



PROYECTO
HUMBOLDT II
HACIA LA SUSTENTABILIDAD DEL
GRAN ECOSISTEMA MARINO



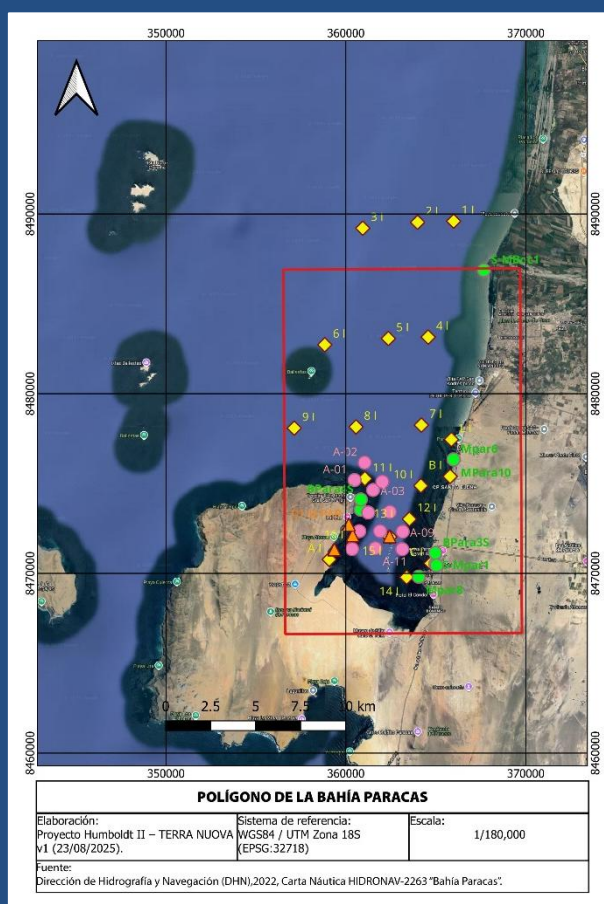
PERÚ

Ministerio
de la Producción



INFORME DE AVANCE N° 3

Propuesta de Índice de Calidad Ambiental para el ámbito marino costero de la bahía de Paracas y mecanismo de implementación



Proyecto Humboldt II Lima, Perú, enero 2026

Imagen: Proyecto Humboldt II – TERRA NUOVA

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. 2026. 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. Tercer Producto, Informe de evaluación de la implementación del Índice de Calidad Ambiental elegido para la bahía de Paracas. 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. Avance N° 3, 102 pp. + Anexos

Lima, 2026

TABLA DE CONTENIDO

Lista de imágenes.....	6
Lista de cuadros	7
Lista de tablas.....	8
Lista de Gráficos.....	9
Lista de acrónimos.....	10
1. RESUMEN EJECUTIVO	11
2. INTRODUCCIÓN	11
3. INFORME TÉCNICO DE EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL	12
3.1. Definición de parámetros y construcción del índice.....	12
3.2. Sistematización y resultados de datos de los parámetros seleccionados	14
3.2.1. Sectorización de la bahía de Paracas	15
3.2.2. Resultados obtenidos de la sistematización	19
3.3. Método adaptado para la determinación del ICAM – PA.....	43
3.3.1. Determinación de sub-índices	44
3.4. Determinación del ICAM.....	56
3.4.1. Sistematización de los datos para determinar el ICAM	56
3.4.2. Aplicación para la determinación del subíndice	57
3.4.3. Determinación de la ponderación	58
3.4.4. Determinación del ICAM - PA	59
3.5. Resultados.....	61
3.5.1. Resultados ICAM zona Norte	61
3.5.2. Resultados zona centro.....	61
3.5.3. Resultados zona Chaco	62
3.5.4. Resultados sector Puerto	63
3.6. Evaluación estadística	64
3.6.1. Análisis Estadístico de Índices de Calidad Ambiental (ICAM) por Sectores	64
3.6.2. Análisis Estadístico de Índices de Calidad Ambiental (ICAM) por número de indicadores.....	67
4. INFORME DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AMBIENTAL (PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN SIG) CON LOS RESULTADOS DEL EJERCICIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL, INCLUYE MANUAL DE USUARIO, ENTRE OTROS.	70
4.1. Visualización en sistema de información geográfica.....	70

4.1.1.	Procedimientos para la visualización en SIG.....	70
2.2.2	Publicación de los servicios de mapas.....	74
4.2.	Propuesta de Manual de Usuario	77
	Manual Técnico - Metodológico	77
	Manual de Usuario - Gestión Y Visualización	78
2)	INFORME DE TALLER DE CAPACITACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DEFINIDO PARA LA BAHÍA DE PARACAS, INCLUIDO EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AMBIENTAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA BAHÍA DE PARACAS (PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN SIG).	79
3)	PROPUESTA DE MECANISMO QUE FORMALICE EL USO DE LA INFORMACIÓN RESULTANTE DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA BAHÍA DE PARACAS, PARA LA GESTIÓN DE LA BAHÍA DE PARACAS POR PARTE DE LOS ACTORES CLAVES.	80
	Alternativa 1: Institucionalización Centralizada (Liderazgo IMARPE-MINAM)	80
	Alternativa 2: Gobernanza Local Descentralizada (Liderazgo CAM Pisco).....	81
	Alternativa 3: Modelo Colaborativo Público-Privado (Fideicomiso/Comité de Gestión)..	81
	Selección de alternativa (Sugerida)	82
	Propuesta de Implementación: Sistema Colaborativo de Vigilancia Ambiental de la Bahía de Paracas (SIVA-Paracas)	82
4)	PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN FUTURA DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE PARACAS.	86
	Estrategia 1: Modelo de integración normativa al SIAR/SINIA (enfoque estatal)	86
	Estrategia 2: Modelo de fideicomiso de vigilancia compartida (enfoque de mercado/cluster).....	87
	Estrategia 3: Sistema híbrido de monitoreo adaptativo (enfoque técnico-científico)	87
	Selección de estrategia (Sugerida)	88
	Propuesta de estrategia de sostenibilidad: Sistema integrado de vigilancia ambiental de la bahía de paracas (siva-paracas).....	88
	1. Resumen ejecutivo	88
	2. Objetivo estratégico.....	89
	3. Eje institucional: la gobernanza del dato	89
	3.1. Marco Legal Habilitante	89
	3.2. Estructura Organizacional	89
	4. Eje financiero: el modelo de fideicomiso (Cluster).....	89
	5. Eje técnico-operativo: Sistema híbrido.....	90
	6. Eje de comunicación: apropiación social.....	90

7. Hoja de ruta para la implementación (12 meses)	91
8. Conclusión y valor agregado	91
5) PROPUESTA DE PLAN DE SENSIBILIZACIÓN DE ACTORES CLAVES CON EL OBJETIVO DE LOGRAR LA EFECTIVA INSERCIÓN Y USO DEL ÍNDICE A IMPLEMENTAR.....	91
Plan de sensibilización y apropiación social del ICA Paracas	92
1. Objetivo general	92
2. Estrategia de segmentación (por grupos de interés)	92
3. Malla curricular y metodología detallada.....	92
4. Cronograma de ejecución (Fase de Inserción - 6 Meses)	93
5. Aportes adicionales factibles (valor agregado)	94
6. Presupuesto estimado (a nivel de partidas).....	94
6) REPORTE DE REUNIONES DE COORDINACIÓN/TRABAJO CON LA CONTRAPARTE TÉCNICA, ESPECIALISTAS, REPRESENTANTES DE INSTITUCIONES PÚBLICAS O PRIVADAS, ENTRE OTROS.	94
7) ANEXOS	95
ANEXO 1: Informe del taller	95
ANEXO 2: PPt	102
ANEXO 3: Nota de prensa	103

Lista de imágenes

Imagen 1. Sectorización de la bahía por Jacobo, N. & Sánchez, S. (2023)	15
Imagen 2. Datos de ubicación exportados a ArcGIS Pro.....	16
Imagen 3. Creación de Shapefile de sectores de la Bahía de Paracas.....	16
Imagen 4. Sistematización de los datos de parámetros del primer semestre del año 2019 sector norte	56
Imagen 5. Sistematización de los datos de parámetros del primer semestre del año 2015 sector chaco	56
Imagen 6. Determinación del sub índice con base a los promedios de un sector en determinado semestre.....	57
Imagen 4. Determinación de ICAM de cada sector por semestre	59
Imagen 5. Determinación de ICAM con 10 parámetros	60
Imagen 6. determinación de ICAM con 6 parámetros	60
Imagen 10. Visualización de tabla de atributos en ArcGIS Pro	71
Imagen 11. Simbología de SHP en ArcGIS Pro	72
Imagen 12. Simbología de SHP con su tabla de atributos en ArcGIS Pro	72
Imagen 13. Interpretación de resultado de índice de calidad ambiental inadecuado en zona norte.....	73
Imagen 14. Flujo de procesamiento de datos: Desde la estructuración tabular en Excel hasta el despliegue en la nube.....	74
Imagen 15. Interfaz de usuario de QGIS Cloud. Comparativa visual que muestra la evolución del ICA entre el primer semestre de 2018 (arriba) y el segundo semestre de 2020 (abajo), destacando el panel de gestión de capas históricas.....	76

Lista de cuadros

Cuadro 1. Parámetros seleccionados.....	12
Cuadro 2 Matriz Excel de sistematización.....	14
Cuadro 3. Clasificación del Índice de Calidad Ambiental (ICA)	44
Cuadro 4. Modelo de tabla de atributos ingresada.....	70
Cuadro 5. Comparación de las 3 alternativas de mecanismo de formalización del uso del ICA	82
Cuadro 6. Actores y ejemplos de ámbito de uso del ICA	84
Cuadro 7. Comparativo de estrategias de sostenibilidad económica	88
Cuadro 8. Cronograma de comunicación	91
Cuadro 9. Cronograma de sensibilización.....	93

Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas de ubicación y referencia del sector norte.....	17
Tabla 2. Coordenadas de ubicación del sector centro	17
Tabla 3. Coordenadas de ubicación y referencia del sector chaco.....	18
Tabla 4. Coordenadas de ubicación y referencia del sector puerto - acuicultura.....	18
Tabla 5. Temperatura primer semestre 2014 - 2024.....	19
Tabla 6. Temperatura segundo semestre 2014 - 2024.....	20
Tabla 7. Oxígeno disuelto primer semestre 2014 - 2024	21
Tabla 8. Oxígeno disuelto segundo semestre 2014 - 2024	22
Tabla 9. pH primer semestre 2014 - 2024.....	24
Tabla 10. pH segundo semestre 2014 - 2024.....	25
Tabla 11. SST primer semestre 2014 - 2024	26
Tabla 12. SST segundo semestre 2014 - 2024.....	27
Tabla 13. Mercurio primer semestre 2014 - 2024.....	28
Tabla 14. Mercurio segundo semestre 2014 - 2024	29
Tabla 15. Zinc primer semestre 2014 - 2024	31
Tabla 16. Zinc segundo semestre 2014 - 2024.....	32
Tabla 17. Aceites y Grasas primer semestre 2014 - 2024	33
Tabla 18. Aceites y Grasas segundo semestre 2014 - 2024.....	34
Tabla 19. DBO5 primer semestre 2014 - 2024	36
Tabla 20. DBO5 segundo semestre 2014 - 2024.....	37
Tabla 21. HTP primer semestre 2014 - 2024	38
Tabla 22. HTP segundo semestre 2014 - 2024.....	39
Tabla 23. CTT primer semestre 2014 - 2024	41
Tabla 24. CTT segundo semestre 2014 - 2024	42
Tabla 25. Sumatoria total de sub índices	58
Tabla 26. Determinación de los pesos porcentuales	58
Tabla 27. Valores ICAM zona Norte por Semestre - Año.....	61
Tabla 28. Valores ICAM zona Centro por Semestre - Año	61
Tabla 29. Valores ICAM zona Chaco por Semestre - Año	62
Tabla 30. Valores ICAM zona Puerto por Semestre - Año	63
Tabla 31. Prueba de normalidad por sectores.....	65
Tabla 32. Valores de la prueba ANOVA.....	66
Tabla 33. Valores de pruebas Post-Hoc (Turkey HSD).....	67
Tabla 34. Variación de observaciones ICAM y parámetros.....	68
Tabla 35. Distribución de observaciones e indicadores por sector	68

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Líneas de tendencia de Temperatura en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	19
Gráfico 2. Líneas de tendencia de Temperatura en el segundo semestre de los años 2014 - 2024.....	20
Gráfico 3. Diagrama de cajas del parámetro T°.....	20
Gráfico 4. Líneas de tendencia de OD en el primer semestre de los años 2014 – 2024.....	21
Gráfico 5. líneas de tendencia de oxígeno disuelto en el segundo semestre de los años 2014 - 2024	22
Gráfico 6. Diagrama de cajas del parámetro OD.....	23
Gráfico 7. líneas de tendencia de pH en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	24
Gráfico 8. Líneas de tendencia de pH en el segundo semestre de los años 2014 - 2024	25
Gráfico 9. Diagrama de cajas del parámetro PH	26
Gráfico 10. Líneas de tendencia de SST en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	27
Gráfico 11. Líneas de tendencia de SST en el segundo semestre de los años 2014 - 2024.....	27
Gráfico 12. Diagrama de cajas del parámetro SST	28
Gráfico 13. líneas de tendencia de Hg en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	29
Gráfico 14. Líneas de tendencia de Hg en el segundo semestre de los años 2014 - 2024	30
Gráfico 15. Diagrama de cajas del parámetro Hg	30
Gráfico 16. Líneas de tendencia de Zinc en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	31
Gráfico 17. líneas de tendencia de Zinc en el segundo semestre de los años 2014 - 2024.....	32
Gráfico 18. Diagrama de cajas del parámetro Zinc.....	33
Gráfico 19. Líneas de tendencia de Aceites y grasas en el primer semestre de los años 2014 - 2024.....	34
Gráfico 20. Líneas de tendencia de Aceites y grasas en el segundo semestre de los años 2014 - 2024	35
Gráfico 21. Diagrama de cajas del parámetro de Aceites y Grasas.....	35
Gráfico 22. líneas de tendencia de DBO5 en el primer semestre de los años 2014 – 2024	36
Gráfico 23. líneas de tendencia de DBO5 en el segundo semestre de los años 2014 – 2024..	37
Gráfico 24. Diagrama de cajas del parámetro DBO5	38
Gráfico 25. Líneas de tendencia de HTP en el primer semestre de los años 2014 – 2024	39
Gráfico 26. líneas de tendencia de HTP en el segundo semestre de los años 2014 – 2024.....	40
Gráfico 27. Diagrama de cajas del parámetro Hidrocarburos totales de petróleo.....	40
Gráfico 28. Líneas de tendencia de CTT en el primer semestre de los años 2014 – 2024.....	41
Gráfico 29. Líneas de tendencia de CTT en el segundo semestre de los años 2014 – 2024	42
Gráfico 30. Diagrama de cajas del parámetro Hidrocarburos totales de petróleo.....	43
Gráfico 31. ICAM – Zona Norte.....	61
Gráfico 32. ICAM – Zona Centro.....	62
Gráfico 33. ICAM – Zona Chaco.....	63
Gráfico 34. ICAM – Zona Puerto/Acuicultura.....	64
Gráfico 35. Variaciones de CTT entre el 2014 al 2024	73
Gráfico 36. Variaciones de SST entre 2014 al 2024.....	73

Lista de acrónimos

Acrónimo	Significado
ICA (ICAM)	Índice de Calidad de Aguas Marinas
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	Estándar 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. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe constituye el tercer entregable de la consultoría encargada por el Proyecto Binacional Chile-Perú "Humboldt II", cuyo objetivo central es dotar a la Bahía de Paracas de instrumentos técnicos para la gestión integrada de sus recursos marino-costeros. En este documento se consolida la propuesta técnica del **Índice de Calidad Ambiental (ICA Paracas)** y se detalla el diseño de su plataforma de visualización geográfica (SIG), concebidos no solo como herramientas de monitoreo, sino como un sistema de soporte a la decisión para las autoridades locales y sectoriales.

El desarrollo del ICA se fundamenta en una rigurosa selección de parámetros fisicoquímicos y biológicos, alineados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigentes y validados técnicamente mediante talleres participativos con especialistas del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y el Ministerio del Ambiente (MINAM). Metodológicamente, el índice transforma datos oceanográficos complejos en una escala de calificación cualitativa (semáforo ambiental), permitiendo identificar zonas críticas y tendencias de deterioro o recuperación en el ecosistema.

Como componente tecnológico, se presenta la arquitectura de la **Plataforma de Información Geográfica**, una solución WebGIS diseñada para la visualización espacial y temporal de los resultados. Esta herramienta permite la consulta histórica de la calidad ambiental (periodo 2018-2024) y facilita la generación de reportes automatizados para la fiscalización y la planificación territorial.

Finalmente, el informe aborda la estrategia de sostenibilidad e implementación, incorporando para el 4to producto los acuerdos técnicos de la reunión del 20 de enero de 2026. Así mismo, se establecen lineamientos para la transferencia tecnológica mediante manuales diferenciados (técnicos y de gestión), y se proponen mecanismos de gobernanza para insertar el ICA en los instrumentos de gestión pública local, garantizando así su operatividad y financiamiento a largo plazo.

2. INTRODUCCIÓN

La Bahía de Paracas representa uno de los ecosistemas más productivos y biodiverso del Sistema de la Corriente de Humboldt; sin embargo, su alta valoración ecológica coexiste con intensas presiones antropogénicas derivadas de la actividad industrial, portuaria, pesquera y turística. En este contexto, la generación de datos ambientales dispersos resulta insuficiente si no se cuenta con herramientas que integren, procesen y traduzcan dicha información en indicadores claros para la toma de decisiones oportunas.

En respuesta a esta necesidad, y bajo el marco 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 (Humboldt II)", la presente consultoría tiene como finalidad establecer una **Propuesta de Índice de Calidad Ambiental (ICA)** específica para el ámbito marino-costero de la bahía. Este instrumento busca estandarizar la evaluación del estado ambiental, superando la lectura aislada de parámetros para ofrecer una visión integral de la salud del ecosistema.

El presente documento, correspondiente al **Producto 3**, detalla la estructura técnica y metodológica del índice y su mecanismo de implementación. A diferencia de fases anteriores, este informe integra los aportes y validaciones técnicas recibidas durante los talleres de socialización multisectorial, donde se definieron criterios claves como la periodicidad semestral del análisis y la sectorización operativa de la bahía.

El informe se estructura abordando en primera instancia la definición de los parámetros e indicadores, los cuales constituyen la base científica del algoritmo del ICA. Posteriormente, se describe el desarrollo de la plataforma SIG, diseñada para democratizar el acceso a la información ambiental, y culmina con la hoja de ruta para la institucionalización de la herramienta, asegurando que el ICA Paracas trascienda su diseño teórico para convertirse en un activo permanente de la gestión ambiental local y regional.

3. INFORME TÉCNICO DE EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL

3.1. Definición de parámetros y construcción del índice

El cálculo del ICAM se realiza con los valores promedio de los indicadores fisicoquímicos microbiológicos y de contaminantes orgánicos (Ver Cuadro 1), identificados y seleccionados por recurrencia; calculando los subíndices de cada parámetro e integrando una ecuación de promedio geométrico ponderado de los subíndices.

Cuadro 1. Parámetros seleccionados

Sigla	Nombre completo
OD	Oxígeno disuelto
pH	Potencial de Hidrogeno
Hg	Mercurio
Zn	Zinc
SST	Sólidos Suspendidos Totales
DBO	Demanda Bioquímica del Oxígeno
CTE	Coliformes Termo tolerantes
H y G	Aceites y grasas
HPDD	Hidrocarburos disueltos y dispersos equivalentes del criseno

TSM	Temperatura superficial del mar
-----	---------------------------------

3.2. Sistematización y resultados de datos de los parámetros seleccionados

La sistematización en el Excel, se implementaron plantillas, en donde se ubicaron datos como ubicación, nombre de estación, fecha de muestreo, parámetro e institución, etc.

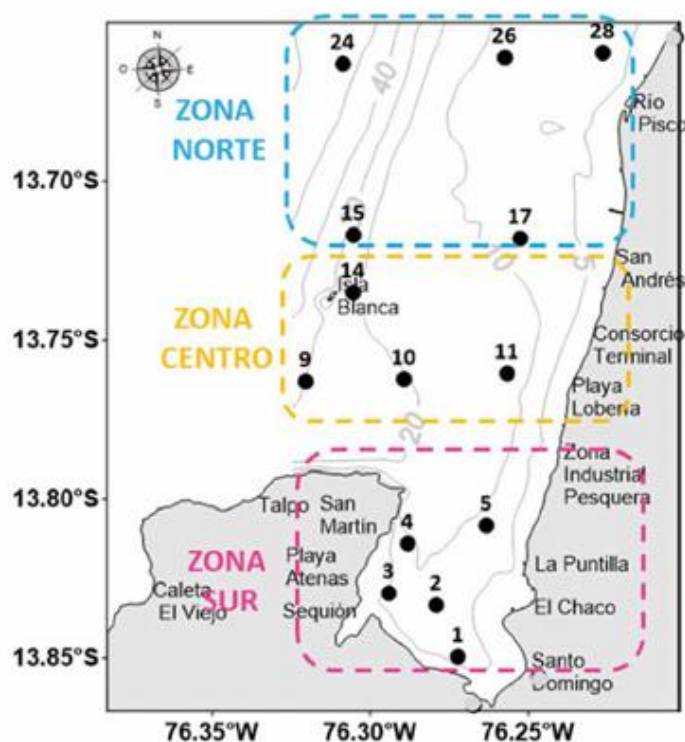
Cuadro 2 Matriz Excel de sistematización

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)	Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH (C10-C40) – GC/FID	Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)

3.2.1. Sectorización de la bahía de Paracas

Como una propuesta para un mejor análisis del comportamiento del índice de calidad ambiental se planteó la sectorización de la bahía, en concordancia con investigaciones anteriores como lo planteado por Jacobo, N. & Sánchez, S. (2023), quienes dividieron la bahía en 3 sectores (Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur)

Imagen 1. Sectorización de la bahía por Jacobo, N. & Sánchez, S. (2023)



Se propone una zonificación operativa compuesta por cuatro sectores, delimitados en función de su ubicación geográfica, las actividades comerciales predominantes y las condiciones naturales del entorno.

Metodológicamente, esta sectorización se realizó mediante la georreferenciación de las estaciones de monitoreo. La información fue inicialmente tabulada en hojas de cálculo (Excel) e importada a plataformas SIG (ArcGIS Pro y QGIS) para su validación espacial. Posteriormente, se procedió a la digitalización vectorial de los polígonos sectoriales y a la exportación de los puntos a formato KML, asegurando la interoperabilidad de los datos.

