunta contaminación de la playa Atenas (barda de Paracas) a consecuencia de ácidos

industriales vellidos por las empresas pesqueras asentadas en la zona (OEFA, 2016) <https://repositorio.oefa.gob.pe/items/9157d341-8e04-4c2d-b5b3-e896986e6f23> , debido a su naturaleza de sus funciones, es de actuar ante incidencias ambientales, no obstante se tuvo información de variedad de parámetros entre ellos tenemos.

Cuadro 9 Parámetros proporcionados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

Parámetros OEFA	
1.	Temperatura superficial de agua marina
2.	Oxígeno disuelto
3.	Conductividad
4.	Salinidad
5.	pH
6.	Sólidos suspendidos totales
7.	Arsénico
8.	Cadmio
9.	Cobre
10.	Mercurio
11.	Níquel
12.	Plomo
13.	Silicatos
14.	Zinc
15.	Aceites y grasas
16.	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)
17.	Fosfatos
18.	Nitratos
19.	Coliformes Termotolerantes
20.	Coliformes totales

Fuente: Elaboración propia

Tal como se indica en el cuadro N° 35, se observan 20 parámetros, los cuales fueron obtenidos entre el 04 y 05 de noviembre, coincidiendo con la fecha de muestreo de IMARPE de esa fecha y próxima a la fecha de ANA que fue el 25 de noviembre de ese año.

Además, se sistematizó la ubicación de las estaciones de muestreo de las instituciones mencionadas, detalle que lo podemos visualizar en el siguiente cuadro.

Imagen 4 Estaciones de monitoreo por institución

IMARPE			ANA			OEFA		
ESTACION	X	Y	ESTACION	X	Y	ESTACION	X	Y
1	365989.36	8489600.84	Mpar7*	365044	8470446	A-01	360482	8475194
4	364577.4	8483153.12	Mpar8*	364052	8469817	A-02	361044	8476169
11	361056.56	8475271.33	Mpar6*	365986	8476343	A-03	361514	8474641
13	361123.68	8473391.13	S-Mpar1	364972.82	8470525.5	A-04	362030	8475100
14	363382.92	8469786.45	S-Mpar2	360834.6	8473538.31	A-05	361246	8473387
B	365797.97	8475394.58	S-MBoc1	367676	8486876	A-06	362445	8473419
C	364733.02	8470561.73	BPara45*	360834	8474112.54	A-07	360751	8472349
L	365868.45	8477450.62	BPara35*	364972	8471136.7	A-08	361903	8472347
12 *	363531	8473025.95	MPara10*	365986	8476343	A-09	363161	8472323
15 *	362440.19	8472033.82				A-10	360345	8471356
16 *	360319.88	8471530.83				A-11	361641	8471401
						A-12	363135	8471347

Fuente: Elaboracion propia

*Estación solo registrada en un año.

8.1 Sistematización de información

Con la base de datos consolidada, la información se digitalizó y organizó en el Cuadro N.º 32, ordenándola anualmente e incorporando la fecha de muestreo, la ubicación geográfica y la institución responsable.

En total se digitalizaron 2 547 registros para los distintos parámetros: 858 de IMARPE, 834 de ANA, 228 de OEFA y 507 de Plus Petrol (véase Anexo N.º 1-Excel adjunto al producto 1). Tal como se indicó líneas arriba, la serie no es uniforme en el tiempo. En términos de frecuencia de monitoreo, los parámetros con mayor número de mediciones anuales son la temperatura (T°), el oxígeno disuelto (OD) y el pH, con más de 250 datos/año; la salinidad alcanza 213 datos/año. El resto de parámetros se sitúa, en general, entre 40 y 50 datos/año. Esta distribución se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla 30 Evaluación de frecuencia de toma de datos

Parámetros	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	2022	2023	Total general
OXIGENO	32.00	73.00	45.00	22.00	43.00	36.00	25.00	28.00	19.00	6.00	6.00	335.00
TEMPERATURA	32.00	73.00	45.00	24.00	43.00	36.00	25.00	28.00	19.00	6.00	6.00	337.00
CONDUCTIVIDAD	2	16	2		3	6	3	12	11	6	6	67
SALINIDAD	22	69	33	22	37	29	22	22	14	6	6	282
pH	32	73	45	24	43	33	25	28	19	6	6	334
SST	6	18	13	8	11	12	9	12	9	6	6	110
Aluminio (AL) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Antimonio (Sb) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Boro (B) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Arsénico (As) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Cadmio (Cd) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40

Parámetros	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	2022	2023	Total general
Cobalto (Co) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Cobre (Cu) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Cromo (Cr) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Estaño (Sn) total	2				2							4
Hierro (Fe) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Mercurio (Hg) total	2	12	4	2	5	6	3	12	3	6	6	61
Molibdeno (Mo) total	2				2							4
Niquel (Ni) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Plata (Ag) total	2		4	2	5							13
Plomo (Pb) total	2	12	4	2	5	6	3	6				40
Talio (Tl) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Titanio (Ti) total	2				2				3			7
Uranio (U) total							3	6				9
Manganeso (Mn) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Vanadio (V) total	2		4	2	5	6	3	6				28
Aceites y grasas (HEM)	8	22	11	7	11	10	8	12	8	6	6	109
Zinc (Zn) total	2	12	4	2	5	6	3	12	6	6	6	64
Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	8	22	13	8	11	12	9	12	11	6	6	118
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2											2
Fosfatos (PO4-3)	2	16										18
Nitrógeno Amoniacal	2	4	2		2							10
Cuenta de Numeración de Coliformes Totales	2	14										16
Nitratos	2	16	4	1	5	6	3	6	5			48
Hidrocarburos Totales de Petróleo	8	8	9	8	11	8	8	9	11	6	6	92
Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	2	16	4	2	5	9	3	9	5			55

Fuente: Elaboración propia



Datos Con mayor frecuencia

Del análisis del cuadro siguiente se identifican 10 parámetros con mayor frecuencia de monitoreo, es decir, con mayor número de datos levantados en campo. Esta amplitud muestral

reduce el error y mejora la robustez de los indicadores, permitiendo estimaciones de calidad consistentes y con menor sesgo estadístico.

Por otra parte, se realizó la comparación de los promedios anuales por parámetro seleccionado frente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua vigentes (actualización 2017), a fin de determinar cuáles superan los umbrales establecidos por la normativa. En concordancia con Orozco (2024), se empleó la Categoría 2, específicamente la subcategoría C2 (extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras).

La comparación se efectuó calculando, para cada parámetro y año, el promedio anual y contrastándolo con el valor ECA correspondiente, según la normativa nacional (MINAM, 2015; 2017), aprobada mediante el D.S. N.° 015-2015-MINAM y modificada por el D.S. N.° 004-2017-MINAM.

Tabla 31 Evaluación en relación a los LMP ECA 2017 categoría 2

Valores	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	2022	2023
OXIGENO	4.48	5.46	5.95	5.79	5.32	6.34	6.44	6.54	6.79	11.87	11.98
TEMPERATURA	2.53	2.56	3.29	4.13	3.52	3.11	3.06	2.16	1.14	3.84	0.80
pH	7.79	7.86	8.01	7.97	7.89	8.07	7.97	7.95	7.98	8.28	8.46
SST	9.181666	15.70	4.21	18.88	14.00	15.49	3.53	3.90	2.73	9.45	4.833
Mercurio (Hg) total	0.0080	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Aceites y grasas (HEM)	0.2425	0.6875	1.1573	1.6786	0.9655	0.6739	0.0923	0.0945	0.1650	0.0900	0.0900
Zinc (Zn) total	0.0030	0.0367	0.0093	0.0100	0.0064	0.0150	0.0167	0.0100	0.0100	0.3517	0.0100
Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	1.9900	2.1414	2.4315	1.9700	1.9409	1.9450	2.1767	2.3783	1.5655	1.9000	1.9000
Hidrocarburos Totales de Petróleo	0.1500	0.1900	0.0833	0.0221	0.0045	0.0009	0.0012	0.0013	0.0046	0.0010	0.0010
Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	3.2500	1.8031	5.5925	1.7900	3401.4320	78.7855	1.7900	1.7900	1.7900		

Fuente: Elaboración propia

Según lo planteado en el cuadro N° 38, observamos que los promedios de los parámetros que han sobrepasado el límite máximo permisible, son: Boro, Mercurio, Hidrocarburos totales de petróleo y coliformes termo tolerantes, por lo que tomaríamos estos parámetros para la evaluación del ICA Paracas, además consideraríamos los 10 parámetros tomados en cuenta por Orozco R. 2024, en lo cual detallamos en el siguiente cuadro.

Tabla 32 Parámetros considerados por Orozco 2024

Fuente/Parámetros	DECRETO SUPREMO N.° 015-2015-MINAM	DECRETO SUPREMO N.° 004-2017-MINAM
Físico químico		
Aceites y grasas (mg/L)	1.0	1.0

Fuente/Parámetros	DECRETO SUPREMO N.º 015-2015-MINAM	DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM
Demanda bioquímica de	10	10
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c) mg/L	16	16
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	≥ 3	≥ 3
Potencial de hidrógeno (pH)	6,8-6,5	6,8-6,5
Sólidos suspendidos totales	60	60
Sulfuros mg/L	0.05	0.05
Temperatura °C	Δ3	
Orgánico		
Hidrocarburos totales de petróleo (fracción)	0.007	0.007
Microbiológico		
Coliformes termotolerantes	≤30	≤30

Fuente: Orozco R. 2024

Como se muestra en el Cuadro N.º 39, 9 de los 10 parámetros propuestos por Orozco para el ICAM-PE están disponibles en la matriz de datos de la presente consultoría. Por ello, se utilizarán todos, a excepción de los sulfuros, debido a que no existen registros en las series de las instituciones consultadas. En contraste, sí se cuenta con conductividad eléctrica.

Asimismo, se identificó que, en determinados años, hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y coliformes termotolerantes (CTT) superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 2017 para aguas marino-costeras. De forma similar, los metales boro (B) y mercurio (Hg) también presentaron superaciones respecto de sus valores de referencia. Por lo tanto, todos ellos serán considerados en la evaluación del Índice de Calidad Ambiental de la Bahía de Paracas (ICA-Paracas).