Imagen 2. Datos de ubicación exportados a ArcGIS Pro

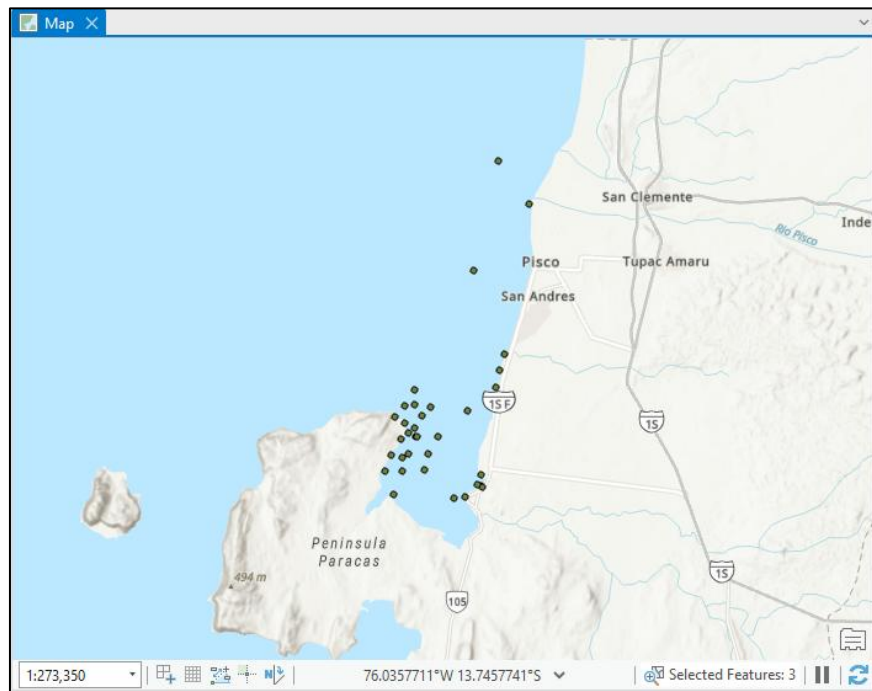
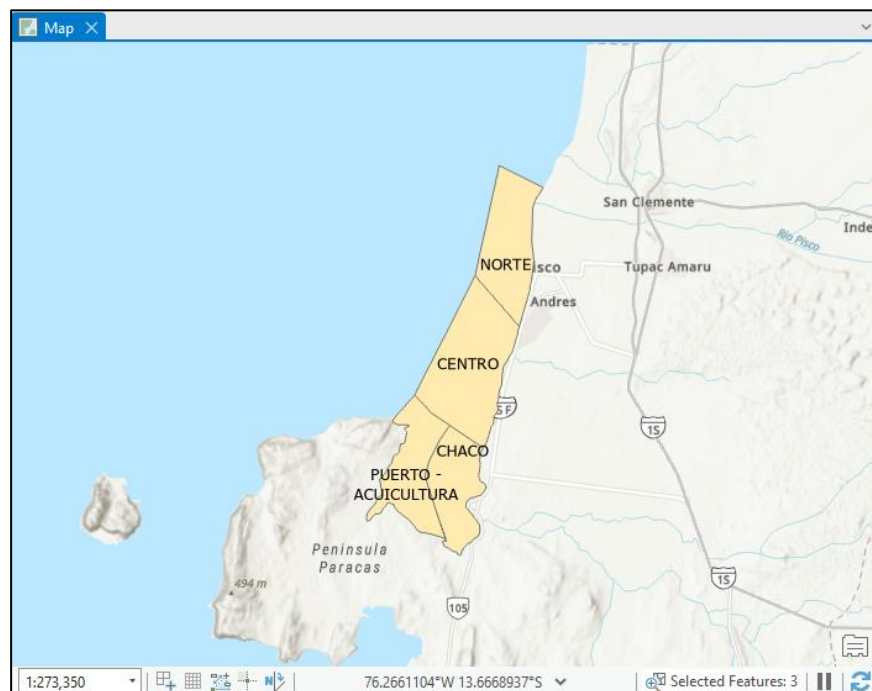


Imagen 3. Creación de Shapefile de sectores de la Bahía de Paracas



3.2.1.1. Sector norte

Este sector es dado por su característica ambiental, dado que aquí es mayormente influenciado por la desembocadura del río Pisco, pues es aquí en donde se obtuvo parámetros muy por encima de los LMP según ECA 2017 en el indicador de coliformes termo tolerantes.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación y referencia del sector norte

Punto vértice	X	Y	Referencia
1	365989.4	8489601	Pto 10 de IMARPE
2	364577.4	8483153	Pto 04 de IMARPE
3	367163	8480175	Inicio de refinería terminal Petro Perú
4	368560	8488324	Desembocadura del río pisco y playa la Joya

3.2.1.2. Sector centro

Se postula este sector, debido a que tiene predominancia industrial, tenemos establecimientos industriales como Plus Petrol, I Prisco y demás empresas pesqueras, por lo que se evidencia picos en los parámetros de hidrocarburos totales de petróleo y aceites y grasas.

Tabla 2. Coordenadas de ubicación del sector centro

Punto vértice	X	Y	Referencia
1	364577.4	8483153	Pto 04 de IMARPE
2	361044	8476169	Pto 02 OEFA
3	362030	8475100	Pto 04 OEFA
4	365056	8473066	Grifo Repsol, entrada paracas
5	367163	8480175	Inicio de refinería terminal Petro Perú

3.2.1.3. Sector Chaco

Este sector es influenciado por la actividad turística y antropogénica de la ciudad de Paracas, presentando valores cercanos al umbral en los parámetros de aceites y grasas y oxígeno disuelto

Tabla 3. Coordenadas de ubicación y referencia del sector chaco

Punto vértice	X	Y	Referencia
1	363082	8474392	Próximo a Pto 06 de OEFA
2	362445	8473419	Pto 06 OEFA
3	361903	8472347	Pto 08 OEFA
4	361641	8471401	Pto 11 OEFA
5	362933	8467632	Playa Roja
6	365056	8473066	Grifo Repsol, entrada paracas

3.2.1.4. Sector puerto – acuicultura

Este sector ubicado al frente del sector chaco, es predominado por las actividades de maricultura de concha de abanico y logística portuaria, debido a la ubicación del terminal portuario de pisco, en este sector se presentan picos en los valores de sólidos totales en suspensión.

Tabla 4. Coordenadas de ubicación y referencia del sector puerto - acuicultura

Punto vértice	X	Y	Referencia
1	361044	8476169	Pto 02 OEFA
2	362030	8475100	Pto 04 OEFA
3	363082	8474392	Próximo a Pto 06 de OEFA
4	362445	8473419	Pto 06 OEFA
5	361903	8472347	Pto 08 OEFA
6	361641	8471401	Pto 11 OEFA
7	362933	8467632	Playa Roja
8	359837	8474865	Termino de Terminal portuario Pisco

3.2.2. Resultados obtenidos de la sistematización

Los datos de los parámetros obtenidos se sistematizaron, además se ordenaron por sectores y semestre, obteniendo curvas de tendencia, para poder realizar análisis posteriores por sector y semestre.

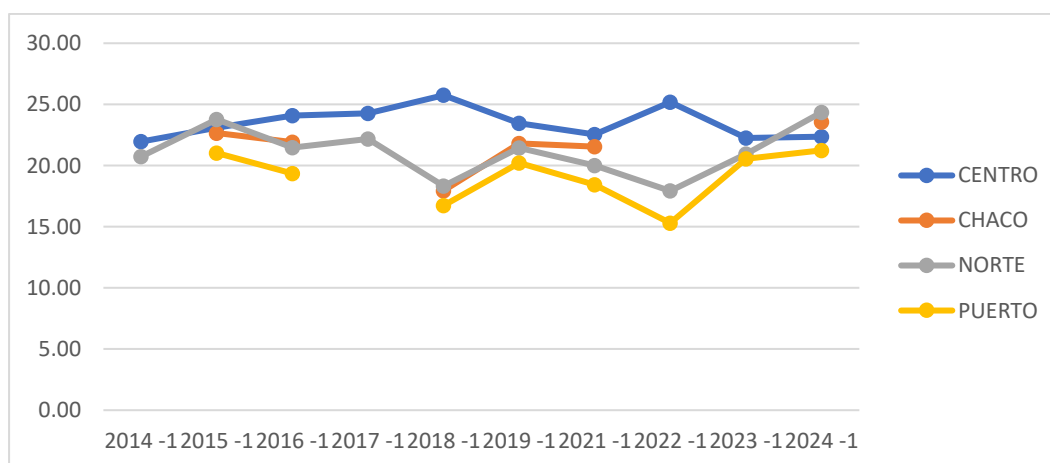
El planteamiento por semestre es dado a que la información de los parámetros, alcanzados por las instituciones mencionadas, en su gran mayoría tenemos intersección de fechas en los meses de marzo y noviembre, como es el caso puntual del ANA quien hace monitoreos en los meses en mención, y es la institución que nos ha brindado mayor número de parámetros a sistematizar, por lo que se ha considerado colocarlo como base para la sistematización de la información de las otras instituciones, quedando así la división semestral para la evaluación y determinación del índice de calidad ambiental..

3.2.2.1. Temperatura¹

Tabla 5. Temperatura primer semestre 2014 - 2024

Año - Semestre	CENTRO	CHACO ²	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1	21.96		20.73	
2015 -1	23.10	22.66	23.78	21.02
2016 -1	24.10	21.92	21.48	19.35
2017 -1	24.27		22.18	
2018 -1	25.75	17.95	18.33	16.73
2019 -1	23.45	21.80	21.43	20.22
2021 -1	22.53	21.54	20.02	18.43
2022 -1	25.18		17.93	15.30
2023 -1	22.25		20.95	20.56
2024 -1	22.37	23.57	24.35	21.25

Gráfico 1. Líneas de tendencia de Temperatura en el primer semestre de los años 2014 - 2024



¹ Se plantea la evaluación semestral de cada parámetro seleccionado, es decir en este caso evaluación de la temperatura correspondiente al primer semestre y en otro cuadro al segundo semestre con la finalidad de un orden y mejor evaluación de la información obtenida.

² Los espacios en blanco en la tabla son por la ausencia de datos en el periodo de evaluación

Tabla 6. Temperatura segundo semestre 2014 - 2024

Año - semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -2	21.07	20.28	19.50	18.22
2015 -2	19.97	19.75	19.73	18.79
2016 -2	23.16	19.14	21.88	16.78
2017 -2	23.40	18.58	16.88	17.56
2018 -2	21.12	20.21	19.61	16.79
2019 -2	22.42	19.92	18.86	17.22
2020 -2	23.95	21.02	20.85	18.45
2021 -2	21.56		20.18	16.97
2022 -2	21.24		20.43	12.51
2023 -2	20.32		20.45	18.75
2024 -2	20.55		19.20	17.31

Gráfico 2. Líneas de tendencia de Temperatura en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

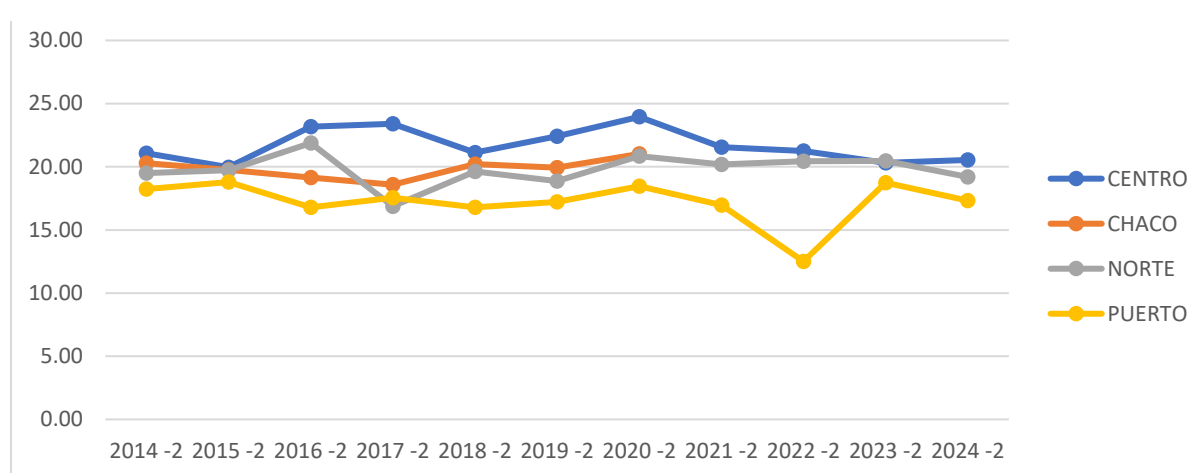
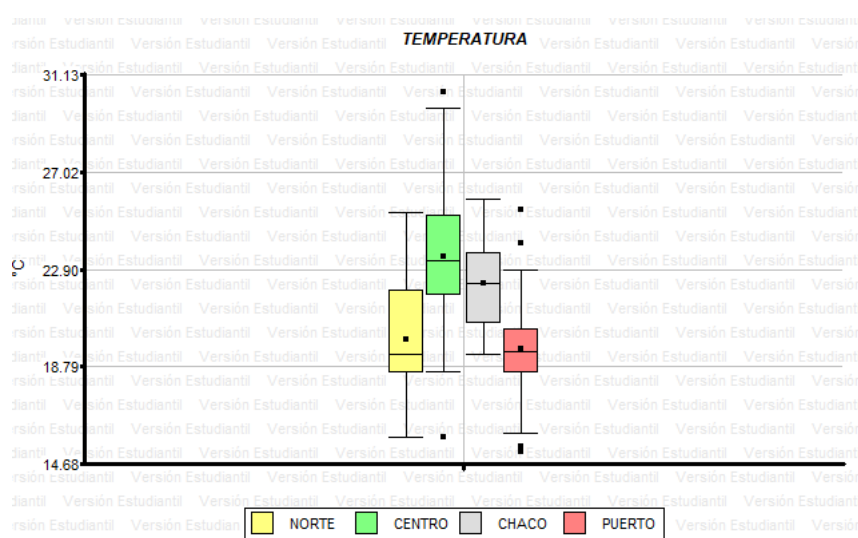


Gráfico 3. Diagrama de cajas del parámetro T°



De los resultados obtenidos observamos que el sector del centro presenta mayor valor de temperatura a comparación del sector norte, por otro lado, el sector del puerto, es el que presento valores bajos, cabe indicar que, para el ICA se basó en la variación de 3 grados con respecto al promedio multianual, con base en el ICA 2017. Por otro lado, en el diagrama de cajas vemos valores aislados muy por encima del promedio y a su vez muy por debajo en la zona norte y zona puerto.

3.2.2.2. Oxígeno disuelto

Tabla 7. Oxígeno disuelto primer semestre 2014 - 2024

Año – semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1	3.87		3.66	
2015 -1	7.35	3.61	6.89	4.97
2016 -1	12.66	3.32	4.76	6.60
2017 -1	6.81		3.55	
2018 -1	12.08	2.66	4.78	4.98
2019 -1	9.42	4.35	6.38	6.37
2021 -1	10.47	3.90	6.10	6.81
2022 -1	9.54		3.96	6.89
2023 -1	9.50		5.16	5.09
2024 -1	8.59	5.09	6.50	5.90

Gráfico 4. Líneas de tendencia de OD en el primer semestre de los años 2014 – 2024

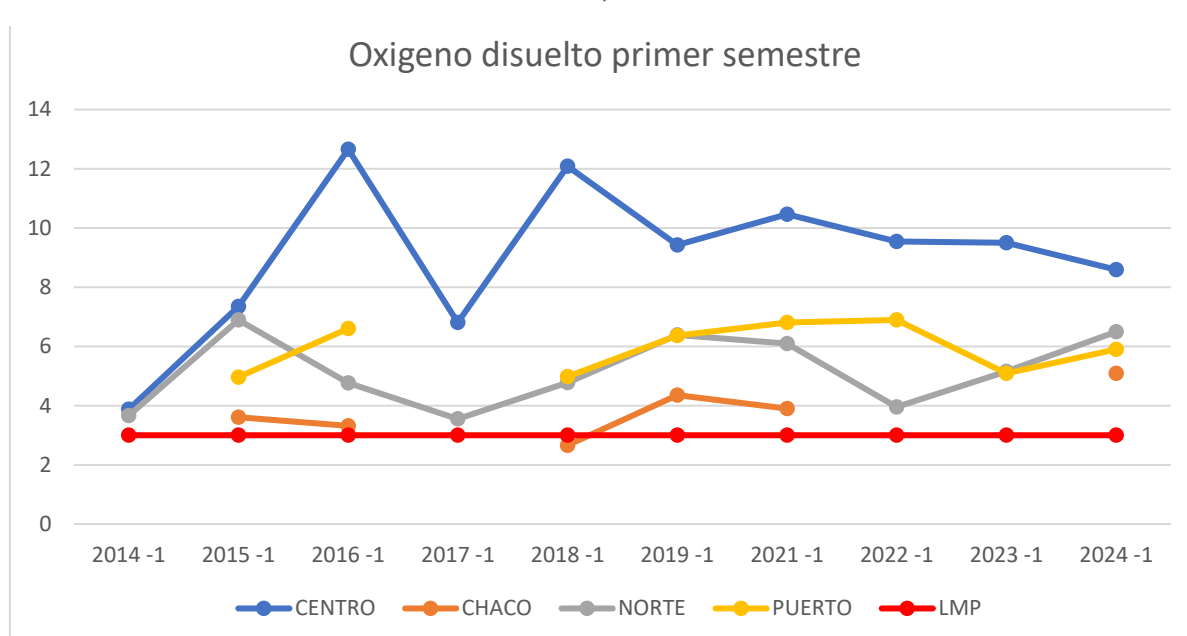


Tabla 8. Oxígeno disuelto segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1	3.87		3.66	
2015 -1	7.35	3.61	6.89	4.97
2016 -1	12.66	3.32	4.76	6.60
2017 -1	6.81		3.55	
2018 -1	12.08	2.66	4.78	4.98
2019 -1	9.42	4.35	6.38	6.37
2021 -1	10.47	3.90	6.10	6.81
2022 -1	9.54		3.96	6.89
2023 -1	9.50		5.16	5.09
2024 -1	8.59	5.09	6.50	5.90

Gráfico 5. líneas de tendencia de oxígeno disuelto en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

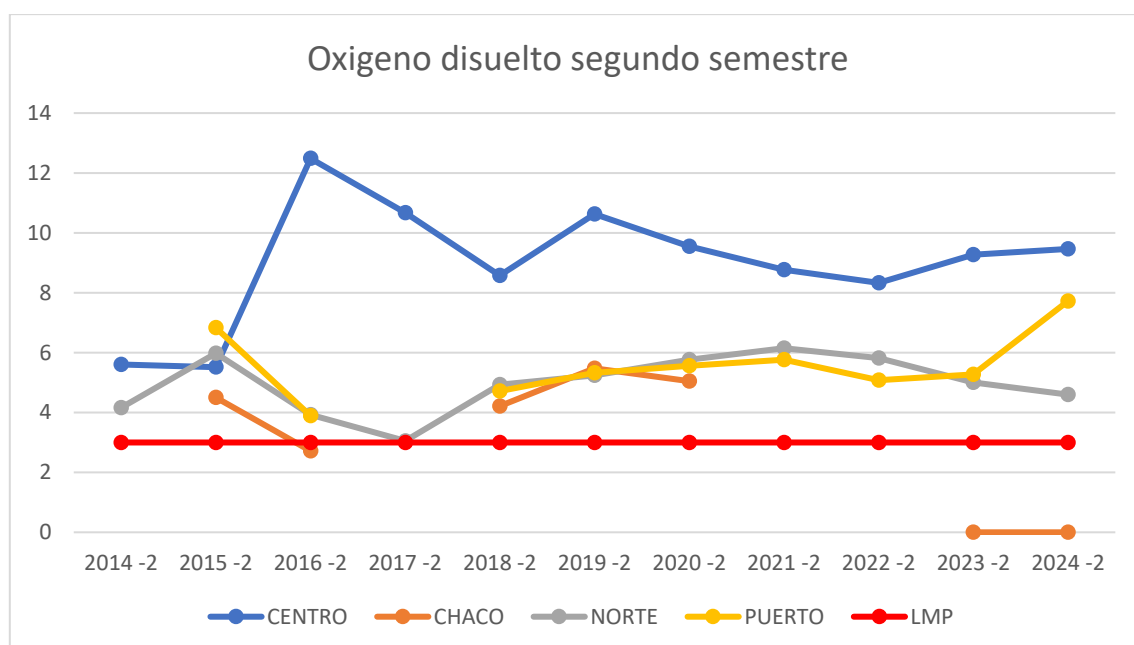
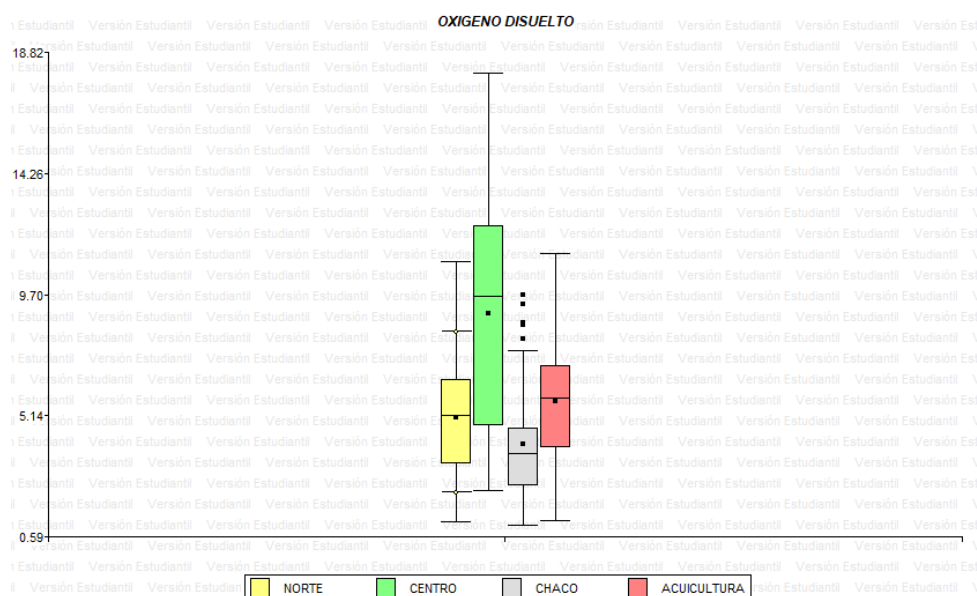


Gráfico 6. Diagrama de cajas del parámetro OD



Se puede observar que tenemos registros de oxígeno disuelto mayores a 8 ppm en el sector del centro en relación a los demás sectores que presentan valores hasta de 6 ppm, por otro lado, los valores inferiores se presentaron en el sector chaco, llegando a registrar 2.72 por debajo del límite máximo permisible (LMP) según Estándar de calidad ambiental (ECA) 2017, cabe precisar que el sector chaco, se desarrolla actividades antropogénicas y turísticas.

En el diagrama de cajas observamos efectivamente que los valores del sector centro están por encima de la saturación, con valores absolutos entre 9 ppm y 10 ppm, a comparación de sus pares que tienen valores en promedio cercanos a los niveles de saturación 4 ppm a 5 ppm

3.2.2.3. Potencial hidrogeno

Tabla 9. pH primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1	7.55		7.97	
2015 -1	7.90	7.89	8.17	8.04
2016 -1	8.48	7.86	8.14	7.85
2017 -1	8.16		7.74	
2018 -1	8.29	7.58	7.71	7.91
2019 -1	8.26	7.95	8.28	8.05
2021 -1	8.16	7.68	8.08	7.98
2022 -1	7.97		7.70	7.86
2023 -1	8.39		8.34	8.11
2024 -1	8.21	7.77	8.25	7.89

Gráfico 7. líneas de tendencia de pH en el primer semestre de los años 2014 - 2024

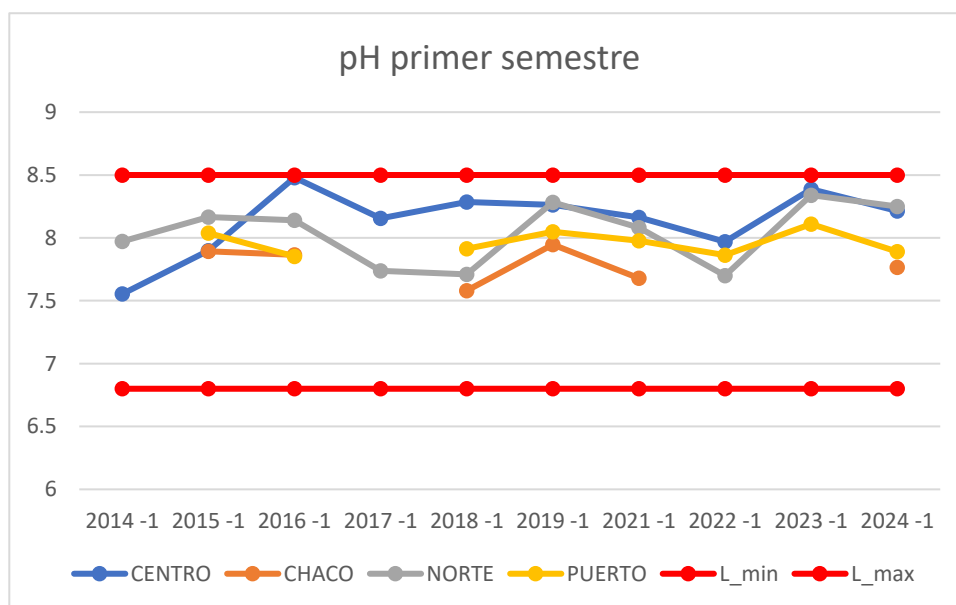


Tabla 10. pH segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -2	7.88	7.75	7.98	7.82
2015 -2	7.81	7.72	7.99	7.78
2016 -2	8.49	7.65	7.99	7.78
2017 -2	8.27	7.76	7.76	7.76
2018 -2	8.21	7.88	8.02	8.09
2019 -2	8.30	7.87	7.95	7.96
2020 -2	8.26	7.86	7.90	7.90
2021 -2	8.26		8.14	7.81
2022 -2	8.29		8.20	7.32
2023 -2	8.27		8.11	7.63
2024 -2	8.05		7.97	7.83

Gráfico 8. Líneas de tendencia de pH en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

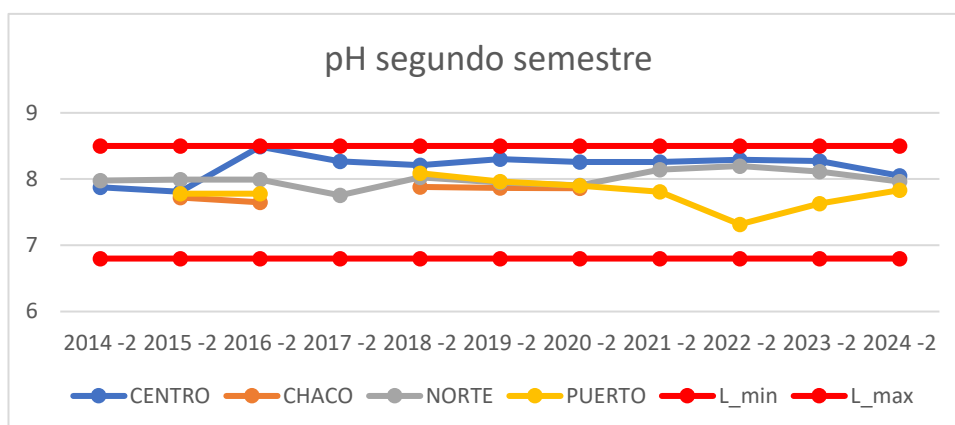
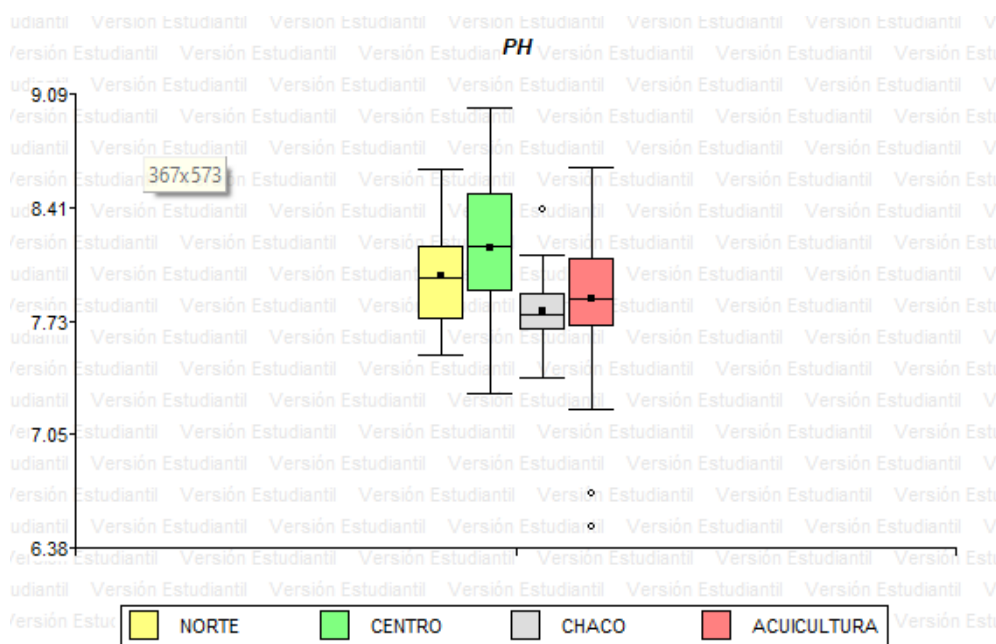


Gráfico 9. Diagrama de cajas del parámetro PH



Como se puede apreciar la mayoría de los datos están en el rango óptimo según la ECA 2017, teniendo los datos del sector centro, cercanos al límite máximo permisible. Además, en el diagrama de cajas observamos una distribución más homogénea, manteniéndose en el rango óptimo.

3.2.2.4. Sólidos suspendidos totales

Tabla 11. SST primer semestre 2014 – 2024

Año semester	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1	10.03			
2015 -1	15.33			
2016 -1	5.60	0.99		0.99
2017 -1	39.00			
2018 -1	7.33		91.00	5.00
2019 -1	7.33	1.99	139.00	1.99
2021 -1	3.20	3.99	6.00	41.50
2022 -1	2.90			25.60
2023 -1	6.67			143.80
2024 -1	2.97	2.50		8.83

Gráfico 10. Líneas de tendencia de SST en el primer semestre de los años 2014 - 2024

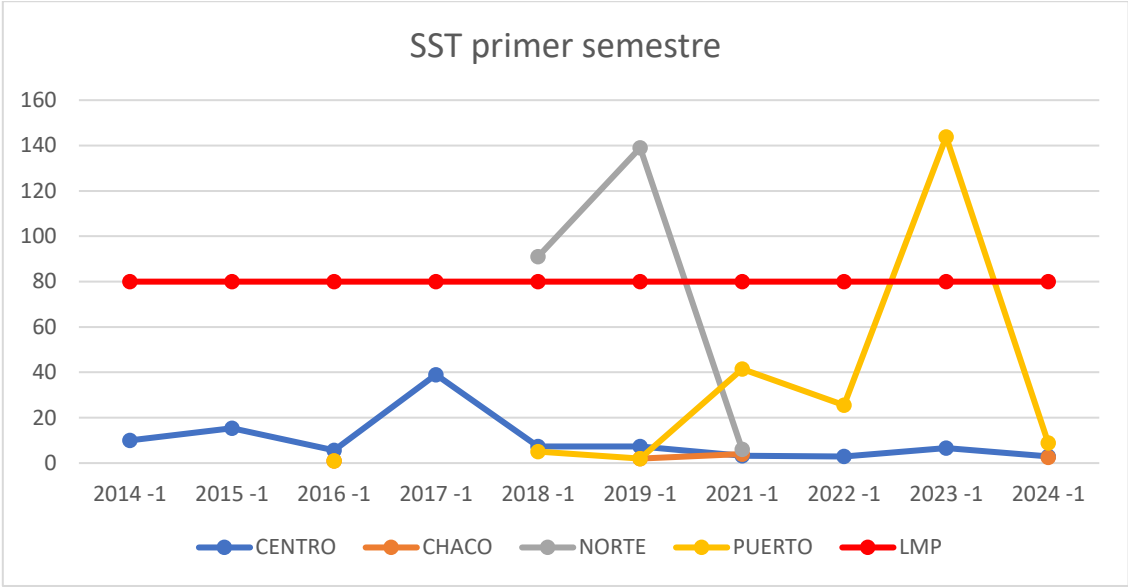


Tabla 12. SST segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -2	8.33			
2015 -2	7.33	26.40		16.18
2016 -2	5.67	0.99		0.99
2017 -2	8.33	4.00		5.00
2018 -2	7.33	5.00	6.00	3.00
2019 -2	3.97	2.99	2.99	2.99
2020 -2	3.30	5.00	4.00	2.99
2021 -2	4.33			21.80
2022 -2	16.00			179.40
2023 -2	3.00			11.00
2024 -2	4.06			13.60

Gráfico 11. Líneas de tendencia de SST en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

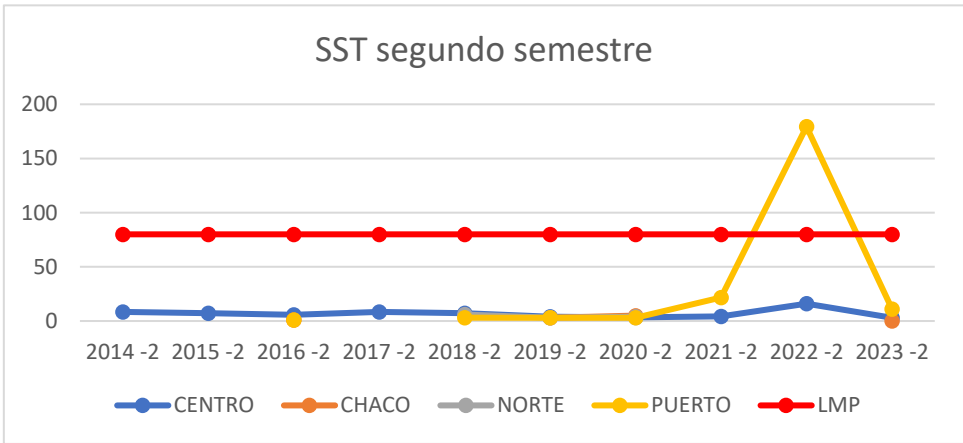
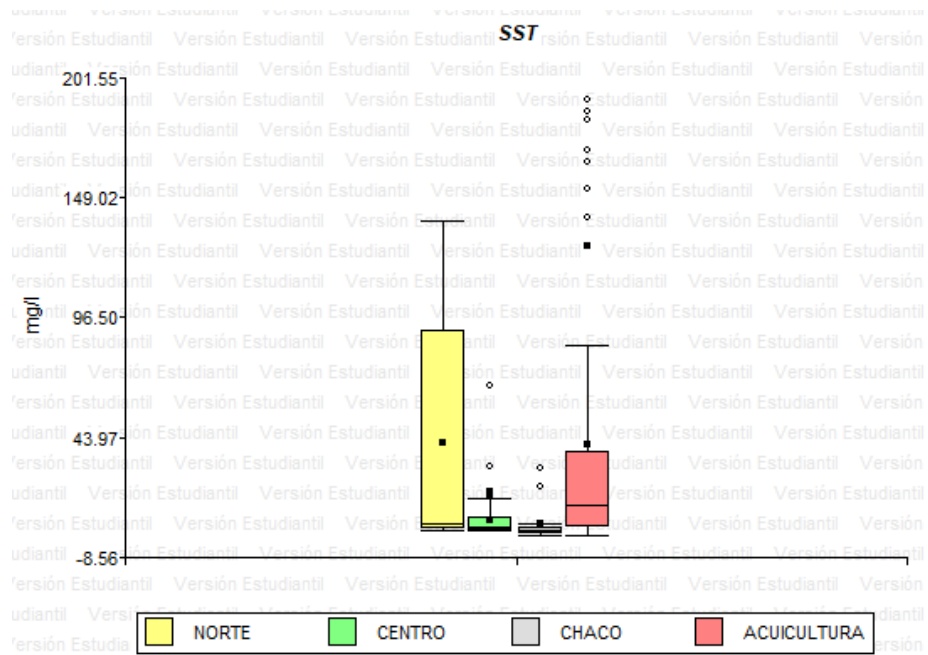


Gráfico 12. Diagrama de cajas del parámetro SST



Se observa que en la mayoría de los casos están por debajo del límite máximo permisible, teniendo los sectores norte y puerto, en donde se observa que en algunos semestres estos están por encima del límite máximo permisible. En el diagrama de cajas observamos los sectores que presentan los valores más altos de este parámetro, demostrando un comportamiento diferenciado a consecuencia de las actividades predominantes en cada sector.

3.2.2.5. Mercurio

Tabla 13. Mercurio primer semestre 2014 – 2024

Año semester	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1				
2015 -1				
2016 -1		0.00009		0.00009
2017 -1				
2018 -1			0.00009	0.00009
2019 -1		0.00009	0.00009	0.00009
2021 -1	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007
2022 -1	0.00007			0.00007
2023 -1	0.00007			0.00007
2024 -1	0.00007			0.00013

Gráfico 13. líneas de tendencia de Hg en el primer semestre de los años 2014 - 2024

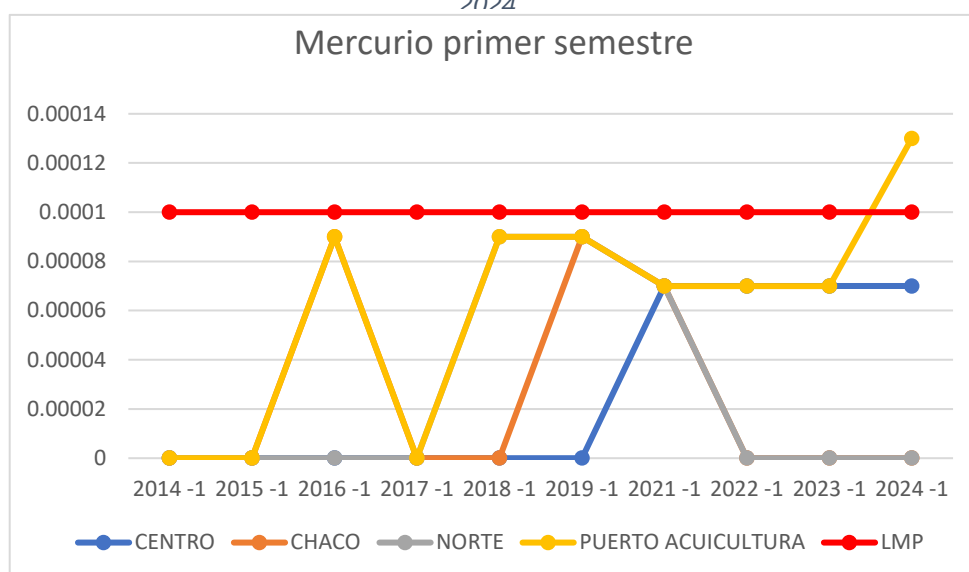


Tabla 14. Mercurio segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -2		0.0080		0.0080
2015 -2		0.0001		0.0001
2016 -2		0.0001		0.0001
2017 -2		0.0001		0.0001
2018 -2		0.0001	0.0001	0.0001
2019 -2		0.0001	0.0001	0.0001
2020 -2		0.0001	0.0001	0.0001
2021 -2	0.0001			0.0001
2022 -2	0.0001			0.0001
2023 -2	0.0001			0.0001
2024 -2				0.0001

Gráfico 14. Líneas de tendencia de Hg en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

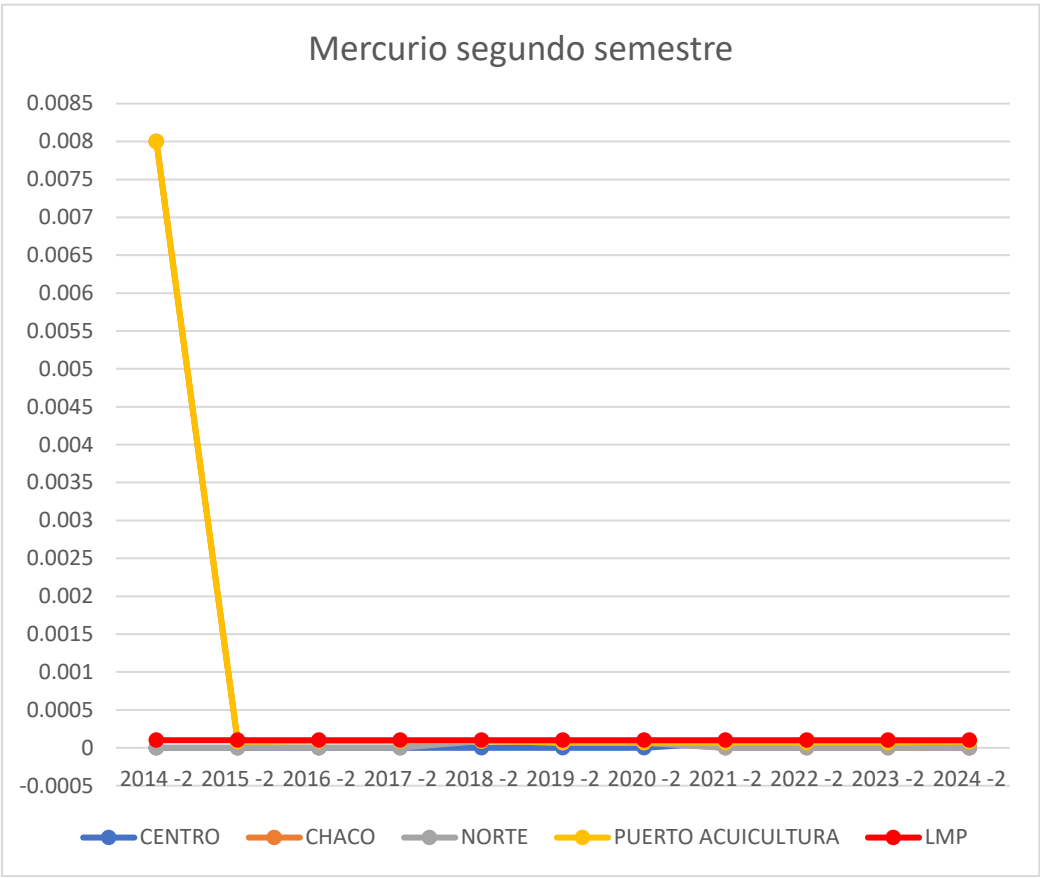
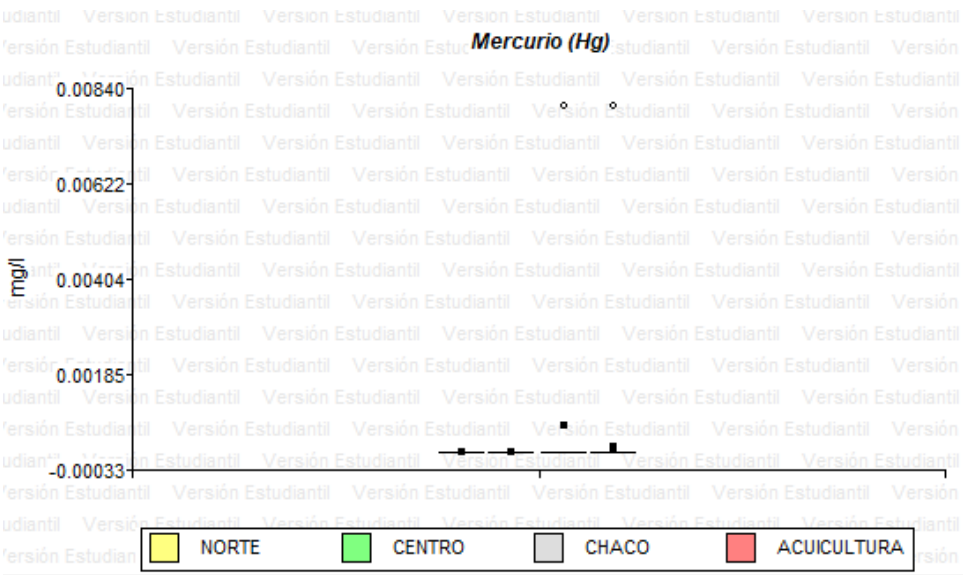


Gráfico 15. Diagrama de cajas del parámetro Hg



Podemos observar que los parámetros están por debajo del límite máximo permisible, no obstante, se observa que el sector de puerto – acuicultura, el valor sobrepasa el LMP en 2015 y 2024, valores que se pueden observar en el diagrama de cajas, el cual es muy diferenciado del promedio.

3.2.2.6. Zinc

Tabla 15. Zinc primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -1				
2015 -1				
2016 -1		0.020		0.010
2017 -1				
2018 -1			0.001	0.001
2019 -1		0.010	0.040	0.010
2021 -1	0.010	0.010	0.010	0.005
2022 -1	0.123			0.071
2023 -1	0.010			0.001
2024 -1	0.010			0.098

Gráfico 16. Líneas de tendencia de Zinc en el primer semestre de los años 2014 - 2024

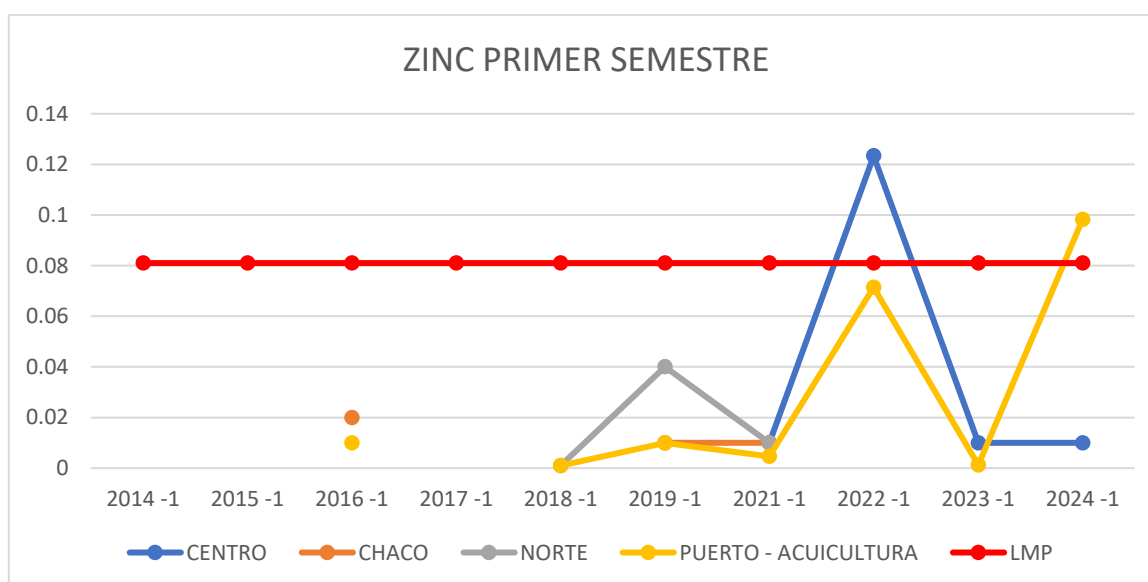


Tabla 16. Zinc segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO - ACUICULTURA
2014 -2		0.003		0.003
2015 -2		0.019		0.040
2016 -2		0.004		0.003
2017 -2		0.010		0.010
2018 -2		0.010	0.010	0.010
2019 -2		0.010	0.010	0.010
2020 -2		0.010	0.030	0.010
2021 -2	0.010			0.001
2022 -2	0.580			0.001
2023 -2	0.010			0.001
2024 -2	0.010			0.004

Gráfico 17. líneas de tendencia de Zinc en el segundo semestre de los años 2014 - 2024

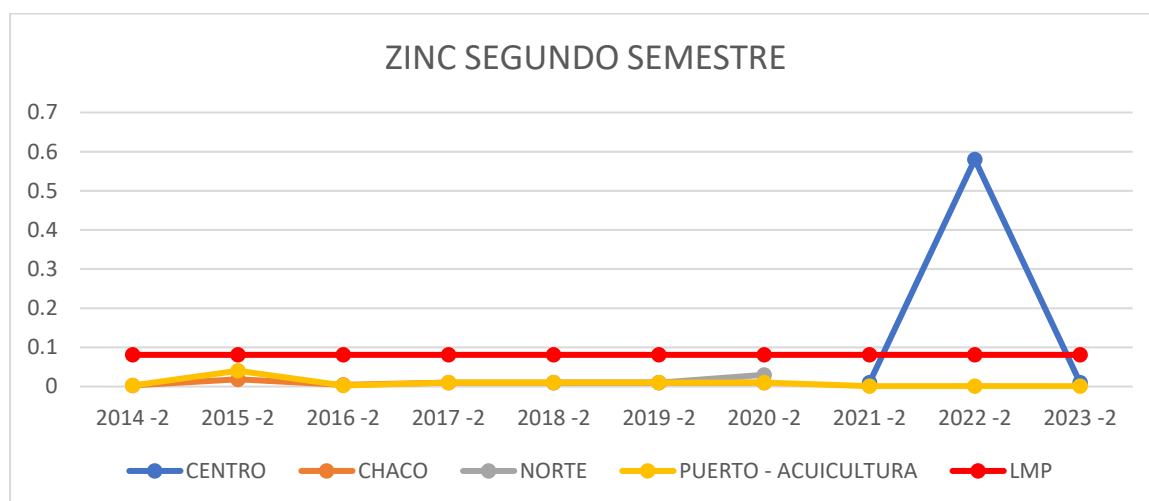
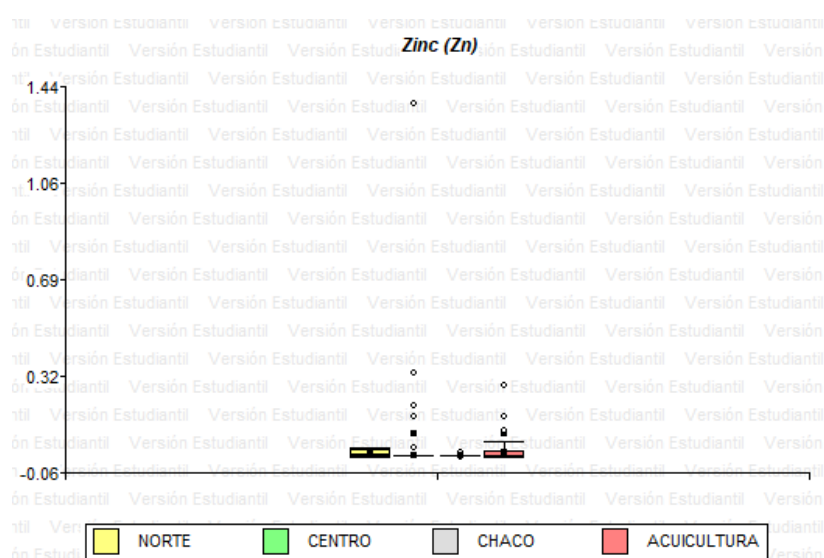


Gráfico 18. Diagrama de cajas del parámetro Zinc



Con base en los datos sistematizados se observa que la gran mayoría se encuentra por debajo del LMP, solo teniendo el sector del centro superando el límite en el periodo del 2022, tanto en el primer y segundo semestre; con respecto al diagrama de cajas vemos valores atípicos y diferenciado del promedio, detallando el sector centro con el valor máximo reportado.