En síntesis, para la formulación del índice se definió un conjunto de 12 parámetros, seleccionados con base en: (i) la frecuencia de muestreo y (ii) la incidencia de superaciones a los ECA (y, cuando corresponda a efluentes, a los LMP).

9. REPORTE DE REUNIONES DE COORDINACIÓN/TRABAJO CON LA CONTRAPARTE TÉCNICA, ESPECIALISTAS, REPRESENTANTES DE INSTITUCIONES PÚBLICAS O PRIVADAS, ENTRE OTROS

- Primera Reunión de Inicio de la Consultoría

Fecha: 20 de Junio 2025	Hora de inicio: 15:00pm	Lugar: Virtual /Zoom
-------------------------	-------------------------	----------------------

A solicitud de: **PNUD – Proyecto Humboldt**

Agenda:

- Reunión de presentación del equipo consultor y contraparte técnica.
- Presentación de la propuesta de plan de trabajo para la consultoría (TERRA NUOVA).
- Aportes y sugerencias de mejora al plan de trabajo.
- Arreglos para la revisión y conformidad de productos.

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Arturo Gonzáles Araujo	Especialista en Biodiversidad PNUD - Proyecto Humboldt II
Frida Rodriguez	Contraparte - Ministerio del Ambiente
Américo Sanchez Fernandez Baca	Contraparte - Ministerio del IMARPE
Ricardo Jimenez vilchez	Terra Nuova consultor
Diana Torres Acasiete	Equipo Terra Nuova
Mario Correa	Equipo Terra Nueva

Conclusión:

La contraparte técnica revisara el plan de trabajo presentado por el equipo de Terra Nuova para su evaluación y poder dar las observaciones correspondientes. También se dieron sugerencias y aportes de parte del especialista de PNUD y la contraparte técnica. La consultoría agradeció la valiosa información y recomendaciones que enriqueció al equipo y así poder cumplir con el objetivo de dicha consultoría.

- Segunda Reunión :

Fecha: 03 de Julio 2025	Hora de inicio: 15:00pm	Lugar: Virtual /Zoom
-------------------------	-------------------------	----------------------

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Arturo Gonzáles Araujo	Especialista en Biodiversidad PNUD - Proyecto Humboldt II
Frida Rodriguez	Contraparte - Ministerio del Ambiente
Américo Sanchez Fernandez Baca	Contraparte - Ministerio del IMARPE
Ricardo Jimenez vilchez	Terra Nuova consultor
Diana Torres Acasiete	Equipo Terra Nuova
Mario Correa	Equipo Terra Nueva

A solicitud de: **ONG - Terra Nuova**

Agenda:

- Exposición de avances por parte del equipo de Terra Nuova vinculados a los parámetros a solicitar información a las instituciones y análisis de metodologías.
- Recepción de retroalimentación de la UGP, IMARPE y MINAM.

Conclusión:

Se expuso el avance de la información obtenida y de los posibles parámetros oceanográficos a considerar, el equipo consultor dio por bien iniciara a solicitar la información a las diferentes instituciones y empresas que realizan monitoreos ambientales, así mismo se solicitó una carta de presentación del PNUD para con la finalidad de tener mejor atención por la importancia del proyecto. Otro punto más que se trato fue de las observaciones del plan de trabajo el cual el equipo de la contraparte dio sugerencias las cuales fueron bien recibidas por la ONG, el cual la ONG se comprometió a levantarlas en un corto plazo.

- Tercera Reunión:

Fecha: 08 de Agosto 2025	Hora de inicio: 15:00pm	Lugar: Virtual /Zoom
--------------------------	-------------------------	----------------------

A solicitud de: **ONG - Terra Nuova**

Agenda:

- Exposición de avance para el primer producto.

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Arturo Gonzáles Araujo	Especialista en Biodiversidad PNUD - Proyecto Humboldt II
Frida Rodriguez	Contraparte - Ministerio del Ambiente
Américo Sanchez Fernandez Baca	Contraparte - Ministerio del IMARPE
Ricardo Jimenez vilchez	Terra Nuova consultor
Diana Torres Acasiete	Equipo Terra Nuova
Mario Correa	Equipo Terra Nueva

Conclusión:

Al culminar la exposición los especialistas de la contraparte técnica dieron sus impresiones y recomendaciones para poder entregar un mejor primer producto, así mismo las observaciones por parte del especialista del PNUD fueron todas bien recibidas teniendo en cuenta que faltaba aún más información de datos de las instituciones. La Ong solicito el apoyo del especialista del IMARPE para que la entrega de los datos sea lo antes posible.

- Cuarta Reunión

Fecha: 18 de Agosto 2025	Hora de inicio: 16:00pm	Lugar: Virtual /teams
--------------------------	-------------------------	-----------------------

A solicitud de: **Empresa PlusPetrol**

Tema a tratar:

-Conocimiento del alcance de los datos solicitados a la empresa plus petrol y su finalidad.

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Ricardo Jimenez vilchez	Terra Nuova consultor
Diana Torres Acasiete	Equipo Terra Nuova
Mario Correa	Equipo Terra Nueva
Maria F. Corvacho Cardenas	Asistente de la Pluspetrol
Guillermo Añi	Biólogo de la Plus Pretrol
Elena S. Chung	Bióloga de la Plus Petrol

Conclusión:

Al culminar la exposición los profesionales de la empresa Pluspetrol aceptaron en apoyar el proyecto para el estudio ambiental en la bahía de paracas, se acordó en enviar la lista de los parámetros ambientales a necesitar de las estaciones de muestreo que realizan.

- Quinta Reunión

Fecha: 22 de Agosto 2025	Hora de inicio: 16:00pm	Lugar: Vía telefónica - email
--------------------------	-------------------------	-------------------------------

A solicitud de: **TERMINAL PORTUARIO DE PARACAS**

Tema a tratar:

- Coordinación sobre la solicitud de acceso de información de los muestreos ambientales

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Ricardo Jimenez Vilchez	Terra Nuova consultor
Ing. Marlon Escobar	Área Ambiental – terminal portuario de paracas

Conclusión:

Al culminar la llamada telefónica proporcionaron una nueva dirección de correo para poder atender a la solicitud de la ONG.

- Sexta Reunión

Fecha: de Julio 2025	Hora de inicio: 16:00pm	Lugar: laboratorio costero de Pisco - Imarpe
----------------------	----------------------------	---

A solicitud de: **ONG TERRA NUOVA**

Tema a tratar:

-Coordinación sobre la solicitud de acceso de información de los muestreos ambientales de la bahía de Paracas.

Participantes:

Nombre y Apellidos	Institución
Diana Torres Acasiete	ONG Terra Nuova
Ing. Elvis Peralta	Área de Oceanografía – IMARPE- Pisco

Conclusión:

Al culminar la pequeña reunión el ingeniero del IMARPE se comprometió en el acelerar la entrega de la información.

10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Al-Sulaiti, M. M., Toor, G., & Nghiem, L. (Eds.). (2022). *Las causas y los efectos de la contaminación por mercurio y metilmercurio en el medio marino: una revisión*. En *Contaminación del agua* (Vol. 8, pp. 249–272). Springer Nature.
- APHA. (2005/2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Método 5520B, aceites y grasas; método de tubos múltiples para coliformes).
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Propuesta metodológica para la determinación del Índice de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)*. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. Lima: ANA.
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). *Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)*. Lima: ANA.
- Aronés, K., & Ayón, P. (2023). Characterization of the zooplankton community in Paracas Bay (2013–2015). *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 38(1).
- Avila-Peltroche, J., & Padilla-Vallejos, J. (2020). The seaweed resources of Peru. *Botanica Marina*, 63(4), 275–292.
- Borja, Á., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100–1114.
- Briceño-Zuluaga, F., et al. (2023). Surface wind strength and sea surface temperature in the Humboldt Current Upwelling System. *Regional Studies in Marine Science*, 61, 103022.
- Cabello, R., Tam, J., & Jacinto, M. E. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas (Perú) en junio de 2000. *Revista Peruana de Biología*, 9(2), 94–110.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2017). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Water Quality Index (WQI) — User's Manual* (2017 update). CCME.
- Cardoso, F. (2004). Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* en la costa peruana. *Revista Peruana de Biología*, 11(1), 45–50.
- Carritt, D. E., & Carpenter, J. H. (1966). Comparison and evaluation of presently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater. *Journal of Marine Research*, 24, 286–318.
- CPPS. (2014). *Estado del medio ambiente marino costero del Pacífico Sudeste*. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN). (2025). *Tabla de mareas – Pisco (septiembre 2025)*. Ministerio de Defensa.
- Doney, S. C. (2006). The dangers of ocean acidification. *Scientific American*, 294(3), 38–45.
- EEA. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview* (Technical report No. 25). European Environment Agency.
- Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*, 488, 615–620.
- [HIDRONAV-2263.pdf]. (s. f.). Carta náutica Bahía de Paracas (DHN).
- Igarza, M., et al. (2024). Characterization of hypoxic events in Paracas Bay (Peru). *Journal of Sea Research*, 206, 102343.