3.2.2.7. Aceites y grasas

Tabla 17. Aceites y Grasas primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -1	0.190			
2015 -1	0.190	0.009		0.090
2016 -1	0.190			
2017 -1	2.597			
2018 -1	0.900		0.990	0.990
2019 -1	1.133	0.990	0.990	0.990
2021 -1	0.092	0.099	0.099	0.767
2022 -1	0.090			1.500
2023 -1	0.090			1.500
2024 -1	0.090	0.390		1.115

Gráfico 19. Líneas de tendencia de Aceites y grasas en el primer semestre de los años 2014 - 2024

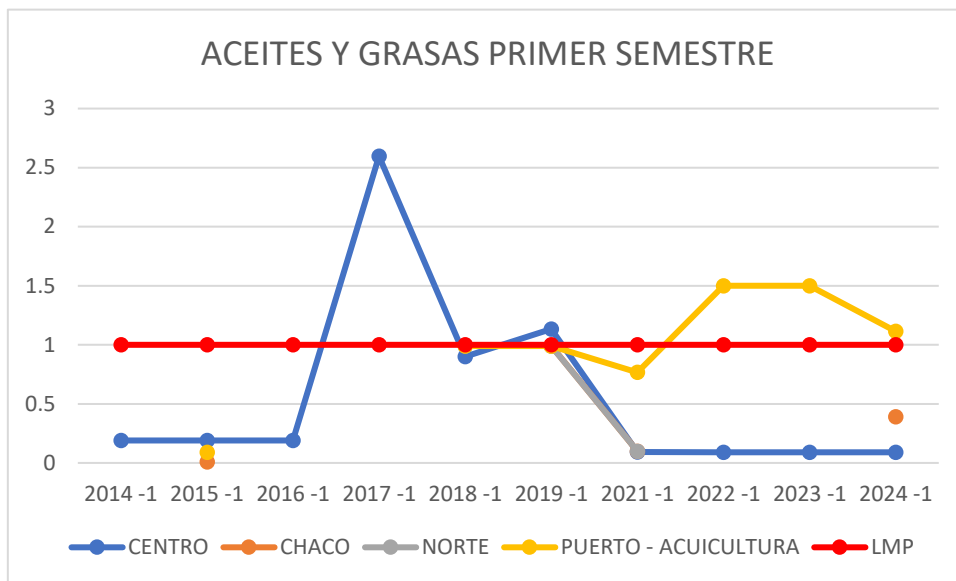


Tabla 18. Aceites y Grasas segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -2	0.190	0.400		0.400
2015 -2	0.199	0.990		0.990
2016 -2	1.697	0.990		0.990
2017 -2	0.990			0.990
2018 -2	0.990	0.990	0.990	0.990
2019 -2	0.090	0.099		
2020 -2	0.090		0.099	0.099
2021 -2	0.090			0.900
2022 -2	0.090			1.500
2023 -2	0.090			1.260
2024 -2	0.090			1.260

Gráfico 20. Líneas de tendencia de Aceites y grasas en el segundo semestre de los años 2014 -

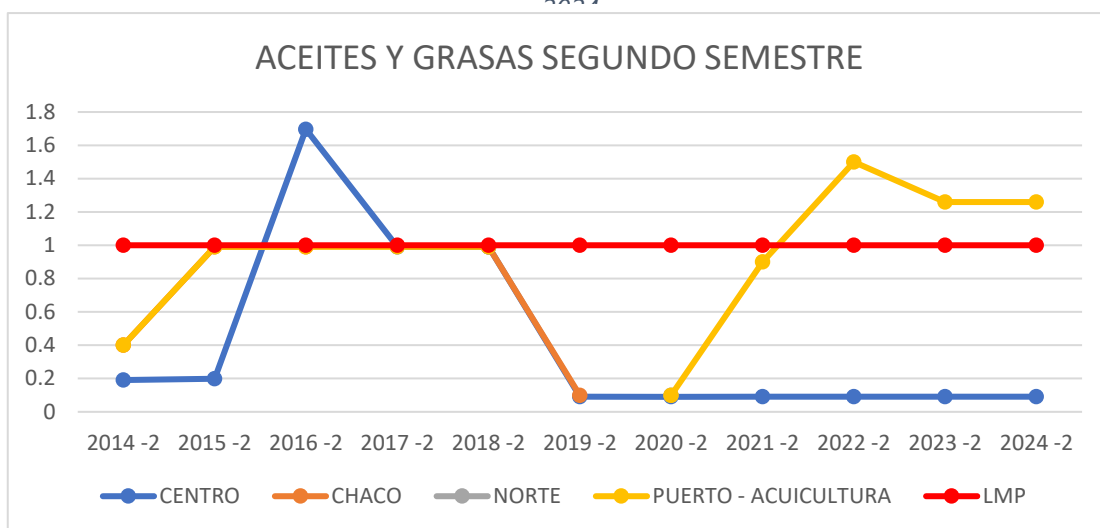
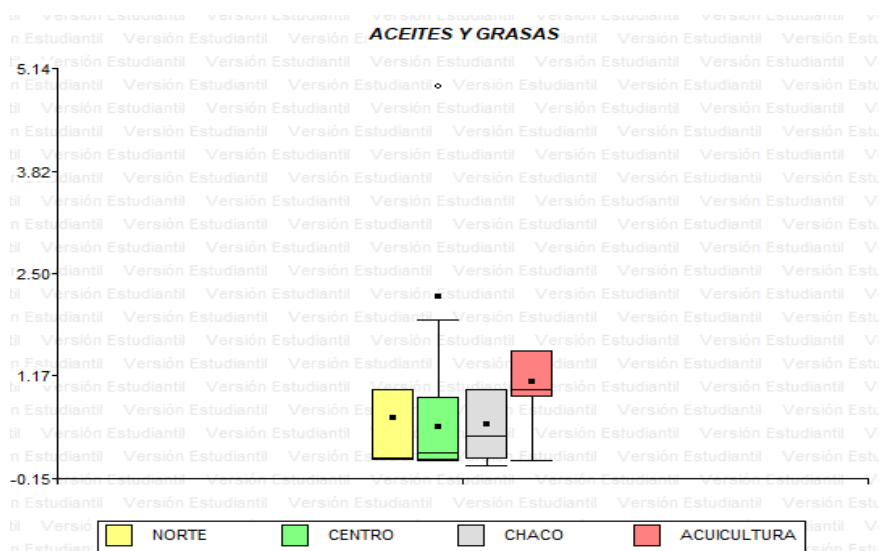


Gráfico 21. Diagrama de cajas del parámetro de Aceites y Grasas



Como podemos apreciar, en los gráficos y tablas, tenemos que, en los sectores de centro y puerto, se evidencia que el parámetro paso el límite máximo permisible, el sector centro en 2016 – 2017 y el puerto desde los años 2022 en adelante; cabe indicar que dichas zonas hay influencia industrial, dado que en la zona centro tenemos el sector hidrocarburos y pesquero; con respecto al puerto tenemos la actividad de acuicultura y portuario, donde hay presencia tanto de embarcaciones artesanales y de mayor calado.

En el diagrama de cajas vemos una distribución homogénea a diferencia del sector acuicultura que presenta valores en promedio por encima de los demás sectores, por otro lado, el sector centro de igual forma presenta valores aislados por encima del promedio.

3.2.2.8. Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 19. DBO5 primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -1	1.990			
2015 -1	1.990	1.990		1.990
2016 -1	1.900	5.000		2.990
2017 -1	1.990			
2018 -1	1.900		1.990	1.990
2019 -1	1.900	1.990	1.990	1.990
2021 -1	1.923	1.990	1.990	1.382
2022 -1	1.900			1.160
2023 -1	1.900			15.840
2024 -1	1.698	1.123		0.932

Gráfico 22. líneas de tendencia de DBO5 en el primer semestre de los años 2014 – 2024

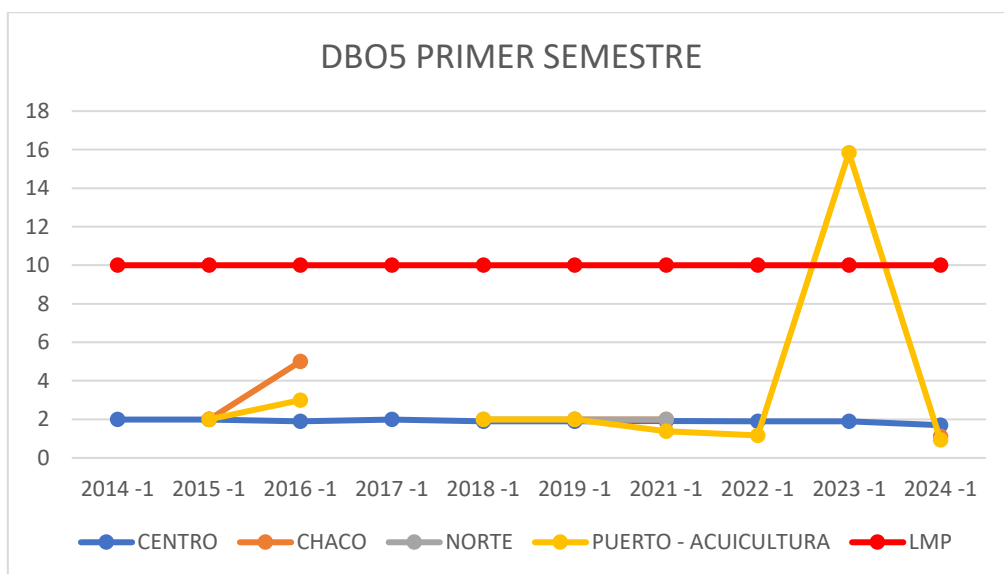


Tabla 20. DBO5 segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -2	1.990	1.990		1.990
2015 -2	2.433	2.323		2.081
2016 -2	1.990	2.990		2.990
2017 -2	1.933	1.990		2.000
2018 -2	1.900	1.990	1.990	1.990
2019 -2	1.900	1.990	1.990	1.990
2020 -2	1.933	3.000	3.000	1.990
2021 -2	3.633			2.680
2022 -2	1.900			0.660
2023 -2	1.900			3.600
2024 -2	1.990			1.220

Gráfico 23. líneas de tendencia de DBO5 en el segundo semestre de los años 2014 – 2024

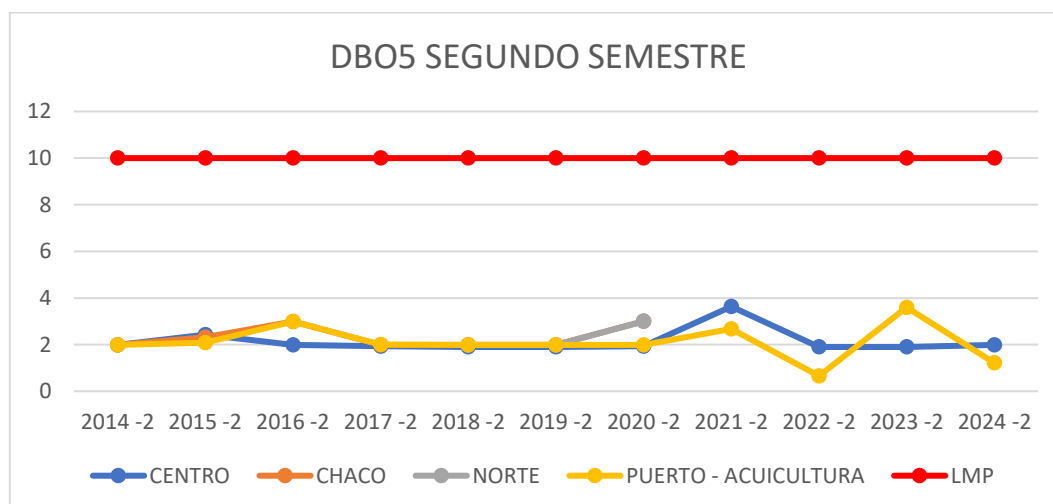
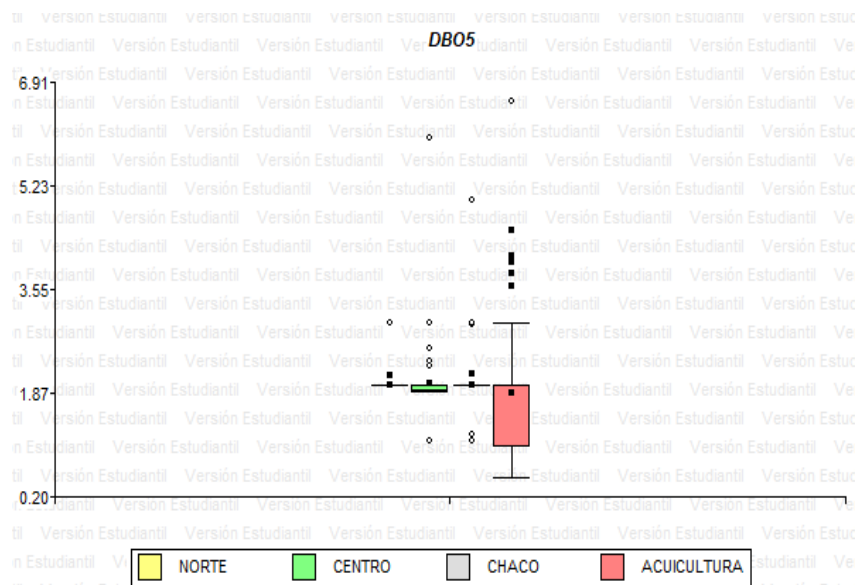


Gráfico 24. Diagrama de cajas del parámetro DBO5



Como podemos observar en el segundo semestre todos los valores del parámetro en los sectores están por debajo del límite máximo permisible, no obstante, en el primer semestre tenemos que sector puerto acuicultura, supera en el año 2023 el LMP. Además, en el diagrama de cajas observamos que en dicho sector hay más amplitud con respecto a los demás sectores, evidenciando variabilidad en los datos.

3.2.2.9. Hidrocarburos totales de petróleo

Tabla 21. HTP primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -1	0.190			
2015 -1	0.190			
2016 -1	0.190			
2017 -1	0.030			
2018 -1	0.009		0.009	0.009
2019 -1	0.040	0.001	0.001	0.001
2021 -1	0.001	0.002		0.000
2022 -1	0.001			0.002
2023 -1	0.001			0.002
2024 -1	0.003	0.009		0.003

Gráfico 25. Líneas de tendencia de HTP en el primer semestre de los años 2014 – 2024

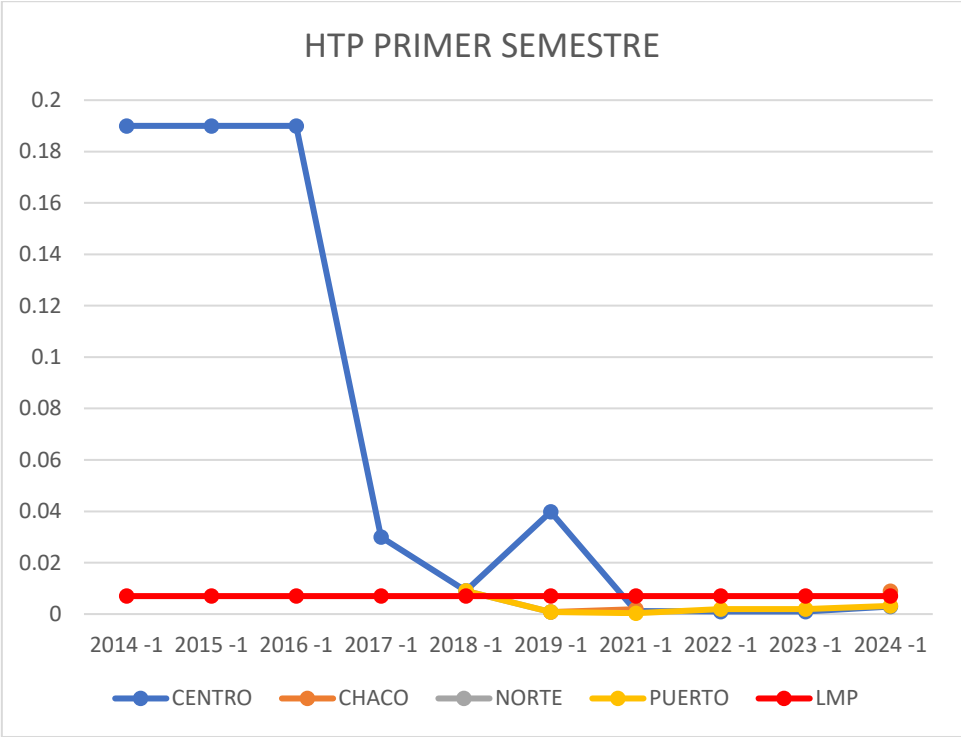


Tabla 22. HTP segundo semestre 2014 – 2024

Año se	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -2	0.190	0.030		0.030
2015 -2	0.190	0.190		0.190
2016 -2	0.030			
2017 -2	0.009	0.030		0.030
2018 -2	0.001	0.001	0.001	0.001
2019 -2	0.001	0.002		0.000
2020 -2	0.001	0.002		0.002
2021 -2	0.001			0.002
2022 -2	0.001			0.002
2023 -2	0.001			0.002
2024 -2	0.001			0.002

Gráfico 26. líneas de tendencia de HTP en el segundo semestre de los años 2014 – 2024

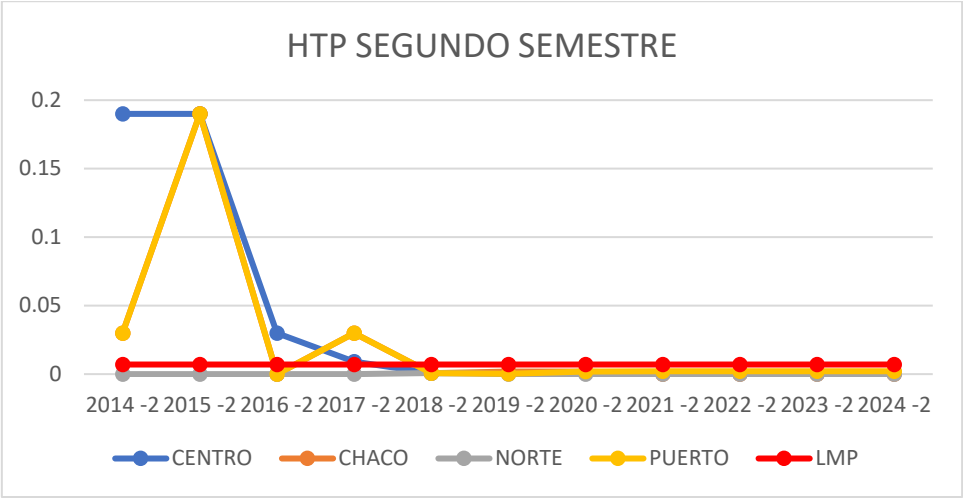
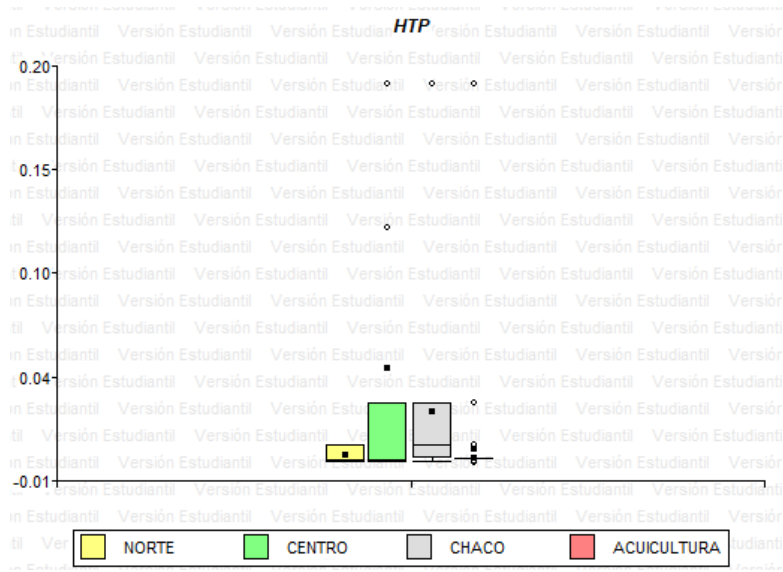


Gráfico 27. Diagrama de cajas del parámetro Hidrocarburos totales de petróleo



Podemos observar que los valores registrados en los primeros años (2014 – 2017) superan el LMP, en específico los sectores de centro y puerto, y como se mencionó anteriormente en estos sectores predomina la actividad de hidrocarburos, portuaria y maricultura.

3.2.2.10. Coliformes termo tolerantes (CTT)

Tabla 23. CTT primer semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -1				
2015 -1		1.790		1.790
2016 -1		17.000		1.790
2017 -1				
2018 -1			17000.000	1.790
2019 -1		1.790	700.000	1.790
2021 -1	1.790	1.790	1.790	1.715
2022 -1				3.480
2023 -1				4.600
2024 -1	1.790	1.790		1.149

Gráfico 28. Líneas de tendencia de CTT en el primer semestre de los años 2014 – 2024

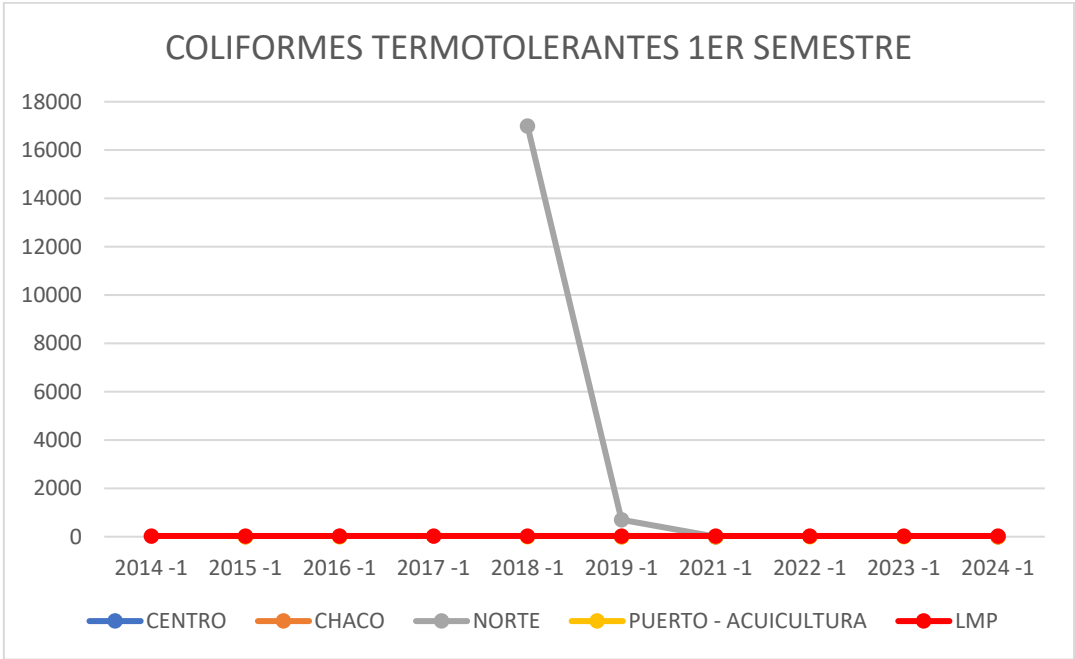


Tabla 24. CTT segundo semestre 2014 – 2024

Año semestre	CENTRO	CHACO	NORTE	PUERTO
2014 -2		2.0000		4.5000
2015 -2		1.7900		1.8091
2016 -2		1.7900		1.7900
2017 -2		1.7900		1.7900
2018 -2		1.7900	1.7900	1.7900
2019 -2		1.7900	1.7900	1.7900
2020 -2		1.7900	1.7900	1.7900
2021 -2				1.7000
2022 -2				57.1600
2023 -2				1.7000
2024 -2				1.7000

Gráfico 29. Líneas de tendencia de CTT en el segundo semestre de los años 2014 – 2024

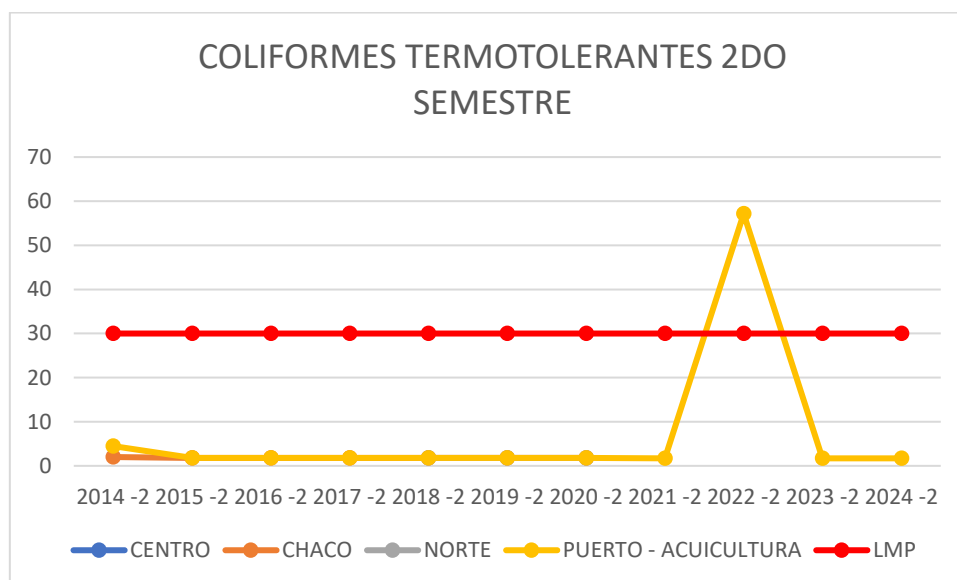
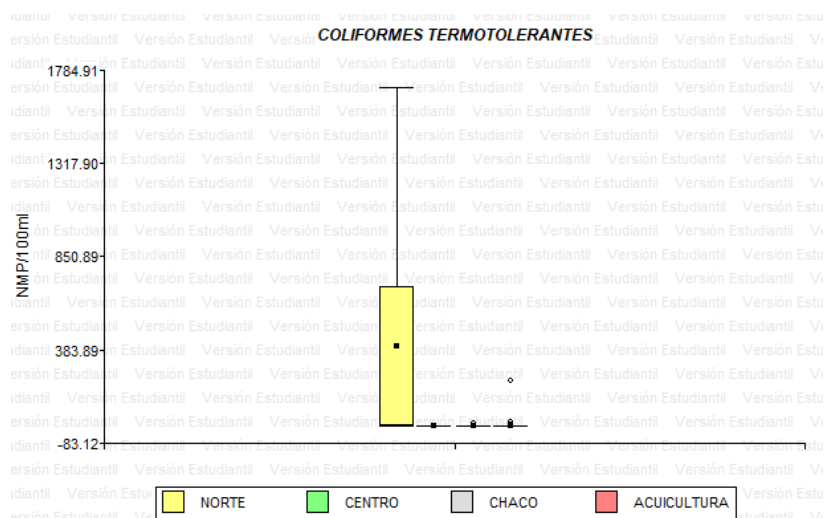


Gráfico 30. Diagrama de cajas del parámetro Hidrocarburos totales de petróleo



Con respecto al siguiente parámetro observamos que el sector norte ha sobrepasado el límite máximo permisible en los años 2018 y 2019, recordando que esta zona es influenciada por la desembocadura del río pisco, además en esa época del año hay acción de temporada de fenómeno El Niño; además observamos que en el sector puerto paso el LMP en el año 2022; por otro lado en el diagrama de cajas observamos que el sector norte presenta amplio rango de valores dentro de la caja a comparación de sus pares además de valores más dispersos.

3.3. Método adaptado para la determinación del ICAM – PA

La formulación del Índice de Calidad de Aguas marinas y costeras, 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) y empleada por Orozco R. (2024).

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

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

Cabe indicar que la fórmula empleada se basa en una adaptación metodológica del ICAMPFF (Vivas-Aguas et al., 2014), metodología empleada por Orozco R. (2024), quienes también determinan previamente los subíndices, de los 10 parámetros seleccionados, no obstante, el INVEMAR postula que se puede aplicar la fórmula promedio geométrico ponderado con un mínimo de seis variables, siguiendo el mismo procedimiento de cálculo.

Cuadro 3. Clasificación del Índice de Calidad Ambiental (ICA)

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

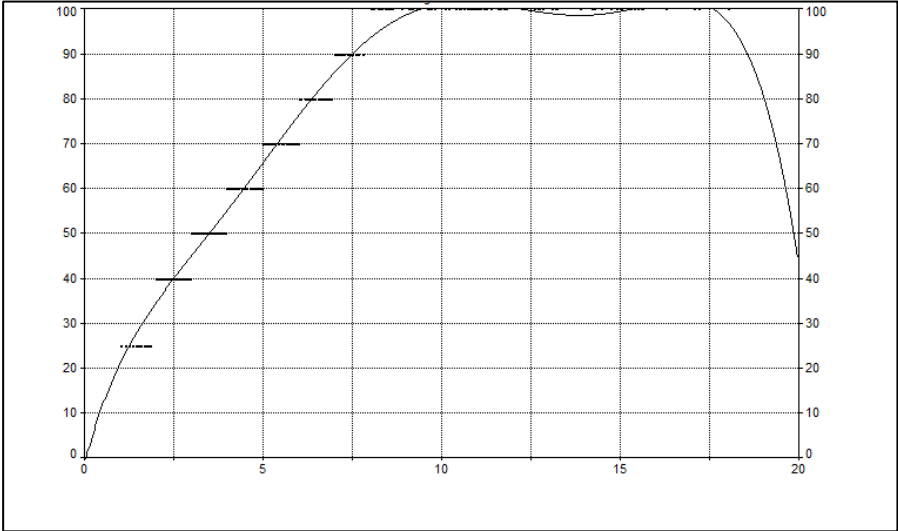
3.3.1. Determinación de sub-índices

Para la construcción del ICAM, lo primero es la determinación de los sub índices, para ello se selecciona cada uno de los 10 parámetros, con el fin de elaborar funciones de calidad (curvas de parámetro por parámetro).

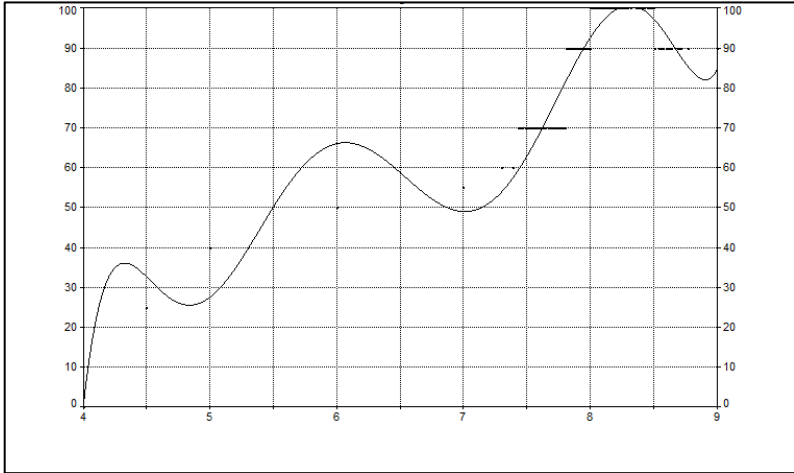
Esto se logra tabulando los valores de cada parámetro ya sea en mg/l, ppm, °C, para convertirlos a valores adimensionales y poder realizar el proceso de agregación, esta tabulación se realiza en una hoja de cálculo Excel y aplicando formular condicionales; teniendo los valores transformados a escala adimensional se procedió a encontrar las ecuaciones matemáticas y su respectiva curva de función, utilizando el software Table Curve 2D.

3.3.1.1. Oxígeno disuelto

Sub índice de calidad OD	
Definición	El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes en la vida marina. Concentraciones entre 7,0 y 8, 5 mg/L se consideran óptimas en agua de mar y tienen efecto sobre los recursos hidrobiológicos, la biodiversidad, el crecimiento, la reproducción y migración (Guillen y Flores, 1965). No obstante, en el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 2017 establece en la subcategoría 1 (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras) de la categoría 2 un valor mínimo de 4

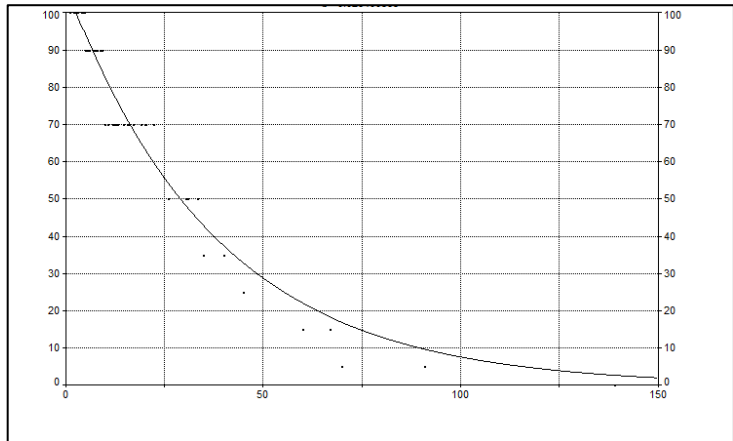
Sub índice de calidad OD																				
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de oxígeno disuelto																			
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $Y = -1.7253781 + (30.396879 * X) + (-9.7209527 * (X^2)) + (2.2351891 * (X^3)) + (-0.25794793 * (X^4)) + (0.014557366 * (X^5)) + (-0.00037061519 * (X^6)) + (0.0000030099348 * (X^7))$  $R^2 = 0,98645$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de oxígeno disuelto.																			
Periodicidad	Anual																			
Cobertura geográfica	Bahía de paracas																			
Interpretación	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Escala</th><th>Subíndice</th><th>OD (mg/L)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pésima</td><td>0-25</td><td>0-2,0</td></tr> <tr> <td>Inadecuada</td><td>25-50</td><td>2,0 - 4,0</td></tr> <tr> <td>Aceptable</td><td>50-70</td><td>4,0 - 6,0</td></tr> <tr> <td>Adecuada</td><td>70-90</td><td>6,0-7,0</td></tr> <tr> <td>Óptima</td><td>90-100</td><td>7,0-8,5</td></tr> </tbody> </table>		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
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																		

3.3.1.2. pH

Sub índice de calidad pH														
Definición	El pH, junto con las concentraciones del oxígeno disuelto, es un parámetro importante como indicador del grado de afectación que puede presentar la calidad del agua marina por la influencia de agentes contaminantes, y permite identificar la fuente de contaminación como descarga de efluentes urbanos, industriales y mixtos. (Orozco R. 2024) El rango aceptable según Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 2017 es de 7.0 a 8.5 en la subcategoría 1 (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras)													
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de potencial hidrogeno													
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $Y = -459124.5 + (530968.73 * X) + (-259425.79 * (X^2)) + (69417.521 * (X^3)) + (-10987.699 * (X^4)) + (1029.0574 * (X^5)) + (-52.82085 * (X^6)) + (1.1468309 * (X^7))$  R² =0,87302 Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de pH.													
Periodicidad	Anual													
Cobertura geográfica	Bahía de paracas													
Interpretación	<table><tr><td>Escala</td><td>Subíndice</td><td>pH</td></tr><tr><td>Óptima</td><td>100-90</td><td>7.8 – 8.5</td></tr><tr><td>Adecuada</td><td>90-70</td><td>7.4 – 7.8</td></tr><tr><td>Aceptable</td><td>70-50</td><td>7.0 – 7.4</td></tr></table>		Escala	Subíndice	pH	Óptima	100-90	7.8 – 8.5	Adecuada	90-70	7.4 – 7.8	Aceptable	70-50	7.0 – 7.4
Escala	Subíndice	pH												
Óptima	100-90	7.8 – 8.5												
Adecuada	90-70	7.4 – 7.8												
Aceptable	70-50	7.0 – 7.4												

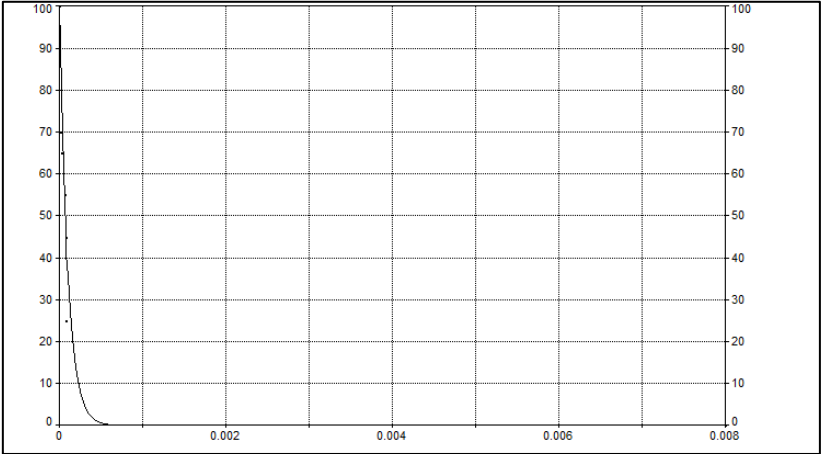
Sub índice de calidad pH				
		Inadecuada	50-25	5.0 – 7.0
		Pésima	25-0	4.5 – 5.0

3.3.1.3. sólidos suspendidos totales

Sub índice de calidad SST														
Definición	Los contaminantes, tanto químicos como microbiológicos, se transportan a través de partículas en el medio marino-costero, es por ello lo fundamental la medición de este parámetro. La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que debe mantener el promedio en 60 mg/L.													
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de solidos suspendidos totales													
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $LnY = 4.6786824+(-0.026400565*X)$  $R^2 = 0,96699$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de SST.													
Periodicidad	Anual													
Cobertura geográfica	Bahía de paracas													
Interpretación	<table><tr><th>Escala</th><th>Subíndice</th><th>Rango</th></tr><tr><td>Óptima</td><td>100-90</td><td>0 – 5</td></tr><tr><td>Adecuada</td><td>90-70</td><td>5* - 10</td></tr><tr><td>Aceptable</td><td>70-50</td><td>10* - 25</td></tr></table>		Escala	Subíndice	Rango	Óptima	100-90	0 – 5	Adecuada	90-70	5* - 10	Aceptable	70-50	10* - 25
Escala	Subíndice	Rango												
Óptima	100-90	0 – 5												
Adecuada	90-70	5* - 10												
Aceptable	70-50	10* - 25												

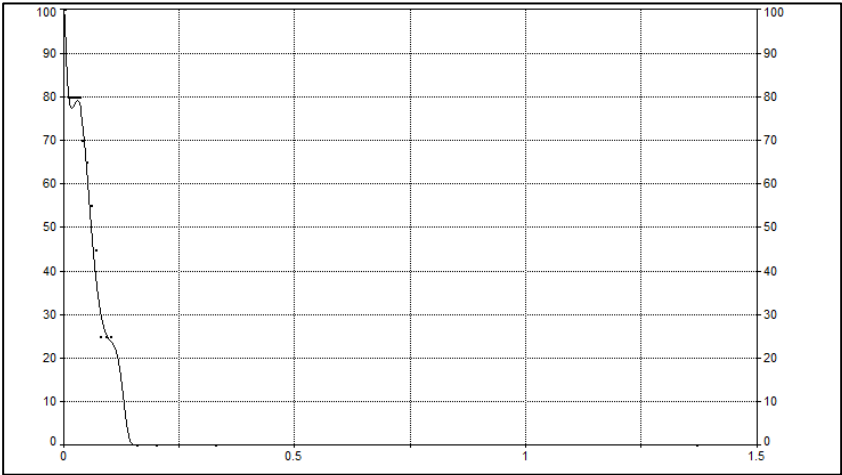
Sub índice de calidad SST				
		Inadecuada	50-25	25 – 45
		Pésima	25-0	45 - 100

3.3.1.4. Mercurio

Sub índice de calidad Mercurio	
Definición	En el entorno acuático, el mercurio se transforma en una forma más tóxica, metilmercurio (MeHg) (CH_3HgX, donde X es Cl^-, OH^- o tioles orgánicos y otros ligandos de azufre reducido (RS^-)), por microorganismos presentes en el sedimento. Los organismos acuáticos absorben fácilmente MeHg, que luego se bioacumula y biomagnifica dentro de la cadena alimentaria acuática (Maetha M. Al-Sulaiti et al., 2022). Maetha M. Al-Sulaiti et al., (2022). Las causas y los efectos de la contaminación por mercurio y metilmercurio en el medio marino: una revisión. naturaleza de Springer, Contaminación del agua (G Toor y L Nghiem, editores de sección, Volumen 8, páginas 249–272, (2022). El valor límite Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 0.0001 mg/l.
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de mercurio
Método de cálculo o fórmula	Ecuación en aguas marinas: $\ln Y = 4.6437393 - 10113.279(X)$  $R^2 = 0,7753$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de Mercurio.
Periodicidad	Anual
Cobertura geográfica	Bahía de paracas

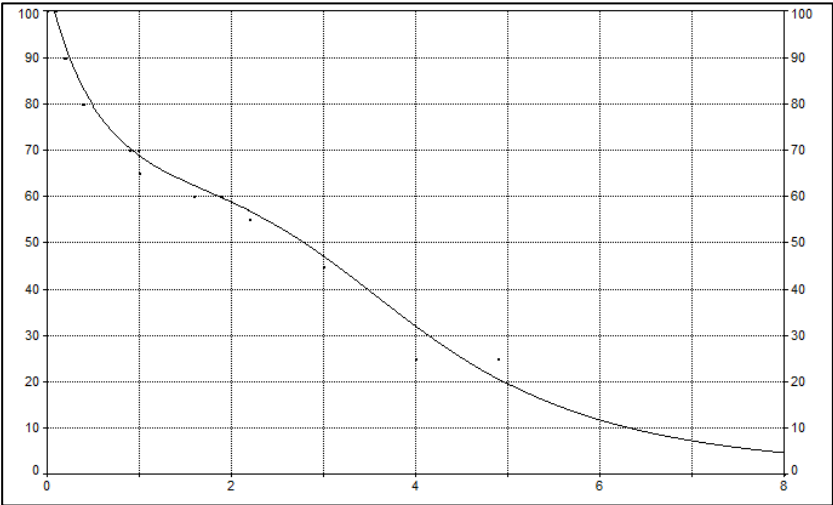
Sub índice de calidad Mercurio				
Interpretación		Escala	Subíndice	Rango
		Óptima	100-90	0 – 0.00001
		Adecuada	90-70	0.00001 - 0.00005
		Aceptable	70-50	0.00005 - 0.00008
		Inadecuada	50-25	0.00008 – 0.0001
		Pésima	25-0	0.0001 a mas

3.3.1.5. Zinc

Sub índice de calidad Zinc	
Definición	En exceso (>20 µg/L) es tóxico para invertebrados marinos, altera la osmorregulación y causa mortalidad larval en bivalvos (Wang & Rainbow, 2005). 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. La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 0.081 mg/l.
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de Zinc
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $\ln Y = (4.7074747 - 56.135023 \cdot X + (3060.9762 \cdot (X^2)) + (-68831.026 \cdot (X^3)) + (613448.95 \cdot (X^4)) + (-1902001.8 \cdot (X^5)))$  $R^2 = 0,9906$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de Zinc.

Sub índice de calidad Zinc			
Periodicidad	Anual		
Cobertura geográfica	Bahía de paracas		
Interpretación	Escala	Subíndice	Rango
	Óptima	100-90	0 – 0.01
	Adecuada	90-70	0.01 – .0.04
	Aceptable	70-50	0.04 – 0.06
	Inadecuada	50-25	0.06 – 0.081
	Pésima	25-0	0.081 – a mas

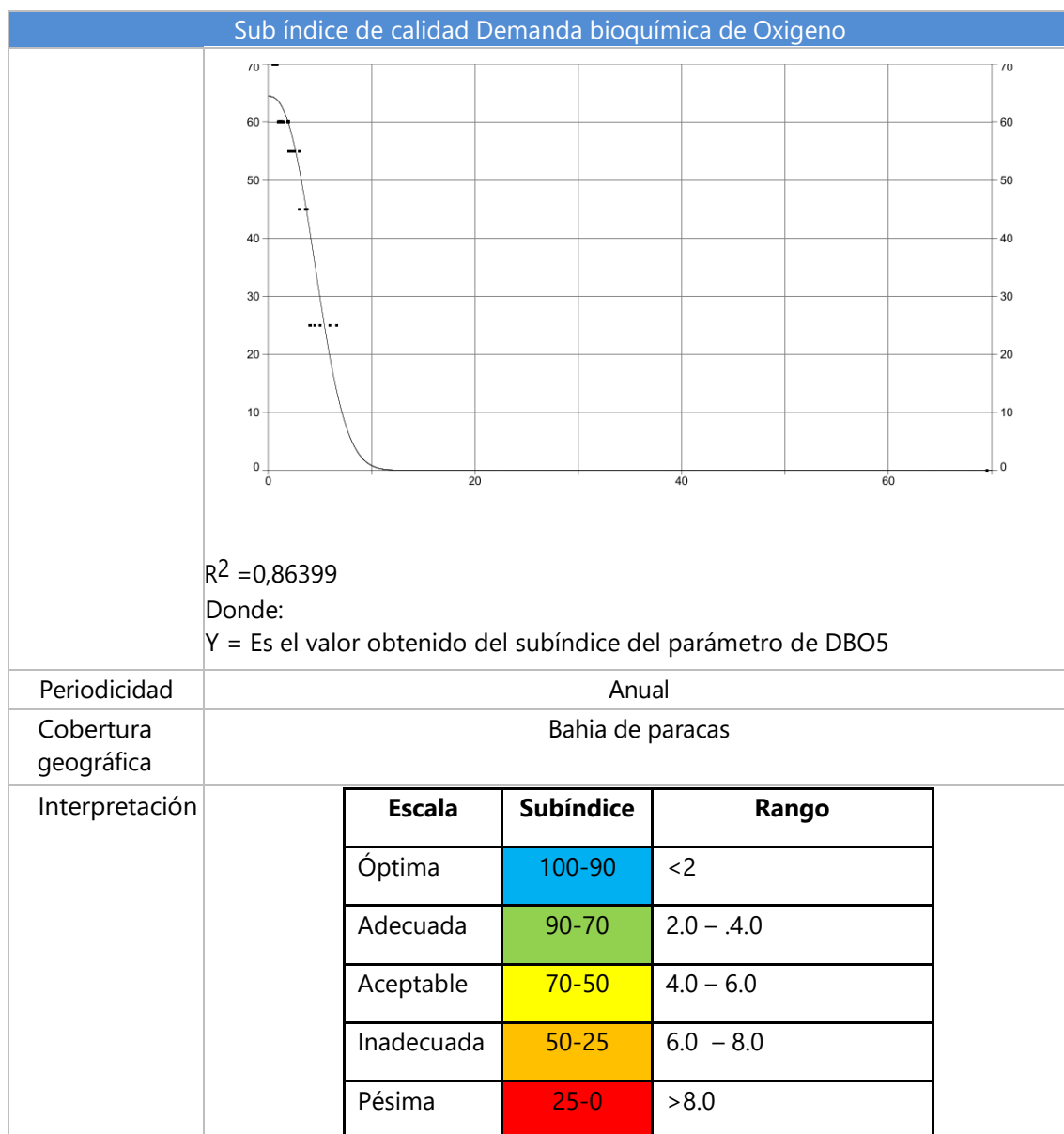
3.3.1.6. Aceites y Grasas

Sub índice de calidad Aceites y Grasas	
Definición	Este es un parámetro de calidad ambiental cuyas altas concentraciones en las aguas marino-costeras están asociadas con el transporte marítimo como agente causal, en especial la contaminación por hidrocarburos en la zona industrial y el puerto de Supe (Orozco, 2014). La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 1.0 mg/l.
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de Aceites y Grasas
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $Y = 1/(0.0094057803+(0.0077469821*X) +(-0.0033627171*(X^2)) + (0.00069409207*(X^3)))$ 

Sub índice de calidad Aceites y Grasas			
	R ² =0,99 Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de Aceites y Grasas		
Periodicidad	Anual		
Cobertura geográfica	Bahia de paracas		
Interpretación	Escala	Subíndice	Rango
	Óptima	100-90	0 – 0.25
	Adecuada	90-70	0.25 – .0.5
	Aceptable	70-50	1 – 2
	Inadecuada	50-25	2 – 4
	Pésima	25-0	4 – 8

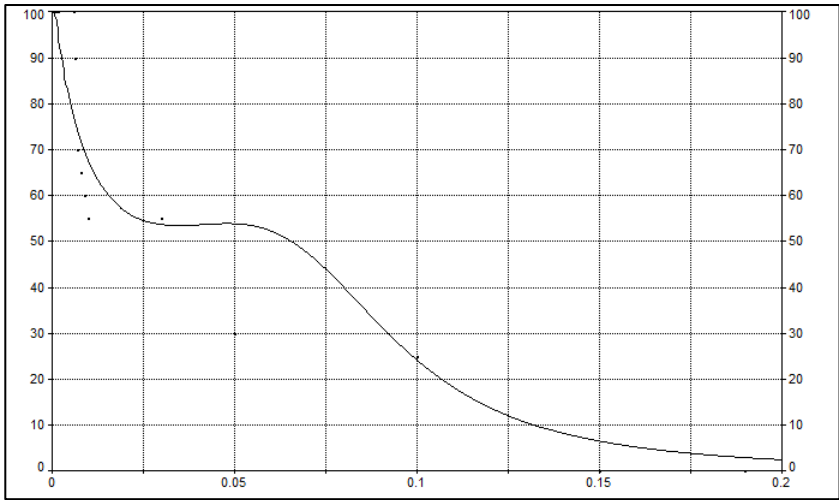
3.3.1.7. Demanda bioquímica de oxígeno

Sub índice de calidad Demanda bioquímica de Oxígeno	
Definición	Mide la materia orgánica degradable; $DBO_5 > 3$ mg/L sugiere carga orgánica que consume OD, afectando zona bentónica donde habitan pulpos y caracoles (Cao et al., 2018). La DBO_5 es el oxígeno disuelto consumido bajo condiciones específicas por oxidación biológica de la materia orgánica o inorgánica en aguas naturales, subterráneas, para consumo humano, efluentes (ISO, 1983), como en el caso de las aguas costeras de la bahía de Supe (Orozco et al., 2013; Orozco, 2014). La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 10 mg/l.
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de DBO_5
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $LnY = 4.1659442 - 0.013617132 * X^{2.5}$