- IMARPE. (2015). *Variación de oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en la Bahía de Paracas (2013–2015)*. Informe técnico, Laboratorio Costero de Pisco.
- IMARPE. (2022, 21 de diciembre). *Análisis de la pesquería y biología del pulpo Octopus mimus en el litoral peruano*. Instituto del Mar del Perú.
- IMARPE. (2023). *Monitoreos ambientales y oceanográficos en Paracas*. Informes técnicos.
- IOC-UNESCO. (1984). *Manuals and Guides on the Determination of Petroleum Hydrocarbons in Seawater by Fluorescence*. Intergovernmental Oceanographic Commission.
- ISO. (1991). *ISO 5815:1991 Water quality — Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD_n)*.
- ISO. (2021). *ISO 14031: Environmental management — Environmental performance evaluation — Guidelines*.
- Jacinto Tayco, V. (2014). *Hidrodinámica costera y corrientes en la bahía de Paracas* [Tesis].
- Jacobo, M., & Sánchez, A. (2023). Fitoplancton y variabilidad físico-química en Paracas. *Boletín Científico IMARPE*, 38(2), 45–63.
- Jury, S. H., & Mueller, C. G. (2000). The effect of suspended sediments on the feeding rate of *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 137(5–6), 955–960.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM: Aprueban los ECA para Agua* (categorías marino-costeras; modifica el D. S. N.° 002-2008-MINAM). Lima: MINAM.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. OECD/Joint Research Centre.
- Orozco, R. (2024). *Determinación del índice numérico integrado de calidad de agua marina costera para las actividades de pesca y maricultura* (Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos).
- PNUD. (2023). *Propuesta de indicadores ambientales y socioeconómicos para Pisco–Paracas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD Perú. (2021). *Índice de salud del océano (OHI/IDSO): Aproximación y aplicaciones para el Perú (Bahía de Sechura)*. Lima: PNUD.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023). *Diagnóstico de la evaluación y monitoreo de la calidad ambiental en la bahía de Paracas (Producto 3)*. Proyecto “Humboldt II”. Lima: PNUD.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s. f.). *TDR: Elaboración de una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para la Bahía de Paracas* (Términos de referencia). Lima: PNUD.
- Pietri, A., et al. (2013). Finescale vertical structure of the upwelling system off Pisco, Peru. *Journal of Physical Oceanography*, 43(3), 631–646.
- Vaz-Pinto, I. (2016). Effects of temperature on the early life-history of *Octopus mimus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 485, 37–45.
- Vaquer-Sunyer, R., & Duarte, C. M. (2008). Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(40), 15452–15457.
- Vivas-Aguas, L. J., Obando, P. S., & Carrillo, L. (2014). *Hoja metodológica del indicador: Índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM), versión 1.0*. Santa Marta: INVEMAR & DANE.
- Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G., & Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale (TRIX). *Marine Pollution Bulletin*, 16, 302–305.

- Wang, W.-X., & Rainbow, P. S. (2005). Effects of metal exposure on marine invertebrates: Zinc accumulation and toxicity in bivalve larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 285, 105–115.
- Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Battarbee, R. W., Kernan, M., & Wade, A. J. (2013). A review of the potential impacts of oil pollution on aquatic ecosystems. *Environmental Science & Policy*, 30, 101–112.

SENAMHI:

- SENAMHI. (2017). *PISCO de precipitación (PISCOp) – versión diaria y mensual* (Documento 01402SENA-8). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (2021). *Climas del Perú — Mapa de clasificación climática nacional (1991–2020)*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (2025a). *Condiciones térmicas costeras (abril 2025): Anomalías de temperatura del aire en la costa*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (2025b). *Monitoreo de las temperaturas del aire en la costa peruana (febrero 2025): Seguimiento decadiario/mensual de anomalías*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (2025, 11 de julio). *ENFEN — Informe técnico, año 11, N.º 09* (condiciones de humedad relativa en la costa central–sur). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (s. f.). *Normales climáticas estándares y medias 1991–2020*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI. (s. f.). *Pronóstico turístico — Paracas*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

SERNANP (sitios oficiales):

- SERNANP. (s. f.-a). *Reserva Nacional de Paracas — Información general*. <https://visitaareasnaturales.sernanp.gob.pe/anps/reserva-nacional-de-paracas/>
- SERNANP. (s. f.-b). *Reserva Nacional — SIIPG — Islas Ballestas*. <https://visitaareasnaturales.sernanp.gob.pe/anps/reserva-nacional-siipg-islas-ballestas/>

11. ANEXOS

ANEXO 1: Excel Sistematización (se adjunta en correo)

ANEXO 2: Correos de coordinación

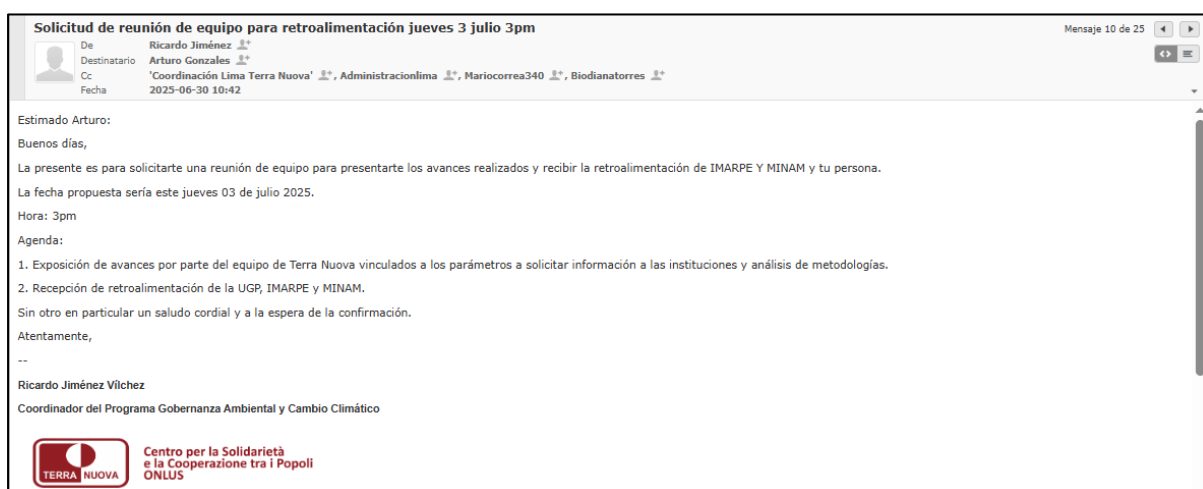
Alcanzo Plan de Trabajo- Consultoría ICA Bahía Paracas- Fecha 2025-06-20 16:36



Re: Elaboración de Acta de la Reunión de inicio- Fecha 2025-06-25 17:44



Solicitud de reunión de equipo para retroalimentación jueves 3 julio 3pm- Fecha 2025-06-30 10:42



Avance de análisis de información- ICA Paracas- Fecha 2025-07-02 13:55

Avance de análisis de información- ICA Paracas

Mensaje 9 de 25

De

Ricardo Jiménez

Destinatario

Arturo Gonzales

Cc

Frodriguez, Americo Alexander Sanchez Fernandez Baca, Biodianatorres, Mario Correa340, 'Coordinación Lima Terra Nuova', Administracionlima

Fecha

2025-07-02 13:55

Estimados buenas tardes,

Por medio de la presente comparto un PPT del avance de análisis de información vinculada a la consultoría para elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de Paracas y mecanismo de implementación.

Seguimos avanzando y dispuestos a recibir aportes y sugerencias, como se menciona en la agenda del PPT. Principalmente para ir solicitando las variables necesarias a las instituciones respectivas.

Saludos cordiales,

--

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático

TERRA NUOVA

Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli

ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.

Tel.: +51-01-444 05 48

Web Perú: www.terranuova.org.pe

Web Italia: www.terranuova.org

Analisis documen... (~71 KB)

Solicitud de carta de presentación ENIEX TERRA NUOVA y Coordinación con IMARPE- Fecha 2025-07-15 09:06

Solicitud de carta de presentación ENIEX TERRA NUOVA y Coordinación con IMARPE

Mensaje 8 de 25

De

Ricardo Jiménez

Destinatario

Arturo Gonzales

Cc

Mario Correa340, Biodianatorres, 'Coordinación Lima Terra Nuova', Administracionlima

Fecha

2025-07-15 09:06

Estimado Arturo,

Buenos días,

la presente es para solicitarte una carta de presentación de la ENIEX TERRA NUOVA, con el objetivo de gestionar ante las instituciones el acceso de data, en el marco de la consultoría para "Elaborar una propuesta de índice de calidad ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de paracas y mecanismo de implementación".

De igual forma solicitarte coordinar a través de tu persona con el Sr. Américo Sánchez Baca del IMARPE, para poder canalizar la carta a IMARPE PISCO.

Saludos cordiales,

--

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático

TERRA NUOVA

Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli

ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.

Tel.: +51-01-444 05 48

Web Perú: www.terranuova.org.pe

Web Italia: www.terranuova.org

Re: Observaciones Plan de trabajo consultoría ICA- Fecha 2025-07-20 19:55

Re: Observaciones Plan de trabajo consultoría ICA

Mensaje 5 de 25

De

Ricardo Jiménez

Destinatario

Arturo Gonzales

Cc

Laura Naranjo, 'Coordinación Lima Terra Nuova', Administracionlima, Biodianatorres, Mario Correa340

Fecha

2025-07-20 19:55

Estimado Arturo,

Buenos días

Alcanzo el Plan de Trabajo mejorado con las observaciones y sugerencias. Así como, el detalle solicitado.

Saludos cordiales,

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático

TERRA NUOVA

Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli

ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.

Tel.: +51-01-444 05 48

Web Perú: www.terranuova.org.pe

Web Italia: www.terranuova.org

Plan de Trabajo-L... (~75 KB)

PLAN DE TRABA3... (~91 KB)

79

Avance de acciones-Índice de Calidad de agua Paracas- Fecha 2025-07-22 15:00

Avance de acciones-Índice de Calidad de agua Paracas

Mensaje 4 de 25



De Ricardo Jiménez Vilchez

Destinatario Arturo Gonzales

Cc Frodriguez, Americo Alexander Sanchez Fernandez Baca, 'Coordinación Lima Terra Nuova', Administracionlima, Biodianatorres, Mariocorrea340

Fecha 2025-07-22 15:00

Estimado Arturo,

Buenas tardes,

Por intermedio de la presente, en el marco del compromiso de comunicación, informar que estamos solicitando a las instituciones (ANA, SANIPES y OEFA) la información disponible, para la Bahía de Paracas, durante el periodo 2014-2024.

Saludos cordiales,

--

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático



Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli
ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.
Tel.: +51-01-444 05 48
Web Perú: www.terranuova.org.pe
Web Italia: www.terranuova.org

Gestiones Índice de Calidad de Agua Bahía Paracas-Información también con IMARPE- Fecha 2025-07-22 15:17

Gestiones Índice de Calidad de Agua Bahía Paracas-Información también con IMARPE

Mensaje 3 de 25



De Ricardo Jiménez Vilchez

Destinatario Arturo Gonzales

Cc Frodriguez, Americo Alexander Sanchez Fernandez Baca, 'Coordinación Lima Terra Nuova', Administracionlima, Biodianatorres, Mariocorrea340

Fecha 2025-07-22 15:17

Estimado Arturo,

Buen día, agregar también la presentación por mesa de partes a IMARPE.