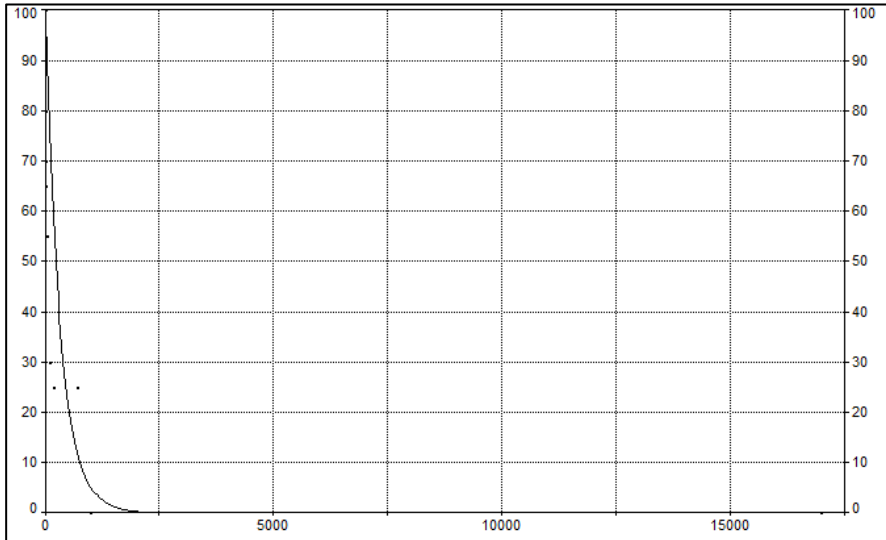
3.3.1.8. Hidrocarburos totales de petróleo

Sub índice de calidad Hidrocarburos totales de petróleo	
Definición	Hidrocarburos aromáticos en el agua se asocia con tráfico marítimo artesanal en la bahía o con una fuente de contaminación, como descargas provenientes del alcantarillado (Orozco, R. 2024). La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 0.007 mg/l.
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de Hidrocarburos totales de petróleo
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $Y = 1/(0.009275728+(0.72247044*X) +(-18.511179*(X^2)) +(166.3018*(X^3)) +(-217.77879*(X^4)))$

Sub índice de calidad Hidrocarburos totales de petróleo																				
	 $R^2 = 0,977$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de HTTP																			
Periodicidad	Anual																			
Cobertura geográfica	Bahía de paracas																			
Interpretación	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Escala</th><th>Subíndice</th><th>Rango</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Óptima</td><td>100-90</td><td>0.006</td></tr> <tr> <td>Adecuada</td><td>90-70</td><td>0.0065</td></tr> <tr> <td>Aceptable</td><td>70-50</td><td>0.007</td></tr> <tr> <td>Inadecuada</td><td>50-25</td><td>0.01</td></tr> <tr> <td>Pésima</td><td>25-0</td><td>0.1</td></tr> </tbody> </table>		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
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																		

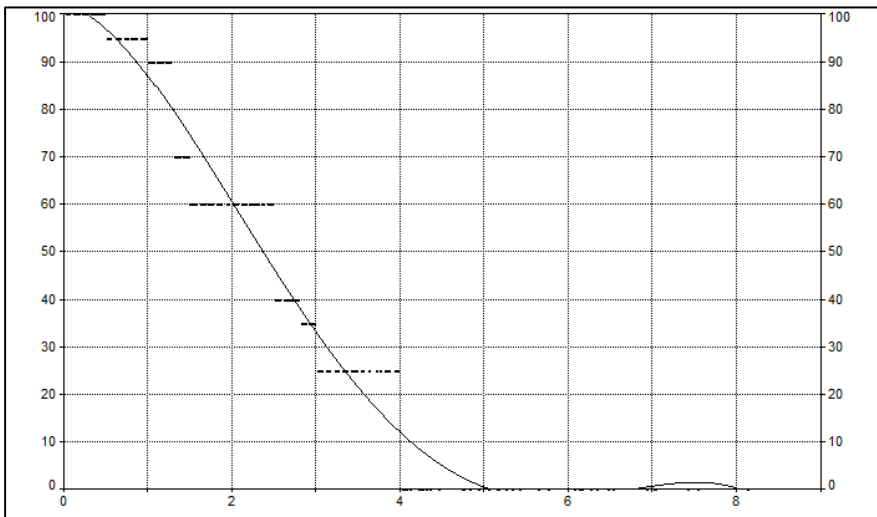
3.3.1.9. Coliformes termo tolerantes (CTT)

Sub índice de calidad Coliformes termotolerantes	
Definición	Indicador de contaminación orgánica y sanitaria. Valores >14 NMP/100 mL limitan la cosecha de moluscos bivalvos por riesgo sanitario (Smith, 2012). Los coliformes termo tolerantes son considerados un organismo indicador de contaminación fecal; están relacionados con el equilibrio de las necesidades de las ciudades costeras, la población y la salud. (Orozco et al., 2013; Orozco, 2014). La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que debe mantener el promedio en 30 NMP/100ml.

Sub índice de calidad Coliformes termotolerantes																			
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de Coliformes termo tolerantes																		
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $LnY = (4.5929831-0.0029254089*X)$  $R^2 =0,8287$ Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de Coliformes termo tolerantes																		
Periodicidad	Anual																		
Cobertura geográfica	Bahía de paracas																		
Interpretación	<table><tr><th>Escala</th><th>Subíndice</th><th>Rango</th></tr><tr><td>Óptima</td><td>100-90</td><td>< 2</td></tr><tr><td>Adecuada</td><td>90-70</td><td>14</td></tr><tr><td>Aceptable</td><td>70-50</td><td>30</td></tr><tr><td>Inadecuada</td><td>50-25</td><td>200</td></tr><tr><td>Pésima</td><td>25-0</td><td>1000</td></tr></table>	Escala	Subíndice	Rango	Óptima	100-90	< 2	Adecuada	90-70	14	Aceptable	70-50	30	Inadecuada	50-25	200	Pésima	25-0	1000
Escala	Subíndice	Rango																	
Óptima	100-90	< 2																	
Adecuada	90-70	14																	
Aceptable	70-50	30																	
Inadecuada	50-25	200																	
Pésima	25-0	1000																	

3.3.1.10. Temperatura

Sub índice de calidad Temperatura superficial del mar	
Definición	La temperatura superficial marina influye en la actividad metabólica, el crecimiento y la distribución de moluscos y cefalópodos. En octópodos (<i>Octopus mimus</i>), variaciones ≥ 2 °C pueden alterar sus ciclos reproductivos (Vaz-Pinto, 2016). La curva de función de este parámetro se elaboró tomando en cuenta el valor límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017, que

Sub índice de calidad Temperatura superficial del mar																			
	debe mantener el promedio de una variación de 3°C con respecto a la temperatura mensual promedio multianual.																		
Objetivo	Construcción de sub-índice de calidad con base al parámetro de TSM																		
Método de cálculo o formula	Ecuación en aguas marinas: $Y = 102.39885+(-4.7789233*X)+(-12.923759*(X^2))+(2.7440593*(X^3))+(-0.15666969*(X^4))$  R² =0,9687 Donde: Y = Es el valor obtenido del subíndice del parámetro de TSM																		
Periodicidad	Anual																		
Cobertura geográfica	Bahía de paracas																		
Interpretación	<table><tr><th>Escala</th><th>Subíndice</th><th>pH</th></tr><tr><td>Óptima</td><td>100-90</td><td>0 – 1</td></tr><tr><td>Adecuada</td><td>90-70</td><td>1 – 1.3</td></tr><tr><td>Aceptable</td><td>70-50</td><td>1.3 – 2.3</td></tr><tr><td>Inadecuada</td><td>50-25</td><td>2.3 – 3</td></tr><tr><td>Pésima</td><td>25-0</td><td>3 – 4</td></tr></table>	Escala	Subíndice	pH	Óptima	100-90	0 – 1	Adecuada	90-70	1 – 1.3	Aceptable	70-50	1.3 – 2.3	Inadecuada	50-25	2.3 – 3	Pésima	25-0	3 – 4
Escala	Subíndice	pH																	
Óptima	100-90	0 – 1																	
Adecuada	90-70	1 – 1.3																	
Aceptable	70-50	1.3 – 2.3																	
Inadecuada	50-25	2.3 – 3																	
Pésima	25-0	3 – 4																	

3.4. Determinación del ICAM

3.4.1. Sistematización de los datos para determinar el ICAM

Con base al método propuesto en el punto anterior, se realizó la sistematización de los sub índices, para ello se ordenó la data en sector – semestre, de la siguiente forma propuesta en las imágenes 1 y 2, por ejemplo.

Imagen 4. Sistematización de los datos de parámetros del primer semestre del año 2019 sector norte

AÑO	MES	DÍA	SECTOR	INSTITUCIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	CORDENADA ESTE X UTM	CORDENADA NORTE Y UTM	TIPO DE MUESTRA (AGUA:A o SEDIMENTO:S D)	PROFUNDIDAD (m) o Superficial (S)	TEMPERATURA	TMSM	VARIACION	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEM)	7. Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH (C10-C40) – GC/FID	Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)
2019	Marzo	21	NORTE	ANA	MBoc1	367787	8487035	agua	superficial	18.5	22.27	3.77	5.9	7.976	139	0.00009	0.04	0.99	1.99	0.00079	700
2019	Marzo	27	NORTE	IMARPE	1	365989.368489600.84	8487035	Agua	Superficial	25.3	22.27	3.03	7.67	8.48							
2019	Marzo	27	NORTE	IMARPE	4	364577.48483153.12	8487035	Agua	Superficial	20.5	22.27	1.77	5.57	8.39							
					PROMEDIO					21.43	22.27	2.86	6.38	8.28	139.00	0.00	0.04	0.99	1.99	0.00	700.00

Imagen 5. Sistematización de los datos de parámetros del primer semestre del año 2015 sector chaco

AÑO	MES	DÍA	SECTOR	INSTITUCIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	CORDENADA ESTE X UTM	CORDENADA NORTE Y UTM	TIPO DE MUESTRA (AGUA:A o SEDIMENTO:S D)	PROFUNDIDAD (m) o Superficial (S)	TEMPERATURA	TMSM	VARIACION	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEM)	7. Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH (C10-C40) – GC/FID	Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)
2015	Marzo	27	CHACO	ANA	Mpar1	365286	8471066	agua	superficial	22.02	22.27	0.25	1.26	8.03				0.009	1.99		1.79
2015	Marzo	3	CHACO	IMARPE	14	363382.928469786.45	8471066	Agua	Superficial	19.5	22.27	2.77	4.75	7.85							
2015	Marzo	3	CHACO	IMARPE	C	364733.028470561.73	8471066	Agua	Superficial	22.3	22.27	0.03	4.41	7.89							
2015	Marzo	19	CHACO	IMARPE	14	363382.928469786.45	8471066	Agua	Superficial	25.9	22.27	3.63	2.46	7.95							
2015	Marzo	19	CHACO	IMARPE	C	364733.028470561.73	8471066	Agua	Superficial	25.4	22.27	3.13	4.30	8.11							
2015	Marzo	31	CHACO	IMARPE	14	363382.928469786.45	8471066	Agua	Superficial	21.6	22.27	0.67	4.73	7.8							
2015	Marzo	31	CHACO	IMARPE	C	364733.028470561.73	8471066	Agua	Superficial	21.9	22.27	0.37	3.33	7.62							
					PROMEDIO					21.51		1.55	3.61	7.89				0.009	1.99		1.79

Se decidió por ordenar la información de la siguiente forma para poder determinar los subíndices con base al promedio como esta detallado en los gráficos presentes.

3.4.2. Aplicación para la determinación del subíndice

La determinación de los subíndices se basó en las fórmulas estipuladas en el punto 1.3.1., teniendo la base de datos ordenada se procedió a ejecutar las fórmulas a los promedios resueltos, tal como se detalla en la siguiente imagen.

Imagen 6. Determinación del sub índice con base a los promedios de un sector en determinado semestre

M35

✖

✓

f_x

=102.39885+(-4.7789233*M34)+(-12.923759*(M34^2))+(2.7440593*(M34^3))+(-0.15666969*(M34^4))

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
NOMBRE ESTACION	CORDENADA ESTE (UT)	CORDENADA NORTE (UT)	TIPO DE MUESTRA (AGUA: A SEDIMENTOS: B)	PROFUNDIDAD (m) Superficial (S)	TEMPERATURA	TSM	VARIACION	OZIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Acoitar y grasas (HE)	T.Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH (C14)	Concentración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	ICAM
12	363531	8473025.95	Agua	Superficial	18	19.13	1.13	4.33	7.84								
A-09	363161	8472323	Agua	Superficial	18.6	19.13	0.53	8.64	7.39	22.4	0.00008	0.019	0.99	1.99		1.79	
A-12	363135	8471347	Agua	Superficial	20.4	19.13	1.27	9.66	7.91	30.4	0.00008	0.018	0.99	1.99		1.79	
14	363382.92	8469786.45	Agua	Superficial	20.5	19.13	1.37	4.22	7.92								
C	364733.02	8470561.73	Agua	Superficial	21.2	19.13	2.07	2.43	7.83								
14	363382.92	8469786.45	Agua	Superficial	18.1	19.13	1.03	2.16	7.52								
C	364733.02	8470561.73	Agua	Superficial	21.4	19.13	2.27	2.20	7.54								
Mpar1	364974	8470545	agua	superficial	21.7	19.13	2.57	3.95	7.73				0.99	2.99	0.19	1.79	
PROMEDIO					19.75		1.34	4.51	7.72	26.40	0.0001	0.02	0.99	2.32	0.19	1.79	
SICAM (Xi)							78.78	60.08	76.44	53.61	46.3	77.36	69.19	57.62	2.98	98.3	620.62
Ponderacion (Yi)							0.13	0.10	0.12	0.09	0.07	0.12	0.11	0.09	0.00	0.16	1.00
ICAM [X _{ij} *w _i]							1.74	1.49	1.71	1.41	1.33	1.72	1.60	1.46	1.01	2.07	69.22

En la presente imagen observamos que se determina el subíndice de temperatura en función a lo que dicta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017 donde indica que el límite máximo permisible es hasta 3 ° C de variación con respecto al promedio multianual. Razón por la cual al promedio de la variación se aplicó la fórmula que se detalla en la parte superior de la imagen, la cual es la fórmula estipulada en el numeral 1.3.1.10.

3.4.3. Determinación de la ponderación

Para determinar la ponderación de cada sub índice se hizo de a siguiente manera; del ejemplo propuesta en el punto anterior, se ejecuta la sumatoria de los sub índices y se determina el peso porcentual de cada sub-índice con respecto al peso total.

Tabla 25. Sumatoria total de sub índices

Parámetro		Δ Temperatura	OD	PH	SST	Hg	Zn	Ac_Gr	DBO5	HTP	CTT	TOTAL
Sub índice		78.78	60.08	76.44	53.61	46.3	77.36	69.19	57.62	2.92	98.3	620.62

La ponderación se determinaría de la siguiente manera:

$$\text{peso de sub indice de Temperatura} = \frac{78.78}{620.62} = 0.13$$

Teniendo, los siguientes resultados de ponderación

Tabla 26. Determinación de los pesos porcentuales

Parámetro	ΔTemperatura	OD	PH					SST	Hg	Zn	Ac_Gr	DBO5	HTP	CTT	TOTAL
Sub índice	78.78	60.08	76.44					53.61	46.3	77.36	69.19	57.62	2.92	98.3	620.62
Ponderación	0.13	0.1	0.12					0.09	0.07	0.12	0.11	0.09	0	0.16	1

Cabe indicar que para cumplir con la metodología la sumatoria de los pesos porcentuales de los sub índices, debe ser igual a 1

3.4.4. Determinación del ICAM - PA

Ya habiendo determinado los pesos porcentuales de los subíndices se procede a aplicar la fórmula del método a utilizar en la plantilla de Excel, tal como se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen 7. Determinación de ICAM de cada sector por semestre

	TEMPERAT URA	TSM	VARIACION	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEP)	D.Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo - T (C10-C40)	Numeración de Coliformes Fecales (Termotoler)	ICAM
PROMEDIO	19.75	19.13	1.34	4.51	7.72	26.40	0.0001	0.02	0.99	2.32	0.19	1.79	
SICAM (Xi)			78.78	60.08	76.44	53.61	46.3	77.36	69.19	57.62	2.98	98.3	620.62
Ponderacion (Yi)			0.13	0.10	0.12	0.09	0.07	0.12	0.11	0.09	0.00	0.16	1.00
ICAM $[X_i]^{w_i}$			1.74	1.49	1.71	1.41	1.33	1.72	1.60	1.46	1.01	2.07	69.22

El valor de ICAM es de 69.22 el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$ICAM = 78.78^{0.13} * 60.08^{0.1} * 76.44^{0.12} * 53.61^{0.09} * 46.3^{0.07} * 77.36^{0.12} * 69.19^{0.11} * 57.62^{0.09} * 2.98^0 * 98.3^{0.16} = 69.22$$

La selección por sectores nos permite agrupar no solo datos, si no información de diferentes entes, no obstante, tenemos sectores que tienen un mínimo de 6 parámetros, pero es concordante con lo planteado por el ICAM de INVEMAR en donde postula que se puede aplicar la fórmula promedio geométrico ponderado con un mínimo de seis variables, siguiendo el mismo procedimiento de cálculo. Por lo que procedemos a comparar con un ejemplo que postulamos a continuación.

Imagen 8. Determinación de ICAM con 10 parámetros

	TEMPERAT URA	TSM	VARIACION	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEP)	T.Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo - T (C10-C40)	Numeración de Coliformes Fecales (Termotoler)	ICAM
PROMEDIO	18.62	18.07	0.91	4.92	7.68	11.67	0.00	0.00	1.30	3.60	0.00	1.70	
SICAM (Xi)			89.31	64.48	73.60	79.10	51.2	105.04	65.28	46.11	93.91	98.3	766.34
Ponderacion (Yi)			0.12	0.08	0.10	0.10	0.07	0.14	0.09	0.06	0.12	0.13	1.00
ICAM $\sum [X_i \cdot Y_i]$			1.69	1.42	1.51	1.57	1.30	1.89	1.43	1.26	1.74	1.80	79.09

Imagen 9. determinación de ICAM con 6 parámetros

	TEMPERAT URA	TSM	VARIACION	OXIGENO	pH	SST	Mercurio (Hg) total	Zinc (Zn) total	Aceites y grasas (HEP)	T.Demanda bioquímica en Oxígeno (DBO5)	Hidrocarburos Totales de Petróleo - T (C10-C40)	Numeración de Coliformes Fecales (Termotoler)	ICAM
PROMEDIO	18.62	18.07	0.91	4.92	7.68	11.67			1.30		0.00		
SICAM (Xi)			89.31	64.48	73.60	79.10			65.28		93.91		465.68
Ponderacion (Yi)			0.19	0.14	0.16	0.17			0.14		0.20		1.00
ICAM $\sum [X_i \cdot Y_i]$			2.37	1.78	1.97	2.10			1.80		2.50		78.41

En el presente ejemplo podemos visualizar que no hay diferencia significativa, en la determinación del ICAM del mismo sector en un determinado semestre, dado que para 10 parámetros obtuvimos 79.09 y con 6 parámetros 78.41

3.5. Resultados

3.5.1. Resultados ICAM zona Norte

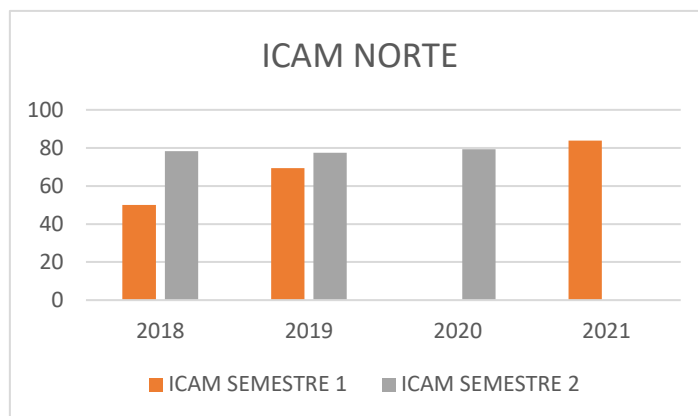
La zona norte tenemos toma de datos alcanzados entre los años 2018 al 2021, con un promedio general de 73, siendo la desembocadura del río Pisco esta zona su principal característica

Tabla 27. Valores ICAM zona Norte por Semestre - Año

AÑO	ICAM SEMESTRE 1	ICAM SEMESTRE 2
2018	49.99096034	78.25579434
2019	69.44115098	77.47858606
2020		79.27703558
2021	83.76583394	

Las celdas en blanco indican valor no obtenido por ausencia de datos de los parámetros seleccionados

Gráfico 31. ICAM – Zona Norte



3.5.2. Resultados zona centro

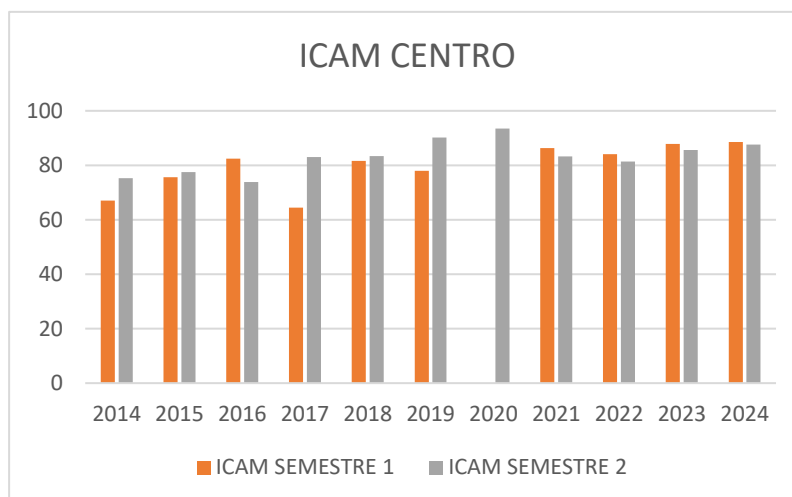
La zona centro, esta predominada por la presencia de establecimientos industriales, entre los sectores de hidrocarburos y pesqueros, teniendo como promedio de 78 en el valor de ICAM, con base en los datos alcanzados por las entidades de la jurisdicción.

Tabla 28. Valores ICAM zona Centro por Semestre - Año

AÑO	ICAM SEMESTRE 1	ICAM SEMESTRE 2
2014	67.07377586	75.25095847
2015	75.56387548	77.51665235
2016	82.45599057	73.85999382
2017	64.48710925	82.9748964
2018	81.63257286	83.35563284
2019	77.9742496	90.17994827
2020		93.48569998
2021	86.30543902	83.22241607
2022	84.04380316	81.35356047
2023	87.80761951	85.58721005
2024	88.59904255	87.5689968

Las celdas en blanco indican valor no obtenido por ausencia de datos de los parámetros seleccionados

Gráfico 32. ICAM – Zona Centro



3.5.3. Resultados zona Chaco

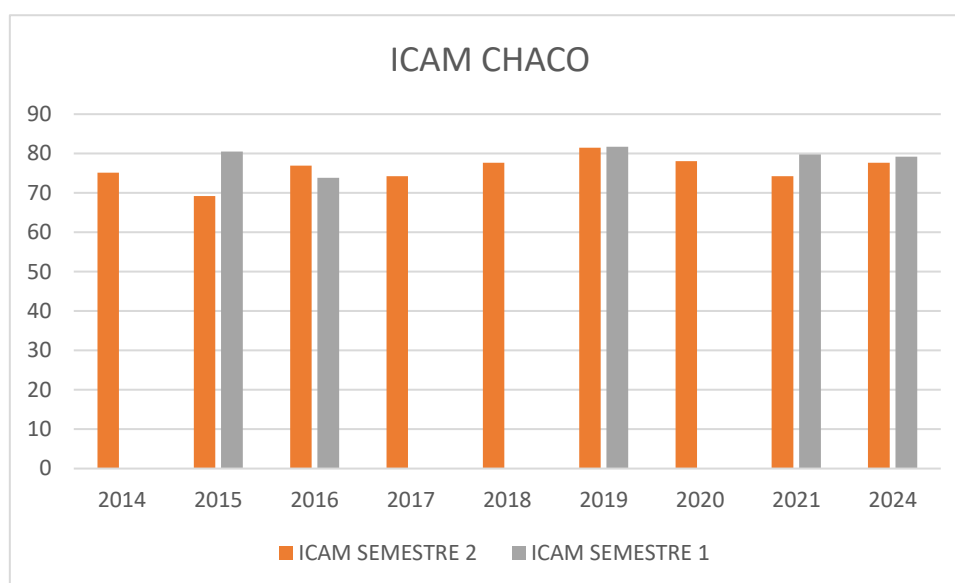
Esta zona, su actividad económica es la de turismo, por lo que tiene incidencia mayormente antropogénica, obteniendo un valor ICAM promedio de 77.13.