Saludos cordiales,

--

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático



Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli
ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.
Tel.: +51-01-444 05 48
Web Perú: www.terranuova.org.pe
Web Italia: www.terranuova.org

Solicitud de reunión para exponer avance ICA Paracas- Fecha 2025-08-05 09:42

Solicitud de reunión para exponer avance ICA Paracas

Mensaje 2 de 25



De Ricardo Jiménez Vilchez

Destinatario Arturo Gonzales

Cc Biodianatorres, Mariocorrea340

Fecha 2025-08-05 09:42

Estimado Arturo,

Buenos días,

La presente es para solicitar una reunión y poder exponer brevemente (20 min aprox) los avances para el primer producto con el equipo a ustedes, MINAM e IMARPE para este **viernes 8 a las 5pm** y recoger sus impresiones y aportes como siempre.

Esperamos que puedan tener el tiempo o ver quizás otra alternativa que nos interesa para recoger siempre sus aportes y presentar un buen producto.

Seguimos recibiendo la data y sistematizándola.

Saludos cordiales,

--

Ricardo Jiménez Vilchez

Coordinador del Programa Gobernanza Ambiental y Cambio Climático



Centro per la Solidarietà
e la Cooperazione tra i Popoli
ONLUS

Dir.: Calle Federico Gerdes #193, Urb. Las Lilas, Santiago de Surco, Lima.
Tel.: +51-01-444 05 48
Web Perú: www.terranuova.org.pe
Web Italia: www.terranuova.org

Así mismo, indicar que adicionalmente se envió comunicaciones a SANIPES (ya se recibió su información), PLUSPETROL (en proceso de evaluación por parte de la entidad) y del Puerto de Paracas (pendiente de envío).

Avance del primer producto-8 agosto 2025



ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL NACIONAL VINCULADOS LAS ACCIONES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA ZONA MARINO- COSTERA

Marco Normativo

La Bahía de Paracas conocida por su gran variedad en recursos naturales entre ellos los más importantes como la concha de abanico, el pejerrey, el bonito, la cabinza y la anchoveta este último recurso pesquero muy importante es la especie clave para el inicio de la cadena alimentaria en el sistema de afloramiento del mar peruano, agua fría y rica en nutrientes que nos trae la corriente de Humboldt.

la pesca y el turismo impulsan la actividad económica, por ser de gran importancia está sujeta a normativas específicas para proteger su ecosistema marino costero y su biodiversidad.



A. Normativa Nacional.

La Normativa busca equilibrar la protección de los ecosistema con el uso sostenible de sus recursos, pero enfrenta desafíos como la contaminación marina en su ambiente, que requieren atención y acciones coordinadas para asegurar su conservación a largo plazo.

Nº	Norma	Objetivo	Competencia con la región
1	LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE Nº 20611	Artículo 1.- Del derecho a estar fundamentalmente sano surge el derecho intransferible a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una atmósfera ambiental equilibrada en el ambiente así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.	Ministerio del Ambiente
2	DECRETO SUPLENTO Nº 1381-PLAS-CDACON DE LA ASISTENCIA NACIONAL DE INDIOS	Artículo 11.- Declara la Reserva Nacional la reserva de Incahuasi en la zona de Incahuasi (MUNICIPIO de Incahuasi) en las aguas marítimas en las provincias de Piura y Tarma, en el departamento de Ica, que con los Indios que se señalan a continuación se denominará Reserva Nacional de Incahuasi.	Presidencia de la República del Perú
3	LA LEY Nº 20111-AMBIENTE MODIFICANDO LOS ESTADUTOS DE CALIDAD DEL AGUA	Artículo 1.- Objeto de la norma la presente norma tiene por objeto complementar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo Nº 002-2008-AG/Industria, el Decreto Supremo Nº 002-2008-AG/Industria y el Decreto Supremo Nº 010-2010-AG/Industria, que aprueban los Estatutos de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, modificando estos, a la luz de la legislación en el presente Decreto Supremo y al incluir sus disposiciones inherentes del mismo, sus complementos normativos, modifica y elimina algunos reglamentos, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y modifica otros que fueren aprobados por los referidos Decretos supremos. Artículo 4.- Disposiciones. Cuando se haga referencia a "la Ley" o "el Reglamento", se entiende que se trata de la presente Ley o de su Reglamento. La Autoridad Nacional debe entenderse como la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Consejo de Cuencas como el Consejo de Cuencas Hídricas de Cuernavaca.	Ministerio del Ambiente

LEY ORGÁNICA DE ECONOMÍA INDIOS Nº 20611	Artículo 3.- Declaración de interés nacional y necesidad pública Declara de interés nacional y necesidad pública la gestión integral de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de los recursos hídricos y los esfuerzos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar la calidad hídrica de los recursos hídricos del agua, para garantizar la sostenibilidad de la demanda de los actuales y futuros generadores.	Presidencia de la República del Perú
DECRETO SUPLENTO Nº 002-2008-AG/INDUSTRIA MODIFICANDO LOS ESTADUTOS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA	Artículo 1.- Modificación de los Estatutos Ambientales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo Nº 002-2008-AG/Industria, modificando los parámetros y valores de los Estatutos Ambientales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo Nº 002-2008-AG/Industria, detallados en el Anexo de la presente norma. Artículo 2.- ECA para Agua y reglamentos de cumplimiento de los Estatutos Ambientales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los recursos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales y niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley Nº 20611, Ley General del Ambiente. Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental. 3.1. Los Estatutos de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son reglamentos obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.	Ministerio del Ambiente

6	DECRETO SUPLENDO Nº 028 2001 DE ADMINISTRACIÓN Y MANEJO DE CONDICIONES ESPECIALES PARA EL DESARROLLO O EL MANEJO DE LA MANUFACTURA DE EDIFICIOS MONTAÑAS EN LA S. P.	Artículo 1.- Aprueban el Reglamento de "Industria y Manejo de las Condições Especiales para el Desarrollo de la Manufactura de Edificios Montañas en la Zona Nacional de Protección" elaborados por los, al menos una vez de cada dos años (2) artículos y otros (3) Disposiciones Transitorias, y que forma parte integrante del Decreto. Artículo 2.- Facúlase al Ministerio de Fomento para que mediante Resolución del titular del Riego, apruebe las normas complementarias que modulen la actividad durante en el Reglamento que se aprueba en el artículo precedente.	Presidencia de la República del Perú
7	LEY GENERAL DE PESCA Nº 28277	Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto normar la actividad pesquera con el fin de promover su desarrollo sostenible como fuente de alimentación, empleo e ingresos y de asegurar un aprovechamiento responsable de los recursos hidrobiológicos, optimizando los beneficios económicos, en armonía con la conservación del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad. Artículo 2.- Son patrimonio de la Nación los recursos hidrobiológicos contenidos en las aguas jurisdiccionales del Perú. En consecuencia, corresponde al Estado regular el manejo integral y la explotación racional de dichos recursos, considerando que la actividad pesquera es de interés nacional.	Presidencia de la República del Perú
8	LEY GENERAL DE AGRICULTURA Nº 1391	Artículo 2.- Declaración de interés nacional. Declárase el desarrollo de la actividad sostenible como actividad económica de interés nacional que responde a la diversificación productiva y la competitividad, en armonía con la preservación del ambiente, la conservación de la biodiversidad y la seguridad e inocuidad de los recursos y productos hidrobiológicos, destacándose su importancia en la obtención de productos de calidad para la alimentación y la industria, la generación de empleo, de ingresos y de raciones productivas, entre otros beneficios.	Presidencia de la República del Perú

9	Las Ordenes de Hidrocarburos Ley Nº 26221	Artículo 10.- Por Decreto Supremo y a propuesta del Ministerio de Energía y Minas, se aprueba el reglamento de calificación de las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que podrán acceder al Contrato de explotación y explotación o explotación de Hidrocarburos. Este reglamento fijará los requisitos técnicos, legales, ambientales y financieros, así como la experiencia, capacidad y solvencia técnica necesaria para permitir el desarrollo sostenible de la actividad de la explotación y explotación de Hidrocarburos, acorde con las normativas del área del Contrato, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las normas de conservación del medio ambiente.	Presidencia de la República del Perú
10	Las Ley Nº 26886 - Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.	Artículo 1.- La presente Ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes en armonía con los artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú. Los principios y definiciones del Convenio sobre Diversidad Biológica rigen para los efectos de aplicación de la presente Ley. Artículo 5.- En el marco del desarrollo sostenible, la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica implica: a) Conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la sustentabilidad de las especies. b) Promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de la diversidad biológica. c) Incrementar la educación, el intercambio de información, el desarrollo de la capacidad de los recursos humanos, la investigación científica y la información científica, referidas a la diversidad biológica y a la utilización sostenible de sus componentes. d) Promover el desarrollo económico del país en base a la utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica, promoviendo la participación del sector privado para estos fines.	Consejo de la República

Convenios internacionales

CONVENIOS			
1	CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR NAUFRIO 1973.	Establecer estándares mínimos para reducir la contaminación marina.	Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), adoptado con Decreto Ley 22708 y 22964 del 25 de septiembre de 1979 y 26 de marzo de 1980 respectivamente, tiene por finalidad prevenir la contaminación del medio marino por el escape de sustancias o efluentes contaminantes, provenientes de los buques o otros tipos de instalaciones móviles.
2	ANEXO 21, CAPÍTULO 17 SOBRE MARIS Y OCEANOS, ZONAS INSULARES	El medio ambiente marino y las zonas costeras deben ser protegidos y su uso debe ser racional para permitir el desarrollo de los recursos vivos y evitar la saturación en el uso de los espacios costeros, promoviendo para tal fin el uso de la herramienta de gestión denominada Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC).	Protocolos de los Costeros y de las zonas de todo tipo, incluidos los mares cerrados y Semiabiertos, y de las zonas costeras, y protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos.

EVALUACIÓN SOBRE EL USO DE ÍNDICES (ICAM, IDSO U OTROS ÍNDICES) Y SU VIABILIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS ESPACIOS MARINO-COSTEROS

Documento	Parámetros Considerados	Metodología
1. AMB (ICA-PE)	- pH, oxígeno disuelto (OD), DBO₅, coliformes termo tolerantes, metales pesados (As, Pb, Cd, Hg). - Incluye en aguas dulces y marino-costeras (Categoría C2-C3 según D.S. N° 006-2017-MINAM).	- Basado en el índice canadiense (CCME WQI). - Combina tres factores: P1 (magnitud del exceso), P2 (frecuencia del exceso) y P3 (número de parámetros no cumplidos), normalizados con el 1.783. - Escala 0-100 con cinco categorías: Excelente (95-100), Buena (80-94), Regular (65-79), Regular (50-64), Mala (0-49). - Subíndices dinámicos por parámetro (curvas de función de calidad). - Ponderación por relevancia ecológica (ej.: OD y clorofila tienen mayor peso en zonas pequeñas). - Uso de análisis multivariado y herramientas SIG para mapeo espacial.
2. Osmo (ICAM-PE) Isla Laja	- Temperatura, pH, oxígeno y gases, SST, DBO₅, sulfatos, nitratos, fosfatos, metales pesados. - Datos históricos de IMARPE, OSM y Proyecto Humadit II.	- Compilación y análisis de datos existentes. - Identificación de gaps en monitoreo (ej.: falta de datos sobre nitrógeno plásticos e hidrocarburos). - Recomendación de integrar información en una plataforma digital.
3. PE (Regulación de Montañas)	- Clorofila, nitrógeno plásticos, salinidad, hidrocarburos, metales en sedimentos, coliformes termo tolerantes, OD. - Incluye variables biológicas (ej.: biodiversidad de aves y peces) y socioeconómicas (turismo, pesca).	- Índice dinámico con subíndices ponderados por relevancia local. - Integración con Sistema de Alerta Temprana (SAT) y Planificación Espacial Marina (PEM). - Uso de herramientas digitales (mapas de heat, SIG) y participación ciudadana.
4. PE (Propuesta para Uso de Intermontañas)	- Biodiversidad marina, calidad del agua, producción costera, turismo, sustento comunitario, producción de alimentos (ej.: pesca sostenible). - Incluye en servicios ecosistémicos y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 14).	- Metodología basada en el Índice de Salud del Océano (Ocean Health Index, OHI). - Combina subíndices ponderados por objetivos globales (ej.: biodiversidad, seguridad alimentaria). - Uso de datos satelitales y modelos predictivos para evaluar tendencias climáticas y contaminación.

Documento	Análisis de factibilidad en aplicación para la Salud Terrestre	Indicadores (Derivados de ICA-Peque)	Requisitos técnicos Logísticos	Requisitos técnicos y tecnológicos	Instituciones Receptoras
1. AMB (ICAP)	Se aplican específicamente para ambientes marinos, para otros ambientes para ajustar parámetros técnicos (ej. salinidad, densidad).	Diferencias: Incluye en aguas dulces, en parámetros técnicos específicos (microbiológicos, densidad, etc.). Metodología (P1, P2) de ponderación local.	Aplica los mismos datos primarios, reportando datos, formato final para análisis estadísticos.	Datos históricos de monitoreos (último 4 años) y cumplimiento de ICA digital.	IMARPE, MINAM.
2. Osmo (ICAM-PE) Isla Laja	Propone un Índice Resiliencia ambiental marina, adaptable a diversos parámetros como interacción y densidad.	Diferencias: Metodología más compleja (PGL, muestra la función de calidad). Incluye en actividades económicas marinas (pesca, acuicultura).	Aplica análisis avanzados (ej.: interacción para hidrocarburos), software avanzado (matrices), reportando en aplicación web (ej.: mapas) reportando en análisis multivariado.	Datos de 4 años (ej.: matrices) y validación con análisis locales (ej.: biodiversidad de moluscos en ambientes).	IMARPE, Universidades.
3. PE (Regulación de Montañas)	Datos de biodiversidad de un Índice Integrado (pero no propone una metodología específica).	Diferencias: Incluye características de forma y uso de recursos. Cambio de parámetros a integrarse (interacción, bioresistencia, resiliencia).	Aplica los mismos datos primarios (ej.: DBO ₅ , metales), reportando en aplicación web (ej.: mapas) reportando en análisis multivariado.	Datos históricos de monitoreos públicos y privados, actualización de protocolos.	Proyecto Humadit II, IMARPE, Municipalidad de Laja, Universidad Peru.
4. PE (Regulación)	Se proyecta en ICA-Peque, considerando parámetros específicos socioeconómicos, con enfoque en gestión integrada.	Diferencias: Incluye multivariado (incluido OHI, turismo), incluye SST y PMD asociado a ICA-PE e ICAM-PE.	Plataformas digitales, sensores remotos, reportando en monitoreo participativo.	Metadatos de instituciones públicas y privadas, datos de monitoreos históricos, información socioeconómica (ej.: actividad turística).	ODI, PUCMAC, Pucallpa, IMARPE.
5. UNOP (Índice de Salud del Océano - OHI) (PEM)	Se basa en la necesidad de integrar sistemas socioeconómicos y globales (ej.: ODS 14) en el ICA-Peque, datos sobre la biodiversidad con mayor interacción de monitoreo marino.	Diferencias: Incluye global (ODS 14) en local (ICA-Peque), incluye metas como seguridad alimentaria y producción marina, asociado a ICA-Peque.	Analiza variables climáticas, satelitales internacionales (ej.: PMD).	Datos satelitales, bases de datos globales (ej.: PMD, OMI), información socioeconómica (ej.: empleo en pesca).	PMU, INO, OMI.

ÍNDICE PROPIO PARA LA BAHÍA DE PARACAS (PLANTEAMIENTO Y SUSTENTO DE LA METODOLOGÍA, INFORMACIÓN REQUERIDA)

1. Parámetros seleccionados

Basado en el análisis anteriormente realizado y considerando los siguientes criterios:

- Operatividad logística mínima,
- Consulta con especialistas,
- Acceso de información oportuna y viable,
- Vinculación con la protección de los recursos hidrobiológicos de la Bahía, turismo y pesca artesanal.
- Análisis de la recopilación y sistematización de la información de parámetros recabados de las instituciones vinculadas a la bahía de Paracas.

Parámetros, ítems y variables
1. Temperatura superficial de agua
2. Salinidad
3. Oxígeno disuelto
4. pH
5. Sólidos suspendidos totales
6. Clorofila total
7. FOS
8. FOS
9. FOS
10. FOS
11. FOS
12. FOS
13. FOS
14. FOS
15. FOS

1. Temperatura Superficial del Agua Marina

La temperatura influye en la actividad metabólica, el crecimiento y la distribución de moluscos y cefalópodos. En cefalópodos (*Octopus vulgaris*) variaciones $\pm 2^\circ\text{C}$ pueden alterar sus ciclos reproductivos (Vásquez-Pinto, 2016).

Vásquez-Pinto, I. (2016). Effect of temperature on the early life-history of *Octopus vulgaris*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 485, 37–45.

1. Oxígeno Disuelto (OD)

Niveles $\geq 5\text{ mg/L}$ son críticos para evitar hipoxia, que reduce la supervivencia de larvas de concha de abanico (*Argopecten purpuraceus*) y aumenta la mortalidad de peces bentónicos (Vásquez-Sunyer & Duarte, 2008).

Vásquez-Sunyer, R., & Duarte, C. M. (2008). Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(48), 15452–15457.

N.º	Parámetro	Tipo	Unidad	Referencia
1	Temperatura superficial del mar	Físico	°C	Influye en metabolismo y distribución de especies
2	Oxígeno disuelto	Químico	mg/l	Vital para organismos acuáticos, indicador de eutrofización
3	Conductividad eléctrica	Físico	µS/cm	Indica la concentración iónica del agua
4	Salinidad	Físico	PSU	Determina adaptación biológica y flujos marinos
5	pH	Químico	-	Influye en toxicidad de metales y procesos bioquímicos
6	Sólidos suspendidos totales (SST)	Particulado	mg/l	Afecta filtradores como concha de abanico, indica turbidez
7	Coliformos fecales	Microbiológico	NMP/100 ml	Indica contaminación fecal (sanitaria/turística)
8	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Orgánico	mg/l	Indicador de contaminación orgánica
9	Acetatos y grasas	Orgánico	mg/l	Altamente tóxicos para moluscos y peces
10	Fosfatos (PO_4^{3-})	Nutricional	mg/l	Nutriente limitante, promueve floraciones algales
11	Cobre disuelto	Metal traza	µg/l	Tóxico para moluscos y larvas
12	Nitratos (NO_3^-)	Nutricional	mg/l	Indicador de eutrofización, ligado a aguas residuales
13	Silicatos (SiO_4^{4-})	Nutricional	mg/l	Necesario para diatomeas (base del ecosistema marino)
14	Zinc disuelto	Metal traza	µg/l	Contaminante prioritario, afecta moluscos y peces

2. Índice de calidad de agua marina para la bahía de paracas (ICA-Paracas)

1. ANA (ICA-PE)



2. Orozco [ICAM-PE][TESIS Orozco] Bahía de Supe, Barranca, Lima.


 Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú, Buenos Aires
 Directorio Gerencia Ciencias de Programa
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
 Geodésica
 Unidad de Programación

Determinación del índice numérico integrado de
calidad de agua marino costero para las
actividades de pesca y maricultura

TESIS

Para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Rita Faber OROZCO MOREIRA