Tabla 29. Valores ICAM zona Chaco por Semestre - Año

AÑO	ICAM SEMESTRE 1	ICAM SEMESTRE 2
2014		75.12799623
2015	80.52905172	69.22065159
2016	73.81852034	76.92015635
2017		74.28236084
2018		77.64473529
2019	81.73375712	81.45939732
2020		78.07363746
2021	79.81201383	74.28236084
2024	79.20217546	77.64473529

Las celdas en blanco indican valor no obtenido por ausencia de datos de los parámetros seleccionados

Gráfico 33. ICAM – Zona Chaco



3.5.4. Resultados sector Puerto

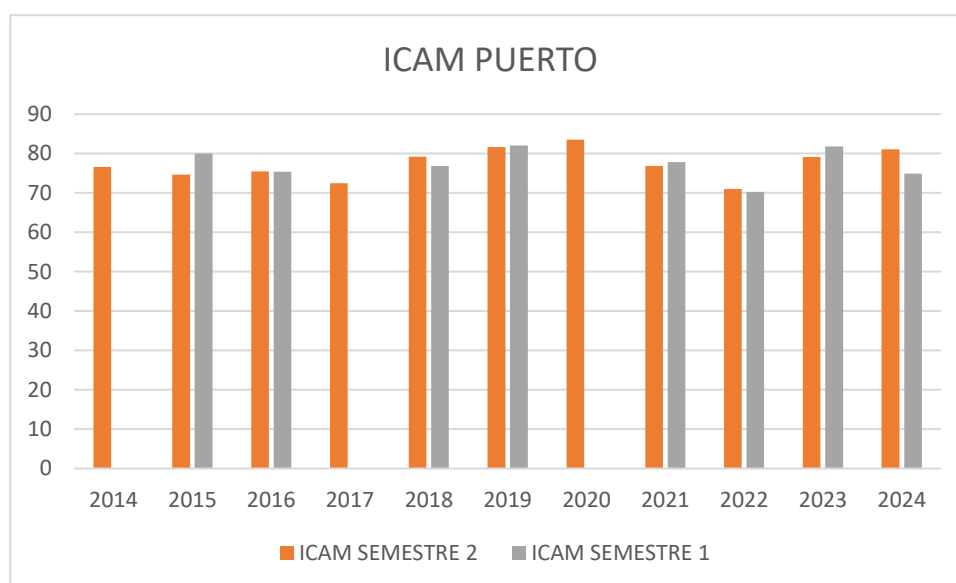
Las actividades económicas predominantes en esta zona son la de acuicultura y logística portuaria, pues en esta zona, se realiza el cultivo de concha de abanico en áreas concesionadas, además del embarque y desembarque de mercaderías, llegando a arribar embarcaciones de mayor calado. Teniendo como valor ICAM promedio de 77.40.

Tabla 30. Valores ICAM zona Puerto por Semestre - Año

AÑO	ICAM SEMESTRE 1	ICAM SEMESTRE 2
2014		76.62708743
2015	79.99849413	74.64413625
2016	75.40675662	75.44314774
2017		72.43058212
2018	76.8113484	79.21238848
2019	82.01955786	81.68852815
2020		83.52025915
2021	77.82219041	76.86369083
2022	70.26459929	71.03158384
2023	81.84954956	79.09424081
2024	74.90533994	81.09294811

Las celdas en blanco indican valor no obtenido por ausencia de datos de los parámetros seleccionados.

Gráfico 34. ICAM – Zona Puerto/Acuicultura



3.6. Evaluación estadística

Debido se basa en un muestreo no probabilístico no le aplica el cálculo de estimar los errores de muestreo, no obstante, se puede usar para describir diferencias entre los grupos formados por conveniencia, en este caso para determinar diferencias entre los sectores y diferencias entre los valores de ICAM, determinados a partir de 10, 9, 8, 7 y 6 parámetros.

3.6.1. Análisis Estadístico de Índices de Calidad Ambiental (ICAM) por Sectores

Objetivo 1: Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de ICAM de los cuatro sectores.

El conjunto de datos final contiene las siguientes características:

Característica	Valor
Total, de observaciones de ICAM	58
Número de sectores	4 (NORTE, CENTRO, CHACO, PUERTO)
Variable de interés	Índice de Calidad Ambiental (ICAM)
Distribución por sector	CENTRO: 21 PUERTO: 19 CHACO: 12 NORTE: 6

Nota Importante:

Los tamaños de muestra son desiguales entre sectores. El sector CENTRO presenta el mayor número de observaciones (21), mientras que el sector NORTE tiene el menor (6). Esta diferencia en los tamaños muestreables debe considerarse en la interpretación de resultados, ya que afecta el poder estadístico de las pruebas.

Se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (5%) para todas las pruebas estadísticas. Esto significa que consideramos un resultado como estadísticamente significativo cuando la probabilidad de que sea producto del azar es menor al 5%.

Antes de aplicar una prueba estadística, debemos verificar que los datos tengan una distribución normal o no.

3.6.1.1. Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Objetivo: Determinar si los datos de cada sector siguen una distribución normal.

Hipótesis:

- H_0 (hipótesis nula): Los datos siguen una distribución normal
- H_1 (hipótesis alternativa): Los datos NO siguen una distribución normal

Interpretación del p-valor:

- $p > 0.05$: NO rechazamos $H_0 \rightarrow$ Los datos son normales (se cumple el supuesto)
- $p < 0.05$: Rechazamos $H_0 \rightarrow$ Los datos NO son normales (no se cumple el supuesto)

Importancia: Si TODOS los grupos son normales, podemos usar pruebas paramétricas (ANOVA). Si al menos un grupo no es normal, debemos usar pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis).

De acuerdo al análisis hecho en R se obtuvo que:

Tabla 31. Prueba de normalidad por sectores

SECTOR	n	p_valor	Normal
CENTRO	21	0.3651	Sí ($p > 0.05$)
CHACO	12	0.4469	Sí ($p > 0.05$)
NORTE	6	0.6317	Sí ($p > 0.05$)
PUERTO/ACUICULTURA	19	0.6898	Sí ($p > 0.05$)

3.6.1.2. Prueba de Homogeneidad de Varianzas (Levene)

Para determinar si usamos ANOVA o Kruskal-Wallis para determinar la significancia queda aplicar la prueba de dispersión de Levene:

Objetivo: Determinar si las varianzas (dispersión) de los datos son similares entre sectores.

Hipótesis:

- H_0 : Las varianzas son iguales en todos los grupos
- H_1 : Al menos una varianza es diferente

Interpretación del p-valor:

- $p > 0.05$: Las varianzas son homogéneas (se cumple el supuesto)
- $p < 0.05$: Las varianzas NO son homogéneas (no se cumple el supuesto)

Importancia: Es uno de los supuestos clave de ANOVA. Si no se cumple, debemos considerar usar la prueba de Kruskal-Wallis o aplicar correcciones.

De acuerdo al análisis hecho en R se obtiene que:

p-valor > 0.05: Las varianzas son homogéneas (se cumple el supuesto)

Se utilizará ANOVA PARAMÉTRICA (se cumplen todos los supuestos)

Decisión sobre la Prueba Estadística

Evaluación de supuestos:

1. Normalidad en todos los grupos: ✓ Sí
2. Homogeneidad de varianzas: ✓ Sí

DECISIÓN: Se utilizará ANOVA PARAMÉTRICA

Razón: Se cumplen TODOS los supuestos necesarios para aplicar ANOVA.

3.6.1.3. Prueba ANOVA

¿Qué evalúa? Compara las medias de los cuatro sectores para determinar si al menos una es diferente.

Hipótesis:

- H_0 : Todas las medias son iguales ($\mu_{\text{CENTRO}} = \mu_{\text{CHACO}} = \mu_{\text{NORTE}} = \mu_{\text{PUERTO}}$)
- H_1 : Al menos una media es diferente

Revisar el Excel de ANOVA, interpretación:

Tabla 32. Valores de la prueba ANOVA

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
3	260.4724	86.82413	2.777477	0.049899
54	1688.044	31.26008		

F = 2.78

p-valor = 0.0499

✓ CONCLUSIÓN: p-valor < 0.05

EXISTEN diferencias estadísticamente significativas entre los ICAM de los cuatro sectores.

Dado que p = 0.0499 está justo por debajo del umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Al menos un sector tiene un ICAM significativamente diferente de los demás.

3.6.1.4. Pruebas Post-Hoc (Tukey HSD)

Como se encontraron diferencias significativas en ANOVA, se aplica la prueba de Tukey para identificar específicamente cuáles pares de sectores son diferentes. (Revisar el Excel Post-Hoc)

Tabla 33. Valores de pruebas Post-Hoc (Turkey HSD)

Comparacion	diff	lwr	upr	p adj	Significativo
CHACO-CENTRO	-4.124126174	-9.487536522	1.239284175	0.186892399	No
NORTE-CENTRO	-5.535343269	-12.39624084	1.325554302	0.154025386	No
PUERTO-CENTRO	-4.056940373	-8.749695296	0.635814549	0.112673151	No
NORTE-CHACO	-1.411217095	-8.821833448	5.999399257	0.957595957	No
PUERTO-CHACO	0.0671858	-5.397909625	5.532281225	0.999987402	No
PUERTO-NORTE	1.478402896	-5.462275235	8.419081026	0.942100062	No

Interpretación:

X Ninguna comparación por pares es estadísticamente significativa (todos los p-valores ajustados > 0.05)

¿Cómo es posible?

Esto ocurre porque:

ANOVA detecta una diferencia global entre los grupos ($p = 0.0499$)

Las pruebas post-hoc aplican correcciones más estrictas (Bonferroni) para comparaciones múltiples

El p-valor de ANOVA está muy cerca del límite (0.0499 vs 0.05)

Los tamaños de muestra desiguales reducen el poder estadístico de las comparaciones individuales

Conclusión práctica:

Aunque ANOVA indica que hay diferencias, las comparaciones por pares sugieren que estas diferencias son marginales y no lo suficientemente fuertes para identificar pares específicos de sectores que difieran significativamente entre sí.

3.6.2. Análisis Estadístico de Índices de Calidad Ambiental (ICAM) por número de indicadores

Objetivo 2: Evaluar si el número variable de indicadores utilizados para calcular el ICAM afecta los resultados y la validez de las comparaciones entre sectores.

Hallazgo Importante:

NO todas las observaciones de ICAM se calcularon con los mismos 10 indicadores. Algunas tienen 9, 8, 7 y 6 indicadores, de las 58 observaciones totales de ICAM:

Tabla 34. Variación de observaciones ICAM y parámetros

N° parámetros	frecuencia	%
6	2	3%
7	13	22%
8	5	9%
9	14	24%
10	24	41%
	58	100%

Conclusión: Solo una parte de las observaciones tienen los 10 indicadores completos. El resto tiene entre 6 y 9 indicadores.

Todos los sectores presentan inconsistencia metodológica. Ningún sector utilizó el mismo número de indicadores para todas sus observaciones.

Distribución Detallada por Sector

Tabla 35. Distribución de observaciones e indicadores por sector

SECTOR	n_obs	min_indicadores	max_indicadores	Consistente
CENTRO	21	7	10	No
CHACO	12	6	10	No
NORTE	6	8	10	No
PUERTO	19	6	10	No

Análisis de Correlación

Se calculó la correlación de Pearson en R entre el número de indicadores y el valor de ICAM:

Correlación de Pearson: -0.0991 (calculado en R)

Interpretación:

Si la correlación es cercana a 0 (menor a 0.3), indica una relación DÉBIL. Esto significaría que el número de indicadores tiene POCO efecto en el valor de ICAM.

Regresión Lineal

Para determinar si el efecto es estadísticamente significativo, se realizó una regresión lineal:

Pregunta: ¿El número de indicadores predice significativamente el valor de ICAM?

Resultados obtenidos:

p-valor del coeficiente = 0.045933

El número de indicadores NO afecta significativamente al ICAM ($p > 0.05$)

→ Esto significa que el ICAM es robusto ante la variabilidad en el número de indicadores.

→ Las comparaciones entre sectores son válidas incluso con diferentes números de indicadores.

✓ Los resultados del Objetivo 1 son confiables.

4. INFORME DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AMBIENTAL (PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN SIG) CON LOS RESULTADOS DEL EJERCICIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL, INCLUYE MANUAL DE USUARIO, ENTRE OTROS.

4.1. Visualización en sistema de información geográfica

La visualización de los resultados se llevó a cabo mediante el uso complementario de ArcGIS Pro y QGIS; este último seleccionado por su naturaleza de código abierto y alta accesibilidad. Metodológicamente, se generaron capas vectoriales (Shapefiles) para la delimitación espacial de los sectores, estructurando en sus respectivas tablas de atributos la integración de los parámetros fisicoquímicos monitoreados y los valores resultantes del Índice ICAM.

4.1.1. Procedimientos para la visualización en SIG

Para la visualización en un sistema de información geográfica se implementó, teniendo en cuenta los resultados obtenidos tanto como los parámetros en cada sector, el valor ICAM y la georreferenciación, por lo que el proceso fue, con base al Shapefile elaborado de la sectorización se acondiciono, una tabla de atributos por cada valor ICAM por semestre en cada sector, es decir para el semestre 1 del 2014 se elaboró una tabla de atributos donde se colocaron los valores promedio de los parámetros obtenidos y su valor ICAM, dicho tabla la presentamos a continuación.

FID	SHAPE	NOMBRE	TSM	OD	PH	SST	Hg	Zn	AC_GRA	DBO5	HTP	CTT	INDICE
	POLYGON	NORTE											
	POLYGON	CENTRO											
	POLYGON	CHACO											
	POLYGON	PUERTO											

Cuadro 4. Modelo de tabla de atributos ingresada

Siendo:

- TSM: Temperatura superficial del mar
- OD: Oxígeno disuelto
- PH: potencial hidrogeno
- SST: Solidos suspendidos totales
- Hg: Mercurio
- Zn: Zinc
- AC_GRA: Aceites y grasas
- DBO5: Demanda bioquímica de oxígeno
- HTP: Hidrocarburos totales de petróleo
- CTT: Coliformes termotolerantes
- INDICE: Índice de calidad ambiental

Imagen 10. Visualización de tabla de atributos en ArcGIS Pro

ICAM_1_2019														
Field:		Selection:												
	FID	Shape *	Nombre	TSM	OD	pH	SST	Mercurio	Zinc	Ac_gra	DBO5	HTP	CTT	Indice
1	0	Polygon	NORTE	21.43	6.38	8.28	139	0.0001	0.04	0.99	1.99	0.0008	700	69.44
2	1	Polygon	CENTRO	23.45	9.42	8.26	7.33	0	0	1.13	1.9	0.04	0	75.87
3	2	Polygon	PUERTO - ACUICULTURA	20.22	6.37	8.05	1.99	0.0001	0.01	0.99	1.99	0.0008	1.79	82.02
4	3	Polygon	CHACO	21.8	4.35	7.95	1.99	0.0001	0.01	0.99	1.99	0.0008	1.79	81.73

Una vez ingresado los datos, se procedió a implementar simbología en cada polígono del Shapefile, colocando etiquetas (label) en cada polígono; dichas etiquetas corresponden a los valores de índice y la simbología, con la opción de color graduado, en relación al color de la escala para los valores de ICAM

Imagen 11. Simbología de SHP en ArcGIS Pro

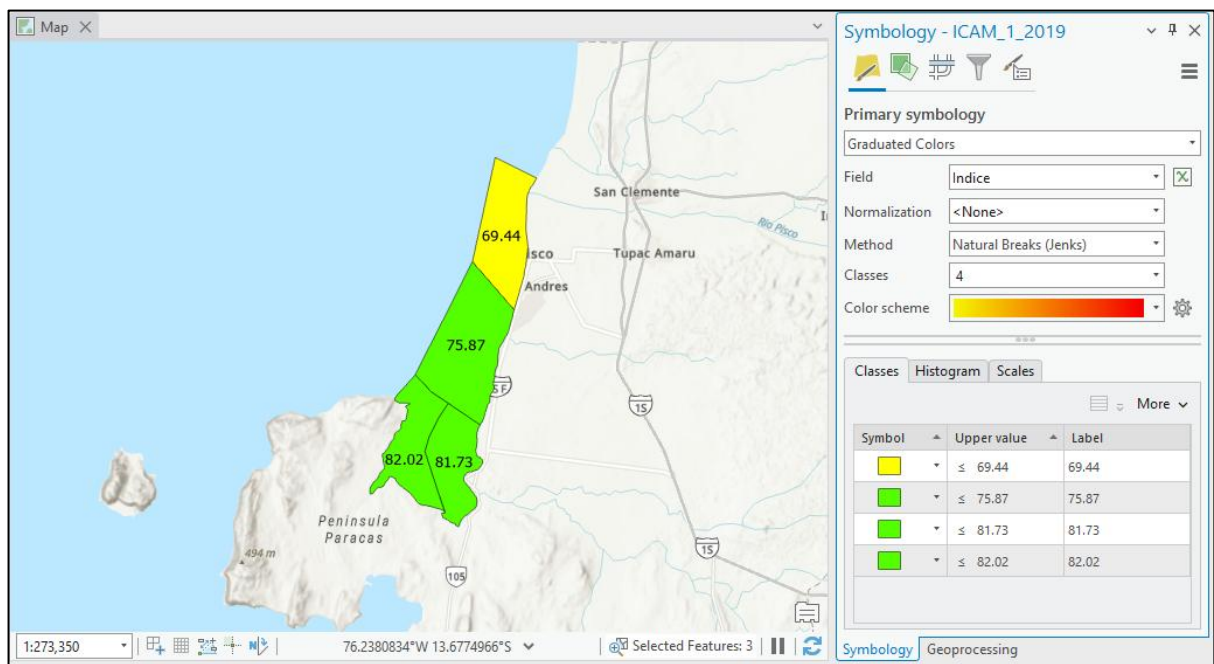
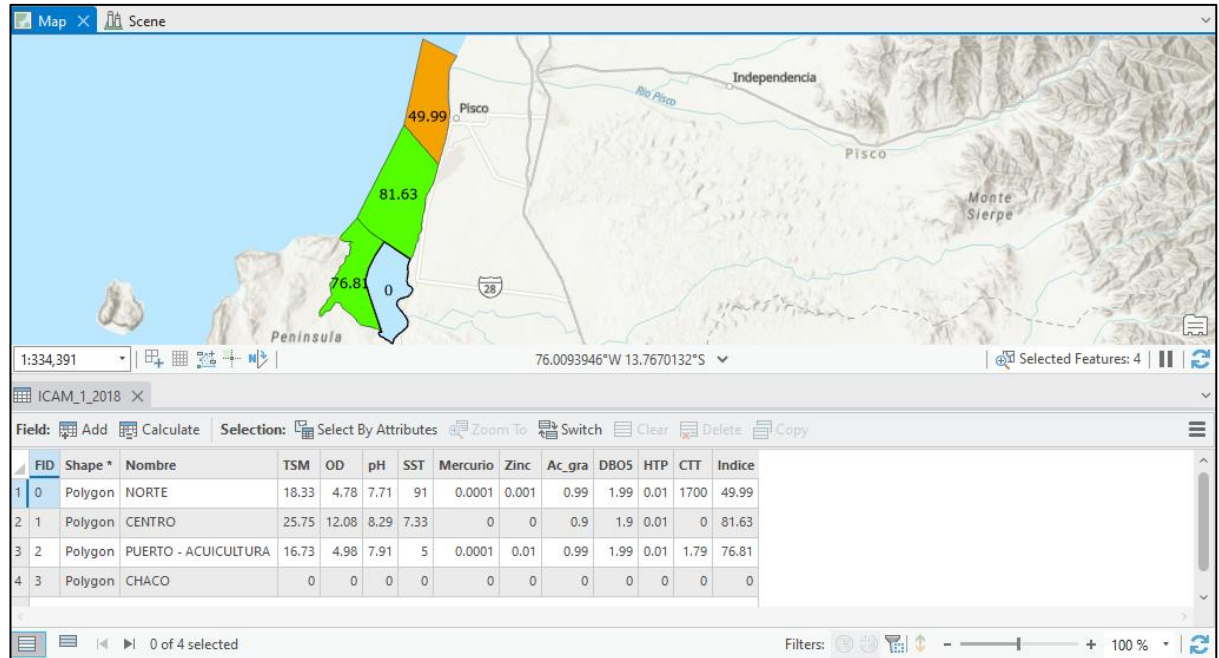


Imagen 12. Simbología de SHP con su tabla de atributos en ArcGIS Pro



La simbología nos ayuda a visualizar el índice de calidad ambiental, en nuestro estudio de cada sector de la bahía, la coloración como se menciona es en función a la escala propuesta en la metodología la cual va de 0 a 100, además nos ayuda a la selección de índices con calidad inadecuada o pésima y realizar el análisis respectivo con la información sistematizada y analizada.

Imagen 13. Interpretación de resultado de índice de calidad ambiental inadecuado en

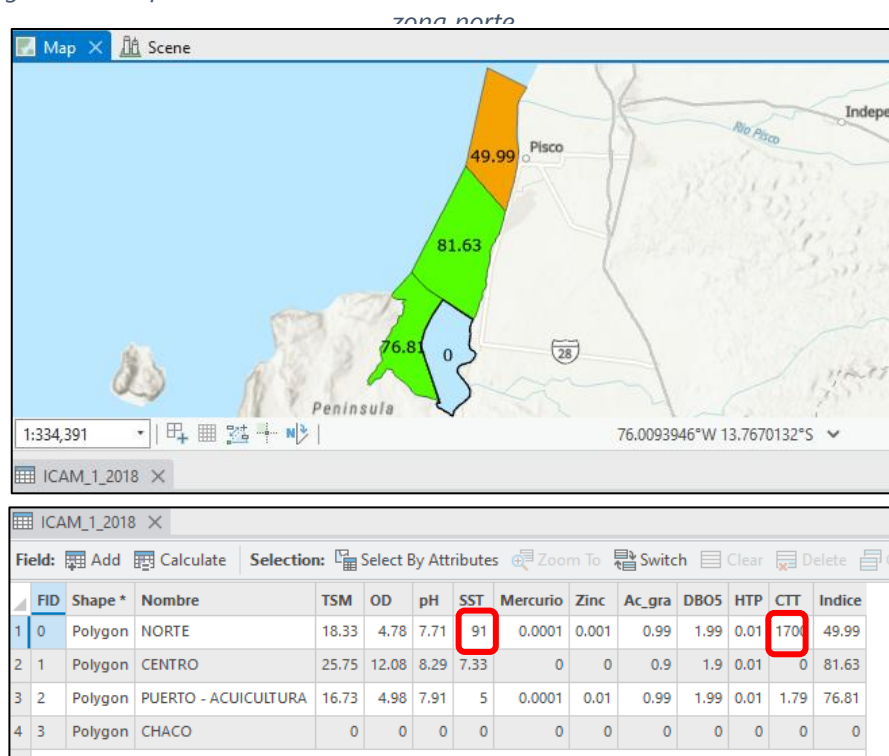


Gráfico 36. Variaciones de CTT entre el 2014 al 2024

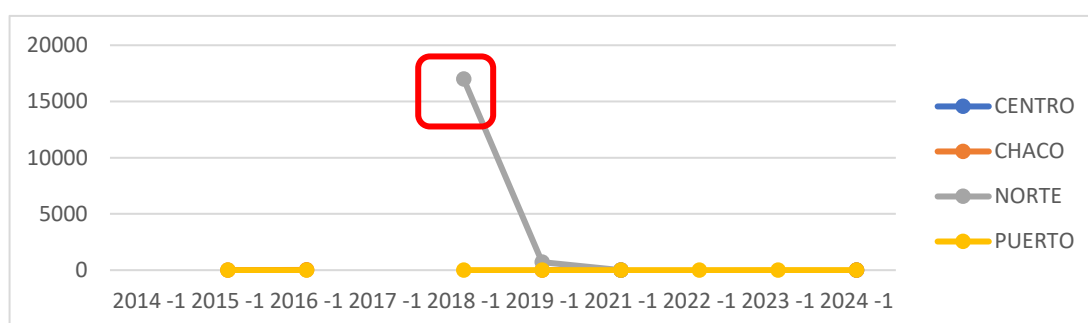
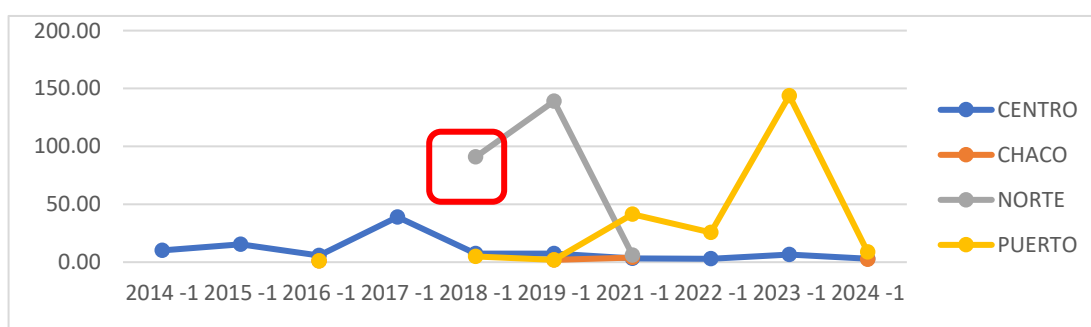


Gráfico 35. Variaciones de SST entre 2014 al 2024



Como podemos observar en la zona norte se obtuvo un índice de calidad ambiental de 49.99, el cual según la metodología propuesta es de la categoría de inadecuado, y este valor es influenciado por los parámetros de coliformes termo tolerantes, el cual reporto un valor de 1700 UFC/100ml y en cuanto solidos suspendidos totales de 91, además de la variación de temperatura con respecto al promedio multianual de 3.4 el cual supera el límite máximo permisible, según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) 2017.

Cabe indicar que la zona norte es donde sucede la desembocadura del rio pisco, por ende, los parámetros mencionados son influenciados por las condiciones de las aguas que desembocan en ese sector de mar, las cuales vienen afectadas por actividades antropogénicas de la ciudad de pisco, así como de todo el recorrido de su cuenca.