ASESOR

Dr. Francisco Augusto ALCANTARA BOZA

Lima, Perú
2004

2.1 Cuadro comparativo: ICA-PE (ANA) vs ICAMPA (Orocaso – UNMSM)

Tema/Documento	ICA-PE (ANA)	ICAMPA (Orocaso – UNMSM)
Propósito	Índice oficial para evaluar el estado de calidad del agua (0-100) a partir de ICA, pensado para vigilancia y comunicación pública.	Índice numérico para usos de pesca y maricultura en costa central (Bahía de Saype), adaptable a otros bahías.
Ámbito	Cuerpos de agua continentales (ríos/lagos); en la práctica se ha usado como base para marcos, pero su alcance oficial es continental.	Marcos costeros, diseñado y validado con 25 estaciones (superficie y fondo) en Saype concebido para pesquería/maricultura.
Base metodológica	Adaptación del COMB-1992: tres factores FI (Alcalinidad), F2 (Biomasa), F3 (Magnitud). Índice: $100 - (F1 + F2 + F3) / 3$ (0-100).	Subíndices por parámetros controlados con curvas de calidad, específicos para usos pesca/maricultura; agregados con media ponderada (pesos/pondera).
Selección de parámetros	Flexible: requiere 38 parámetros relacionados al uso y ICA: (F1) pH, CO ₂ , 10 parámetros (pH, CO ₂ , SST, ORO ₂ , nitrito, nitrato, sulfato, amonio y gases, sulfatos termotolerantes, y térmocloro de parados (HPOC).	30 parámetros (pH, CO ₂ , SST, ORO ₂ , nitrito, nitrato, sulfato, amonio y gases, sulfatos termotolerantes, y térmocloro de parados (HPOC).
Normalización	Comparación directa con ICA; FI usa mediciones normalizadas (pesos o déficit relativo normal).	Transformación de cada parámetro a subíndice de 0-100 mediante curvas (calidad óptima-habitable).
Ponderación	Implicite (guarda entre FI, F2, F3 (media cuadrática) los parámetros no tienen pesos diferenciados.	En teoría pesos por importancia.
Agregación	Media cuadrática de FI-F3 (distancia múltiple) y resta a 100 (escala directa).	Media ponderada de subíndices, usando ecuaciones/curvas de calidad para cada parámetro; clasificación en 4 clases.
Categorías asignadas	0-100 con cinco clases (Excelente, Buena, Regular, Deficiente, Crítica).	0-100 con categorías Óptima, Adecuada, Aceptable, Insuficiente, Mala y mala por estado/condición.
Exigencia de datos	Funciona aun con series cortas; muy sensible a incumplimientos frecuentes y de gran magnitud.	Requiere curvas/condiciones marítimas y marcos espacial (superficie/fondo); consumo alto; gradientes y zonas problemáticas.
Ventajas	Simple, alineado a ICA, fácil de explicar y comparar en el tiempo; útil para focalización.	Específico para maricultura/pesca, apta modificaciones por uso y profundidad; subíndices ayudan a diagnosticar causas.
Limitaciones	No incorpora explícitamente usos marinos ni curvas de respuesta ecológica; puede subrepresentar particularidades marítimas.	Requiere definir/validar curvas y categorías locales, sin variables normales marítimas.
Aplicabilidad en Perú	Útil para cumplimiento y reporte frente a ICA; comparable interinstitucionalmente.	Muy pertinente para áreas de maricultura y pesca artesanal, y para mayor impacto por áreas (puertos, descargas, entre otros).

RECOPILACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL GENERADOS EN LA BAHÍA DE PARACAS

CONSIDERANDO EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2014 Y 2024, INCLUYE LA BASE DE DATOS

Instituciones recopiladas

- IMARPE (Pendiente)
- ANA (envió)
- OEFA (Descargado de la plataforma web)
- SANIPES (enviado y en proceso)

The image shows a screenshot of a large data table with many columns and rows. The columns are color-coded: blue for headers, green for some data, and yellow for others. The table appears to be a detailed record of data collected from various institutions, organized by date and category.

Ajustes y Limitaciones encontradas

- Acceso y formatos (pdf, tiempo de recepción de información)
- Estandarización de datos (unidades y simbología de representación e). <3.
- Cobertura temporal irregular.

Imagen 5 estaciones de monitoreo del IMARPE

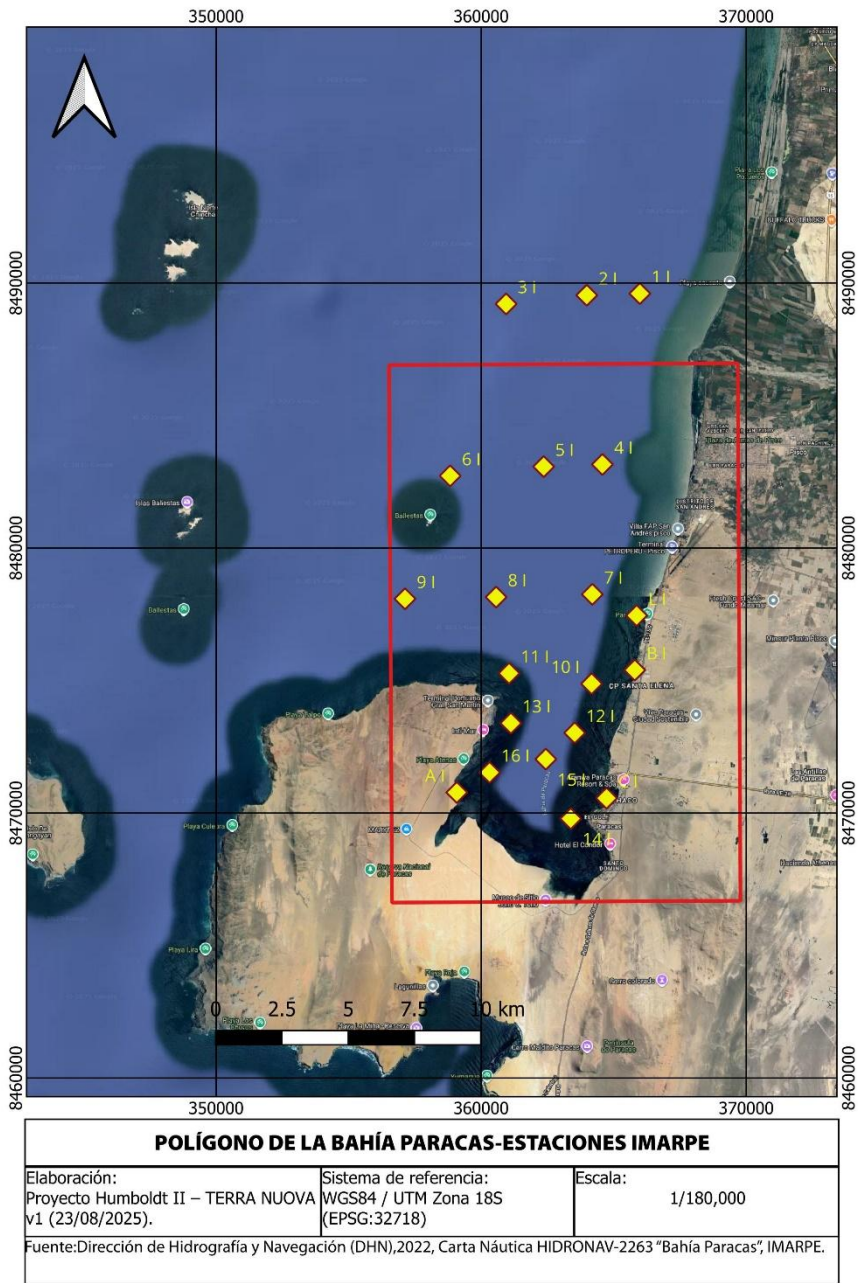


Imagen 6 Estaciones de monitoreo de la ANA

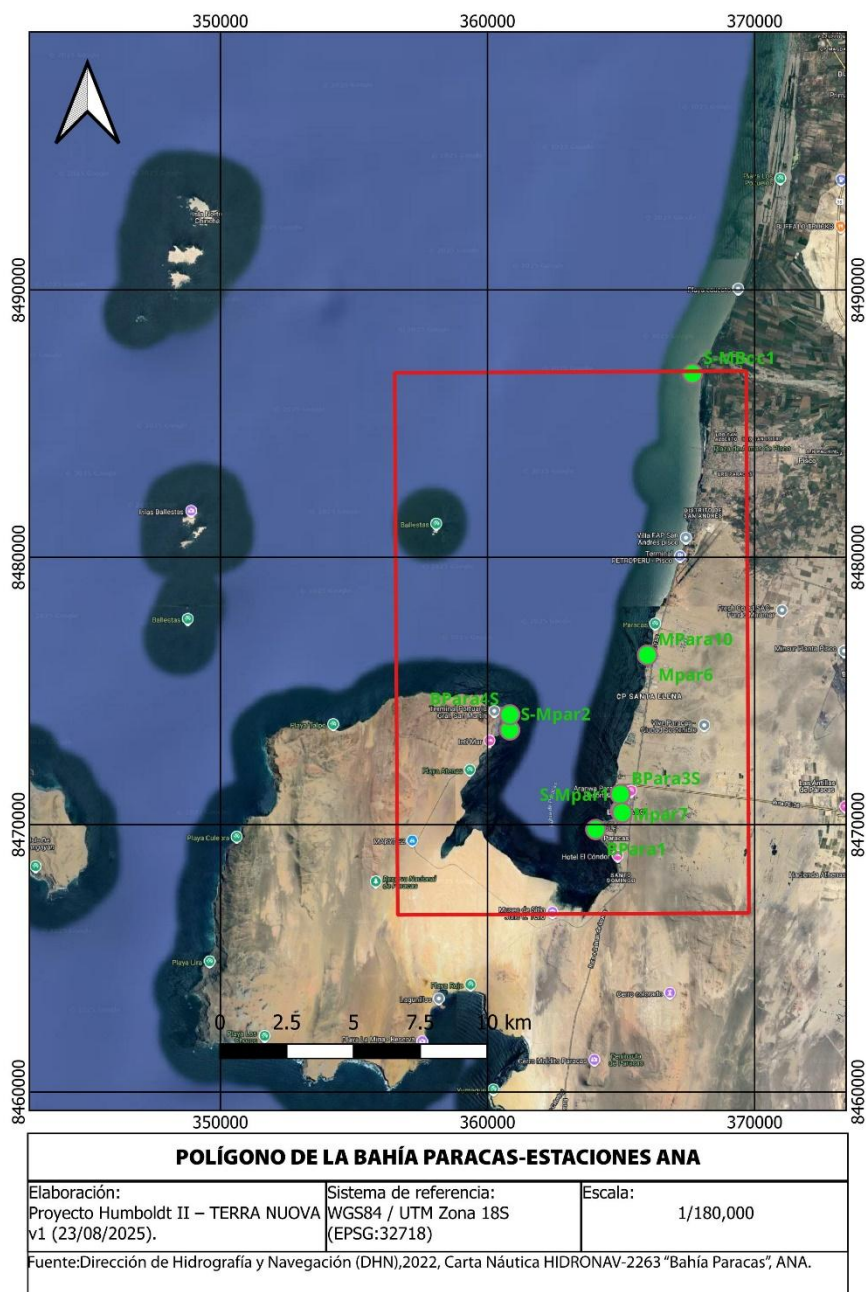


Imagen 7 Estaciones de monitoreo del OEFA

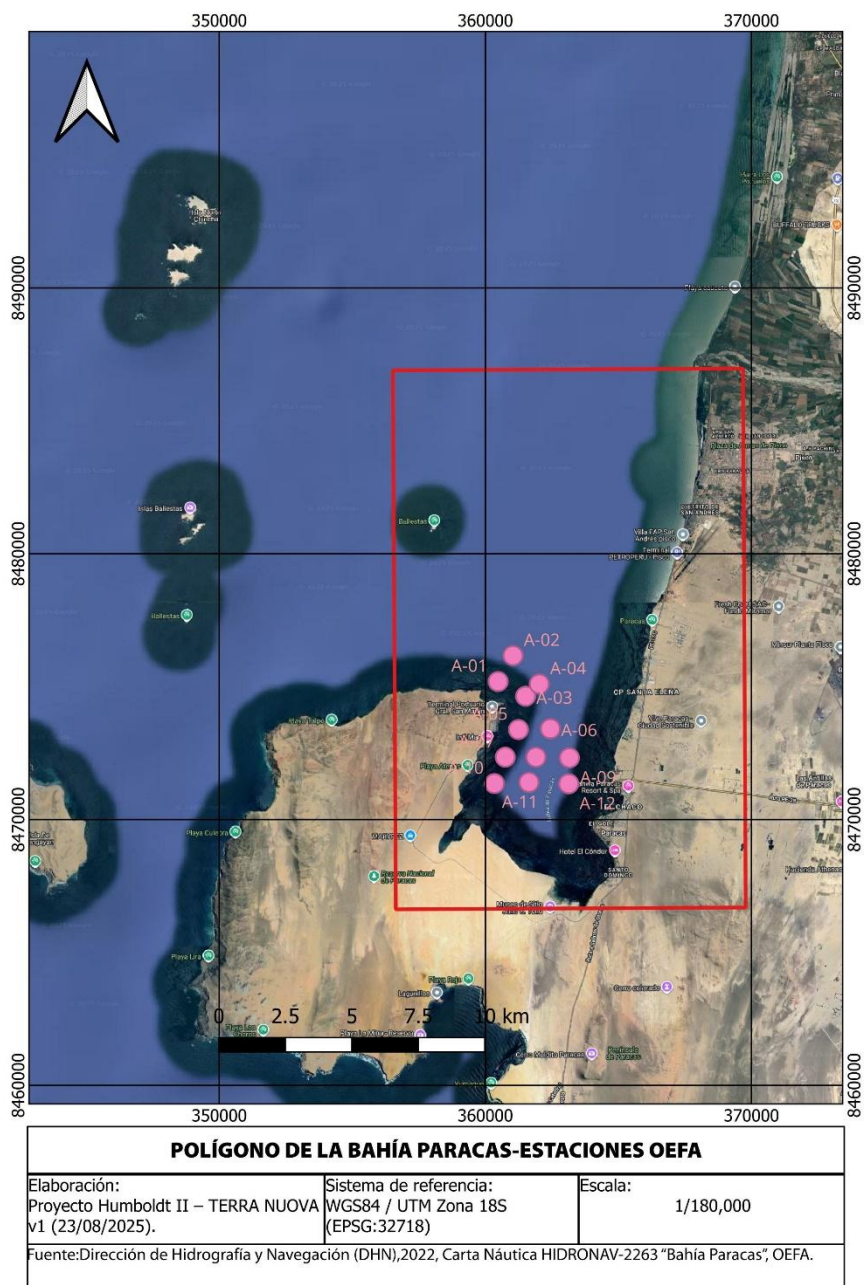


Imagen 8 Estaciones de monitoreo del SANIPES

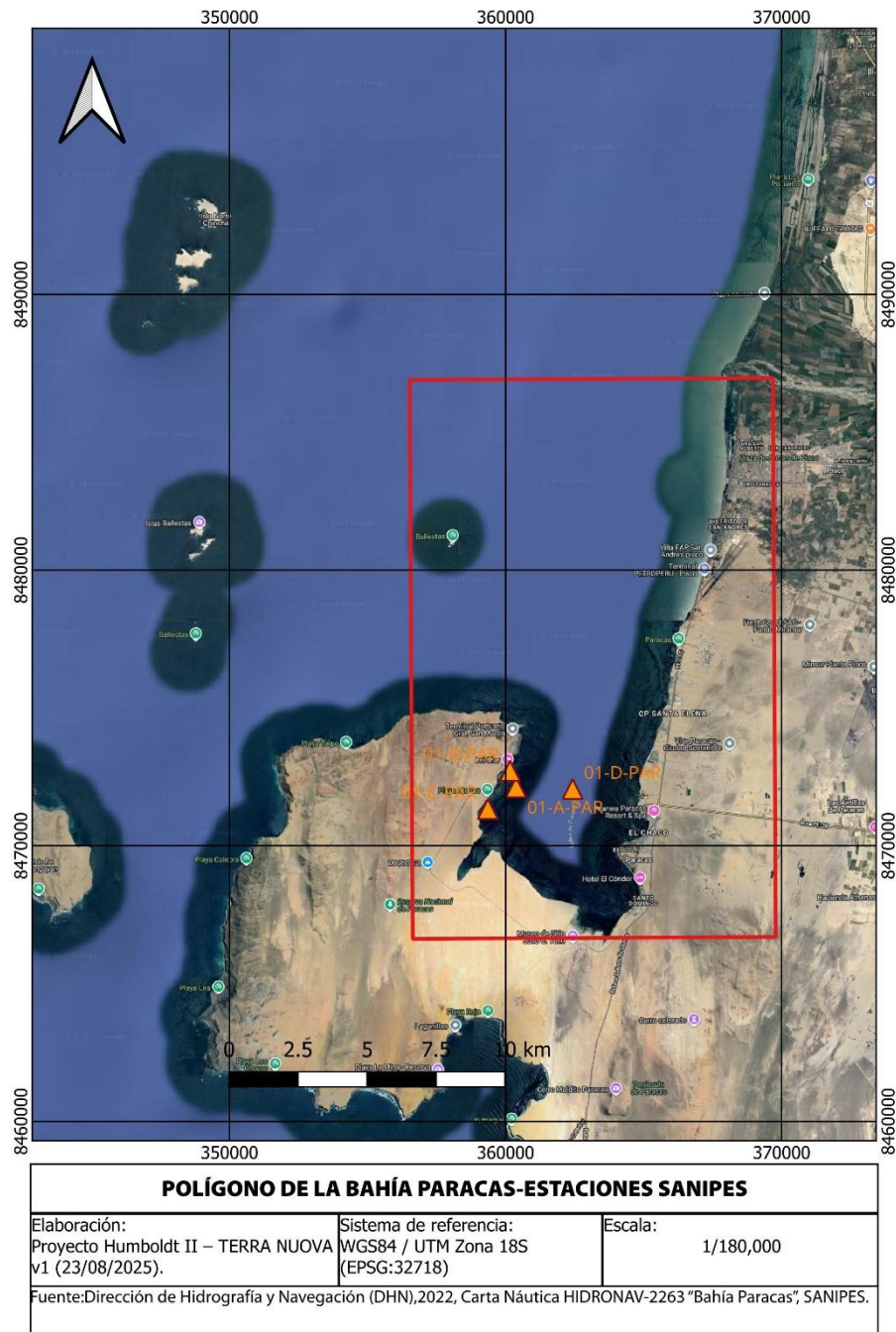


Imagen 9 Estaciones de monitoreo de PlusPetrol



ANEXO 5: Actas de reuniones



INFORME REUNIÓN			
Proyecto	Catalizando la Implementación de un Programa de Acción Estratégico para la Gestión Sostenible de los Recursos Marinos Vivos Compartidos en el Sistema de la Corriente de Humboldt.		
Fecha	08 de agosto de 2025	Link: https://andp.zoom.us/j/868568517867?pwd=HhZGZkZ2o3ajpUSFRWCCZlR1R0Z0N0R0Q1	Localidad: Virtual (videoconferencia)
Hora	13:00-13:39		
Tema Central	Reunión de avance de la consultoría para el Índice de Calidad Ambiental (ICA) en Bahía de Paracas (PNUD / Proyecto Humboldt II).		
Participantes	PROYECTO BINACIONAL CHILE-PERÚ: HUMBOLDT II: Arturo González Araujo, Especialista Asociado en Biodiversidad. MINAM: Frida Rodríguez, Especialista de la Dirección de Conservación. María del Carmen Quevedo, Dirección de Calidad Ambiental. IMARPE: Américo Sánchez Baca, Investigador científico. TERRA NUOVA PERÚ: Ricardo Jesús Jiménez Vilchez, Coordinador de equipo - Especialista Mario Correa, Especialista Diana Torres, Asistente		
Objetivos	1. Revisar el avance de la consultoría para el Índice de Calidad Ambiental (ICA) en la Bahía de Paracas, consolidando acuerdos entre PNUD, IMARPE y MINAM para estandarizar parámetros, fuentes de datos y entregables. 2. Aportes y sugerencias (PNUD, IMARPE y MINAM).		
Principales conclusiones y acuerdos	Se dio inicio la reunión con la presentación del avance de la consultoría para el Índice de Calidad Ambiental (ICA) en la Bahía de Paracas a cargo del Bgo. Ricardo Jiménez de la ONG Terranova a través de un PPT. CONCLUSIONES: 1. Se dieron los siguientes comentarios y aportes por parte del PNUD, IMARPE y el MINAM. PNUD • Recalca el objetivo de la consultoría: adaptar y operacionalizar un ICA aplicable al ámbito marino-costero de Bahía de Paracas, con foco en trazabilidad de datos y replicabilidad. • Enfatiza el cumplimiento de lineamientos de calidad, metadatos completos, resguardo de bases en repositorio común y estandarización de nomenclaturas y unidades. • De igual forma sugiere asegurar la articulación con entidades clave (IMARPE, MINAM, SERNANP-RNP, ANA, OEFA, DICAPI y GORE Ica) y consolidar una lista de contactos técnicos. • Reitera la necesidad de considerar de riesgos y supuestos (ambientales, logísticos y de datos) con medidas de mitigación y responsables. IMARPE • Confirma disposición para compartir series y campañas relevantes del ámbito Paracas (oceanografía física y química; biológica cuando aplique), incluyendo metadatos y metodología de muestreo. • Sugiere considerar estacionalidad, efectos de afloramiento, gradientes asociados a El Boquerón y forzantes de viento, a fin de definir ventanas de análisis robustas. • Recomendó controlar interferencias por aportes continentales (río Pisco), remoción de fondo y actividad portuaria al evaluar turbidez y sólidos suspendidos. • Propone una ronda de validación cruzada de parámetros críticos (p. ej., oxígeno disuelto, nutrientes, clorofila estimada) y puntos de control en transectos representativos del interior y exterior de la bahía.		

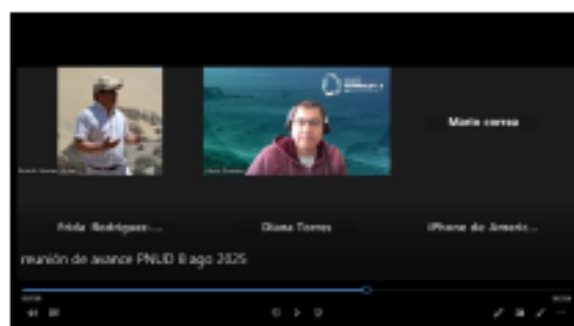
	• Sugiere un formato estándar para intercambio de datos (diccionario de variables, unidades, códigos de estaciones y control de versiones). MINAM • Solicita alinear el set de parámetros y umbrales del ICA con el marco normativo vigente aplicable a cuerpos marino-costeros, así como con instrumentos de gestión complementarios cuando corresponda. • Indica la importancia de explicitar la trazabilidad entre dato → indicador → sub-índice → índice, documentando factores de conversión y criterios de exclusión. • Coincide con la sugerencia de un apartado de gobernanza del monitoreo: roles de las entidades, periodicidad sugerida, responsabilidades de reporte y canales de publicación. • Sugiere incorporar una sección de comunicación de resultados para tomadores de decisión y público, con escalas interpretativas claras y mapas temáticos. • Sugiere identificar brechas de datos y proponer una agenda mínima de monitoreo para cerrar vacíos en el corto y mediano plazo. ACUERDOS: 1. Terranova agradece los aportes de las instituciones y en el marco de la presentación del primer producto a presentar se mejorará el mismo y se verá la incorporación de lo sugerido en los documentos siguientes de acuerdo al mismo proceso de la consultoría como por ejemplo la inclusión de la gobernanza, identificación de vacíos y medidas de mitigación, trazabilidad de dato, entre otros.
--	---

Anexos

• Invitación a reunión



• Presentación



INFORME REUNIÓN					
Proyecto	Catalizando la Implementación de un Programa de Acción Estratégico para la Gestión Sostenible de los Recursos Marinos Vivos Compartidos en el Sistema de la Corriente de Humboldt.				
Fecha	20 de junio de 2025	Lugar: https://usdaj.zoom.us/j/98475005?pwd=RUJlbnRlcjBNTGZkUzVnNldmIkJL	Localidad: Virtual		
Hora	15:00-15:43				
Tema Central	Reunión de inicio consultoría Índice de calidad ambiental bahía Paracas				
Participantes:	PROYECTO BINACIONAL CHILE-PERÚ: HUMBOLDT II: Arturo González Araujo, Especialista Asociado en Biodiversidad. MINAM: Frida Rodríguez, Especialista de la Dirección de Conservación. María del Carmen Quevedo, Dirección de Calidad Ambiental. IMARPE: Américo Sánchez Baca, Investigador científico. TERRA NUOVA PERÚ: Ricardo Jesús Jiménez Vilches, Coordinador de equipo - Especialista Mario Correa, Especialista Diana Torres, Asistente				
Objetivos	1. Presentación del equipo consultor y contraparte técnica. 2. Presentación de la propuesta de plan de trabajo para la consultoría (TERRA NUOVA PERÚ). 3. Aportes y sugerencias de mejora al plan de trabajo. 4. Arreglos para la revisión/conformidad de productos.				
Principales conclusiones y acuerdos	Se dio inicio la reunión con la presentación de cada uno de los participantes, para dar paso a la presentación del Plan de trabajo a cargo del Bijo. Ricardo Jiménez de la ONG Terranova a través de un PPT. CONCLUSIONES: 1. La contraparte técnica está compuesta por el Ministerio del Ambiente (Minam) y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), responsables de validar y retroalimentar los productos. 2. La coordinación estará a cargo del Proyecto Humboldt II, que también facilitará el enlace entre consultores y contrapartes. 3. Se presentó el plan de trabajo estructurado en tres fases principales, con entregables que incluyen: - Análisis normativo e institucional. - Propuesta y validación del índice. - Desarrollo del SIG y su manual de uso. - Talleres de socialización y capacitación. - Estrategia de sostenibilidad del índice. 4. Se discutió la necesidad de definir en qué plataforma institucional (MINAM o IMARPE) se alojará este sistema, considerando sostenibilidad y acceso público. 5. Sobre la base de la data recopilada desde el 2014 al 2024 la consultora propondrá una propuesta de SIG para probar los resultados obtenidos. ACUERDOS: 1. Se acordó que Terranova podrá canalizar solicitudes de datos a entidades públicas y privadas con el respaldo de una carta de presentación emitida por el proyecto Humboldt II, de solicitarse información ambiental generada entre 2014 y 2024 por instituciones.				

2. El Plan de Trabajo presentado durante la postulación se ajustará durante los primeros 10 días tras la firma del contrato, incorporando sugerencias y recomendaciones de las contrapartes técnicas, para la cual Terra Nuova alcanzará el formato editable para un mejor manejo.
3. El Proyecto Binacional Chile-Perú: Humboldt II alcanzará vía correo los formatos administrativos para el desarrollo de la consultoría.
4. Cualquier tema vinculado a la difusión y comunicación del proyecto será coordinado previamente con la Srta. Luciana Mendoza, especialista en comunicación participación y género del proyecto.

Anexos

• Registro fotográfico



Servicio de consultoría para elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito turístico en el sector de la bahía de Pisco y Mecanismo de Implementación

Objetivo general: Elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito turístico en el sector de la bahía de Pisco y Mecanismo de Implementación.

Objetivos específicos:

- Elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito turístico en el sector de la bahía de Pisco.
- Elaborar un Mecanismo de Implementación para el Índice de Calidad Ambiental.

Entregables:

- Propuesta de Índice de Calidad Ambiental.
- Mecanismo de Implementación.

Objetivo general: Elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito turístico en el sector de la bahía de Pisco y Mecanismo de Implementación.

Objetivos específicos:

- Elaborar una propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito turístico en el sector de la bahía de Pisco.
- Elaborar un Mecanismo de Implementación para el Índice de Calidad Ambiental.

Entregables:

- Propuesta de Índice de Calidad Ambiental.
- Mecanismo de Implementación.

Índice de Calidad Ambiental

Objetivo general

Objetivos específicos

Entregables

Metodología

Resultados esperados

Conclusiones

Recomendaciones

Referencias

Adjuntos

Comentarios

Historial de cambios

Notas

Historial de versiones

Historial de comentarios

Historial de acciones

Historial de eventos

Historial de notificaciones

Historial de alertas

Historial de avisos

Historial de avisos de seguridad

Historial de avisos de mantenimiento

Historial de avisos de actualización

Historial de avisos de configuración

Historial de avisos de diagnóstico

Historial de avisos de soporte

Historial de avisos de contacto

Historial de avisos de información

Historial de avisos de ayuda

Historial de avisos de feedback

Historial de avisos de sugerencias

Historial de avisos de reportes

Historial de avisos de errores

Historial de avisos de advertencias

Historial de avisos de mensajes

Historial de avisos de notificaciones

Historial de avisos de alertas

Historial de avisos de avisos

Historial de avisos de avisos de seguridad

Historial de avisos de avisos de mantenimiento

Historial de avisos de avisos de actualización

Historial de avisos de avisos de configuración

Historial de avisos de avisos de diagnóstico

Historial de avisos de avisos de soporte

Historial de avisos de avisos de contacto

Historial de avisos de avisos de información

Historial de avisos de avisos de ayuda

Historial de avisos de avisos de feedback

Historial de avisos de avisos de sugerencias

Historial de avisos de avisos de reportes

Historial de avisos de avisos de errores

Historial de avisos de avisos de advertencias

Historial de avisos de avisos de mensajes

Historial de avisos de avisos de notificaciones

Historial de avisos de avisos de alertas

Historial de avisos de avisos de avisos



Actividad	Inicio	Responsable
Realizar diagnóstico de necesidades	2019-2020	Equipo coordinador + Grupo de Trabajo de CCA del PNUD de Pinar
Elaborar fuentes de información relevantes (FON) y compromisos institucionales en FON		
Formulación de la estrategia de Muestreo del ICA		
Implementación del ICA en políticas públicas del PNUD de Pinar		
Manual de gestión del ICA (temas, actividades, procesos de apoyo)		
Plan de implementación para acciones		
Inicio, taller de implementación para acciones	2019-2020	Equipo coordinador + CCA del PNUD de Pinar + Organismos vinculados a [tema del taller]
Participación Grupos de Gestión caso del PNUD de Pinar		

[illegible]

De volgendes en nog volgende af de eerste pagina's naar de achterzijde.

[illegible]



PROYECTO
HUMBOLDT II
HACIA LA SUSTENTABILIDAD DEL
GRAN ECOSISTEMA MARINO



PERÚ

Ministerio
de la Producción