2.2.2 Publicación de los servicios de mapas

Para la publicación de los servicios de mapas, se llevó a cabo un análisis de viabilidad técnica y financiera, optándose por la implementación en QGIS Cloud. Esta decisión estratégica respondió a criterios de sostenibilidad a largo plazo, permitiendo una gestión autónoma y de bajo costo operativo, independiente de licencias comerciales recurrentes.

La imagen N° X muestra el proceso, independientemente de la creación de los shapes, la publicación en QGIS Cloud, donde se tiene una cuenta libre, con posibilidad de compartir su acceso.

Imagen 14. Flujo de procesamiento de datos: Desde la estructuración tabular en Excel hasta el despliegue en la nube.



El flujo de trabajo técnico para el despliegue de la plataforma siguió una secuencia estructurada de cuatro etapas, como se detalla en la **Imagen N° X**:

1. **Estructuración de Datos:** El proceso inició con la sistematización de la información de campo en **plantillas de cálculo (Excel)**, asegurando la calidad y coherencia de los atributos antes de su procesamiento espacial.
2. **Vectorización y Diseño:** La data tabular fue migrada y convertida a entidades vectoriales (*Shapefiles*), las cuales fueron importadas al entorno de escritorio QGIS. En esta etapa se definieron las reglas de simbología, etiquetado y escalas de visualización.
3. **Configuración del Complemento (Plugin):** Para la conexión con la nube, se instaló y configuró el complemento específico "**QGIS Cloud Plugin**" dentro de la interfaz de escritorio. Esto permitió vincular el proyecto local con una cuenta de usuario gratuita previamente creada, estableciendo un puente directo para la transferencia de datos.

4. **Publicación y Despliegue:** Finalmente, se ejecutó la carga de la base de datos local hacia el servidor remoto. El sistema generó automáticamente los servicios de mapas web (WMS) y proporcionó una **URL pública**, habilitando el acceso remoto y compartido al visor geográfico sin necesidad de infraestructura de servidores propia.

Una vez desplegado el servicio en QGIS Cloud, se obtuvo una interfaz web interactiva que centraliza la información histórica y espacial de la Bahía de Paracas. Como se aprecia en la Imagen N° [Y], la plataforma dispone de un panel de control de capas (*Layers & Legend*) ubicado en el margen derecho, el cual estructura la información de manera jerárquica:

1. **Organización Temporal:** La base de datos ha sido segregada sistemáticamente por periodos anuales y semestrales (ej. *ICAM_1_2018*, *ICAM_2_2020*), permitiendo al usuario activar o desactivar capas específicas para realizar comparaciones evolutivas del estado ambiental entre diferentes años.
2. **Información Temática Complementaria:** Además de los índices de calidad, la plataforma integra capas de gestión territorial crítica, tales como "Derechos Acuícolas", "Áreas Habilitadas" y la ubicación de las "Estaciones de Monitoreo", facilitando un análisis integral del ecosistema.

Análisis Visual de Tendencias (Simbología) La visualización implementa una simbología graduada por colores que representa el valor del Índice de Calidad Ambiental (ICA) para cada sector.

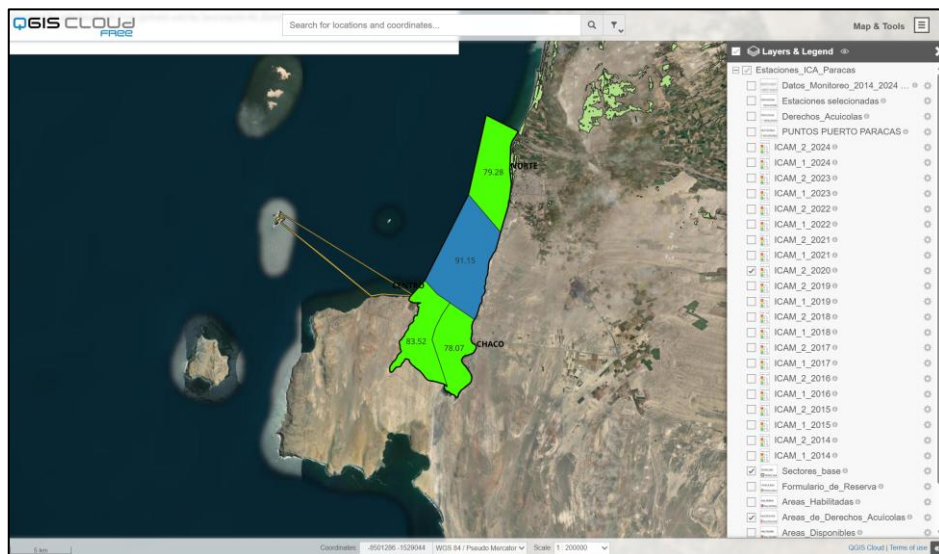
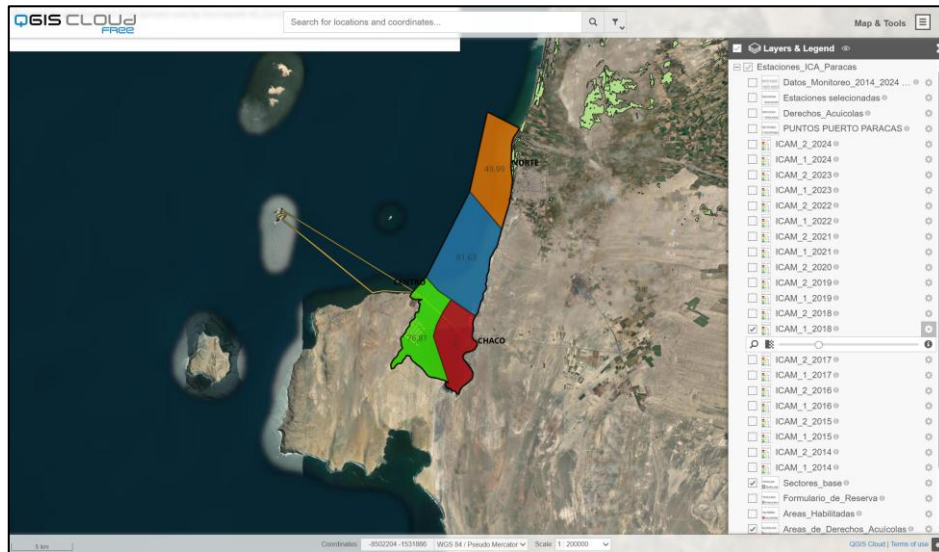
- En la vista superior de la **Imagen N° [Y]** (correspondiente al periodo 2018-1), se observan sectores con coloración rojiza y naranja, indicando valores críticos o de ausencia de datos en la zona "Chaco" y "Norte".
- En contraste, la vista inferior (periodo 2020-2) muestra una predominancia de tonos verdes y azules, reflejando una variabilidad en las condiciones ambientales que el gestor puede identificar visualmente de manera inmediata.

Esta capacidad de conmutación entre capas históricas valida la funcionalidad de la herramienta como un sistema de soporte para la toma de decisiones, cumpliendo con el objetivo de monitorear la evolución de la calidad ambiental en el tiempo.

Link de acceso:

https://qgiscloud.com/RicardoJimenez/Estaciones_ICA_Paracas/?l=Datos_Monitoreo_2014_2024%20E2%80%94%20matriz_actualizada_al_010126!%2CEstaciones%20seleccionadas!%2CDerechos_Acuicolas!%2C%20PUNTOS%20PUERTO%20PARACAS!%2CICAM_2_2024%5B45%5D%2CICAM_1_2024!%2CICAM_2_2023!%2CICAM_1_2023!%2CICAM_2_2022!%2CICAM_1_2022!%2CICAM_2_2021!%2CICAM_1_2021!%2CICAM_2_2020!%2CICAM_2_2019!%2CICAM_1_2019!%2CICAM_2_2018!%2CICAM_1_2018!%2CICAM_2_2017!%2CICAM_1_2017!%2CICAM_2_2016!%2CICAM_1_2016!%2CICAM_2_2015!%2CICAM_1_2015!%2CICAM_2_2014!%2CICAM_1_2014!%2CSectores_base%2CFormulario_de_Reserva!%2CAreas_Habilitadas!%2CAreas_de_Derechos_Acu%C3%ADcolas%2CAreas_Disponibles!%2CPoligono%20Ruta%20Turistica%2CBD_humedales_F%2CSatellite&bl=mapnik&t=Estaciones_ICA_Paracas&e=-8505329%2C-1562040%2C-8473664%2C-1543603

Imagen 15. Interfaz de usuario de QGIS Cloud. Comparativa visual que muestra la evolución del ICA entre el primer semestre de 2018 (arriba) y el segundo semestre de 2020 (abajo), destacando el panel de gestión de capas históricas.



4.2. Propuesta de Manual de Usuario

Se recogió los aportes en el taller del 20 de enero por parte de los especialistas y se ha sugerido la preparación de dos tipos de manuales. Un manual técnico que detalle el proceso metodológico de obtención del índice de Calidad Ambiental (ICA Paracas) y otro manual para usuarios gestores donde se grafique como se ingresa a la plataforma de servicios de visualización de mapas y se visualice el ICA Paracas y su simbología a Colores en los diferentes años y zonas.

A continuación, se presentan el índice de los dos manuales que serán desarrollados después del último consenso de la forma de presentación del ICA Paracas (4to producto). Pudiendo estar sujeto a modificaciones.

Manual Técnico - Metodológico

Dirigido a: Especialistas de IMARPE, MINAM y Administradores del Sistema.

Objetivo: Garantizar la replicabilidad del cálculo del ICA y el mantenimiento de la base de datos espacial.

Índice Propuesto:

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO

- 1.1. Objetivos del Índice de Calidad Ambiental (ICA) para la Bahía de Paracas.
- 1.2. Marco Legal: ECAs (Estándares de Calidad Ambiental) y normativa vigente.
- 1.3. Ámbito de estudio: Definición de Sectores y Estaciones de Monitoreo.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL ICA

- 2.1. Selección de Parámetros Físicoquímicos (Oxígeno, Coliformes, T°, etc.).
- 2.2. Estandarización de Datos y Control de Calidad (QA/QC).
- 2.3. Algoritmo de Cálculo:
 - *Fórmulas y Ecuaciones empleadas.*
 - *Ponderación de variables.*
 - *Rangos de clasificación (Pésimo, Malo, Regular, Bueno, Excelente).*

3. PROCESAMIENTO ESPACIAL (SIG)

- 3.1. Flujo de Trabajo en Gabinete: De Excel a SIG.
- 3.2. Georreferenciación de Estaciones.
- 3.3. Creación y Edición de Shapefiles (Polígonos y Puntos).
- 3.4. Gestión de Tablas de Atributos: Vinculación de datos temporales (Semestres/Años).

4. ADMINISTRACIÓN DE LA PLATAFORMA WEB

- 4.1. Arquitectura del Sistema (QGIS Cloud / ArcGIS Online).
- 4.2. Protocolo de Actualización de Datos:
 - *Cómo cargar nuevos monitoreos (Ingesta de nuevos CSV).*

- *Publicación y refresco de servicios WMS.*
- 4.3. Solución de problemas frecuentes (Troubleshooting).

5. ANEXOS TÉCNICOS

- 5.1. Diccionario de Datos (Metadatos).
- 5.2. Scripts de automatización (si aplica).

Manual de Usuario - Gestión y Visualización

Dirigido a: Funcionarios Municipales, Fiscalizadores, Tomadores de Decisiones y Público General.

Objetivo: Facilitar la navegación, interpretación visual y descarga de reportes sin requerir conocimientos previos de SIG.

Índice Propuesto:

1. ACCESO A LA PLATAFORMA

- 1.1. Requisitos del sistema (Navegadores compatibles).
- 1.2. Ingreso al Visor Web: URL y Credenciales (si aplica).
- 1.3. Descripción de la Interfaz: ¿Qué es cada botón? (Mapa, Leyenda, Herramientas).

2. NAVEGACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

- 2.1. Uso de herramientas básicas: Zoom, Desplazamiento y Búsqueda.
- 2.2. Gestión de Capas (Layers):
 - *Cómo activar/desactivar años y semestres (2018-2024).*
 - *Cómo visualizar capas complementarias (Derechos acuícolas, Zonas de pesca).*
- 2.3. Uso de la Línea de Tiempo (Time Slider) para ver la evolución histórica.

3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (EL SEMÁFORO AMBIENTAL)

- 3.1. Lectura de la Simbología:
 - *¿Qué significa el color Rojo (Pésimo)?*
 - *¿Qué significa el color Verde (Bueno)?*
 - *¿Qué significa el color Azul (Excelente)?*
- 3.2. Consultas Interactivas (Pop-ups):
 - *Cómo ver la ficha técnica al hacer clic en un sector.*
 - *Lectura de gráficos emergentes.*

4. GENERACIÓN DE REPORTES Y DESCARGAS

- 4.1. Cómo imprimir el mapa actual en PDF.
- 4.2. Cómo exportar capturas de imagen para informes oficiales.
- 4.3. Uso de filtros para reportes específicos (ej. "Solo Sector Norte").

5. GLOSARIO BÁSICO

- 5.1. Definición de términos clave para no expertos.

2) INFORME DE TALLER DE CAPACITACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DEFINIDO PARA LA BAHÍA DE PARACAS, INCLUIDO EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AMBIENTAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA BAHÍA DE PARACAS (PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN SIG).

En el marco de la ejecución del Proyecto Binacional Chile-Perú "Humboldt II", el pasado **20 de enero de 2026** se llevó a cabo el Taller de Capacitación Técnica en el auditorio del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), sede Callao. La sesión, titulada *"Implementación del Índice de Calidad Ambiental y la plataforma SIG de la Bahía de Paracas – Pisco"*, tuvo como objetivo central fortalecer las capacidades institucionales y generar insumos críticos para la toma de decisiones en la gestión integrada del espacio marino-costero.

Desarrollo de la Sesión y Participación Multisectorial La jornada contó con la participación activa de especialistas de la Dirección de Conservación y Calidad Ambiental del **MINAM**, investigadores científicos del **IMARPE**, representantes del **PNUD** y el equipo técnico de **Terra Nuova**. Durante el taller, se presentó el avance metodológico de la consultoría, abordando desde la estructuración de la base de datos y el marco teórico del ICA, hasta la demostración operativa de la plataforma de visualización SIG.

Discusión Técnica y Aportes Metodológicos El intercambio técnico derivó en observaciones sustanciales para optimizar la robustez científica y la utilidad de la herramienta:

- **Enfoque Oceanográfico y Espacial:** Los especialistas del IMARPE recomendaron ajustar la resolución temporal del análisis, transitando hacia un **enfoque estacional** que permita diferenciar las condiciones estacionales (meses cálidos vs. meses fríos). Así mismo, sugirieron evaluar la factibilidad de calcular el ICA a nivel de **microzonas o puntos específicos** (estaciones) en áreas con suficiente representatividad estadística (mínimo 6 puntos), en lugar de limitarse a sectores muy amplios.
- **Estrategia de Visualización:** Desde el MINAM, se validó la propuesta de representación espacial, recomendando evaluar el uso de **mapas de calor** para visualizar los parámetros individuales de calidad de agua, facilitando así la identificación de zonas de deterioro o recuperación.
- **Sostenibilidad y Gobernanza:** El PNUD enfatizó la importancia de la sostenibilidad financiera y normativa del sistema. Se propuso vincular el ICA a los **Programas Presupuestales (PPR)** y formalizar su uso a través de mecanismos de gobernanza local como la Comisión Ambiental Municipal (CAM) o el Comité de Gestión de la Zona Marino Costera.

Se adjunta en anexos el acta de la reunión.

NOTA: Los aportes dados en el Taller serán evaluados para su presentación en el Cuarto producto.

3) PROPUESTA DE MECANISMO QUE FORMALICE EL USO DE LA INFORMACIÓN RESULTANTE DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA BAHÍA DE PARACAS, PARA LA GESTIÓN DE LA BAHÍA DE PARACAS POR PARTE DE LOS ACTORES CLAVES.

A continuación, se presentan tres alternativas para formalizar el uso del Índice de Calidad Ambiental (ICA) en la Bahía de Paracas, dando al final una recomendación de la más adecuada de acuerdo a su factibilidad y estrategia de sostenibilidad. Previo a las alternativas de gobernanza, es importante establecer estrategias transversales, es decir líneas de acción a considerar entre los actores, y procesos, que aseguren el uso permanente del ICA-Paracas. Así tenemos:

1. Estandarización y Homologación de Protocolos

El análisis de la data muestra fuentes diversas (IMARPE, ANA, Pluspetrol, SANIPES) con metodologías distintas. Para que el ICA sea sostenible, se debe firmar un Protocolo único donde las instituciones proveedoras de información (empresas privadas y públicas) midan bajo los mismos estándares y en las mismas estaciones clave establecidas. Ello puede ser superado ya que la información proviene de instituciones reconocidas y supervisadas en su monitoreo y protocolos, lo que asegura la validez de la información proporcionada.

2. Protección Normativa Local (Ordenanza)

Aprovechar la Ordenanza N° 021-2022-MPP que actualiza la Comisión Ambiental Municipal (CAM) de Pisco. Se debe proponer una Ordenanza específica que declare el ICA como "Instrumento Oficial de Vigilancia de la Bahía", obligando a su reporte semestral ante el Concejo Municipal.

3. Monitoreo Participativo con Pescadores (proceso sugerido a mediano plazo)

De manera complementaria y a modo de sugerencia para cubrir las brechas de data (como las observadas en los años 2022-2023 en el sector Norte), se debe capacitar a las asociaciones de pescadores artesanales para la toma de muestras simples o vigilancia, integrándolos no solo como usuarios, sino como generadores de datos, aumentando la legitimidad social del índice.

Alternativa 1: Institucionalización Centralizada (Liderazgo IMARPE-MINAM)

Enfoque: Normativo y de alto nivel técnico, asegurando validez científica oficial.

- **Mecanismo:** Creación del "**Sub-módulo de Información de la Bahía de Paracas**" integrado al SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental), alimentado oficialmente por IMARPE.
- **Acceso a la información:** Portal web público gestionado por IMARPE/MINAM, con acceso diferenciado (técnico vs. ciudadano).
- **Manejo de la información:**
 - **IMARPE:** Valida científicamente la data y calcula el ICA semestralmente (siguiendo la metodología de análisis de componentes principales propuesta).
 - **MINAM (DGOTA):** Administra la plataforma y emite las alertas oficiales.
- **Uso de la información por actores:**
 - **Fiscalizadores (OEFA/DICAPI):** Para dirigir operativos sancionadores.
 - **Industria:** Para cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y certificaciones.
- **Capacidad Logística:** Presupuesto ordinario de IMARPE y MINAM. Se requiere convenio específico para asegurar partidas anuales fijas para los reactivos de laboratorio. También puede cada institución asegurar la ejecución del monitoreo programando los puntos requeridos en su programación anual.

- **Coordinación: Mesa Técnica Nacional.**
 - *Reunión Semestral:* Presentación del "Reporte de Estado de la Bahía" en Lima y Pisco, presidida por el Viceministerio de Gestión Ambiental (por ejemplo).

Alternativa 2: Gobernanza Local Descentralizada (Liderazgo CAM Pisco)

Enfoque: *Emponderación local y gestión territorial, vinculado al Plan de Manejo Integrado (PMIZMC).*

- **Mecanismo:** Creación del "**Grupo Técnico de Vigilancia de la Bahía (GTV-Bahía)**" como un grupo de trabajo permanente dentro de la Comisión Ambiental Municipal (CAM) de Pisco, amparado en la Ordenanza 021-2022.
- **Acceso a la información:** "Boletín del Semáforo de la Bahía" (físico y digital) difundido por la Municipalidad Provincial de Pisco y Distrital de Paracas.
- **Manejo de la información:**
 - **Secretaría Técnica de la CAM (Gerencia de Servicios a la Ciudad):** Recopila los reportes de las empresas y de IMARPE.
 - **IMARPE (Sede Pisco):** Asesor técnico que interpreta los datos para los funcionarios municipales.
- **Uso de la información por actores:**
 - *Municipio:* Para zonificación, licencias de funcionamiento y gestión de playas turísticas (Banderas azules).
 - *Turismo:* Para marketing de "Bahía Saludable".
- **Capacidad Logística:** Compartida. La Municipalidad pone el local y personal administrativo; las empresas locales (mediante RSE) financian los muestreos puntuales que falten.
- **Coordinación: Sesión Ampliada de la CAM.**
 - *Reunión Semestral:* "Audencia Pública Ambiental de la Bahía" (por ejemplo) donde se expone el ICA ante la sociedad civil y gremios de pescadores.

Alternativa 3: Modelo Colaborativo Público-Privado (Fideicomiso/Comité de Gestión)

Enfoque: *Sostenibilidad financiera y responsabilidad compartida.*

- **Mecanismo:** Establecimiento del "**Observatorio Multiactor de la Bahía de Paracas**", formalizado mediante un Convenio de cooperación interinstitucional entre el Estado (IMARPE/MINAM), Privados (Pluspetrol, TPdP) y Academia/Sociedad Civil (Por ejemplo).
- **Acceso a la información:** Dashboard interactivo en tiempo real (o actualización trimestral) alojado en un servidor neutral (ej. Municipalidad Provincial de Pisco).
- **Manejo de la información:**
 - **Comité Científico Mixto:** Representantes técnicos de las empresas y de IMARPE revisan la data antes de publicarla para evitar conflictos.
 - **Secretaría Rotativa:** Anualmente un actor diferente lidera la gestión administrativa.
- **Uso de la información por actores:**
 - *Maricultura (Sanipes/Pescadores):* Alertas tempranas para cosecha o veda ante cambios en el ICA (ej. floraciones algales).
 - *Empresas:* Reportes de Sostenibilidad y prevención de conflictos sociales.

- **Capacidad Logística: Fondo Fiduciario o "Bolsa Común".** Las empresas aportan al fondo para contratar un laboratorio tercero certificado (INACAL) que realice el monitoreo, bajo supervisión de IMARPE. Esto soluciona la falta de presupuesto estatal o brechas temporales.
- **Coordinación: Foro de Sostenibilidad de Paracas.**
 - *Reunión Semestral:* Taller de trabajo donde se definen acciones correctivas inmediatas (ej. limpiezas de fondo, revisión de emisores) basadas en los resultados del ICA.

Selección de alternativa (Sugerida)

Resumen comparativo de las 3 alternativas

A continuación, se muestra una comparación de las 3 alternativas y la sugerencia de selección propuesta.

Cuadro 5. Comparación de las 3 alternativas de mecanismo de formalización del uso del ICA

Característica	Alt 1: Institucional (IMARPE/MINAM)	Alt 2: Local (CAM Pisco)	Alt 3: Colaborativa (Mixta)
Poder de decisión	Centralizado (Lima)	Local (Municipalidad)	Consensuado (Mesa Técnica)
Sostenibilidad Financiera	Depende de presupuesto público	Baja (Depende de voluntad política)	Alta (Aporte privado/Fondo)
Legitimidad Social	Media (Técnica)	Alta (Participativa)	Alta (Sectorial/Productiva)
Velocidad de Respuesta	Lenta (Burocrática)	Media	Rápida (Interés productivo)

Dado que ya existe un Plan de Manejo Integrado de la ZMC y una CAM activa, la Alternativa 3 (Modelo Colaborativo) vinculada legalmente a la CAM (Alternativa 2) sería la más viable. Permitiendo usar los recursos privados para la logística (muestreo) pero mantiene la gobernanza pública a través de la Comisión Ambiental Municipal.

Propuesta de Implementación: Sistema Colaborativo de Vigilancia Ambiental de la Bahía de Paracas (SIVA-Paracas)

1. Marco institucional y legal

Para asegurar que la propuesta sea vinculante y no dependa únicamente de la buena voluntad, el mecanismo se debe de vincular legalmente en la estructura existente de la provincia.

- **Entidad Rectora:** Comisión Ambiental Municipal (CAM) de la Provincia de Pisco.
- **Base Legal:** Ordenanza Municipal N° 021-2022-MPP (que actualiza el Sistema Local de Gestión Ambiental).
- **Figura Administrativa:** Creación del "**Grupo Técnico de Vigilancia de la Bahía (GTV-Bahía)**". Según la Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, las CAM pueden crear grupos técnicos especializados para abordar problemas específicos.

2. Estructura operativa del mecanismo (GTV-Bahía)

El GTV-Bahía será el órgano ejecutor del ICA y estará conformado por tres estamentos con roles diferenciados para asegurar el "Balance de Poderes":

A. Estamento Científico (Validación y Cálculo)

- **Líder:** IMARPE (Laboratorio Costero de Pisco).
- **Miembros:** ANA (Autoridad Nacional del Agua), SANIPES.
- **Función:** No deciden políticas, sino que garantizan la *veracidad* del dato. Son los únicos autorizados para calcular el ICA final usando los algoritmos definidos.

B. Estamento de Gestión (Decisión y Difusión)

- **Líder:** Municipalidad Provincial de Pisco (Gerencia de Servicios a la Ciudad/Medio Ambiente) y Municipalidad Distrital de Paracas.
- **Apoyo:** MINAM (Dirección General de Calidad Ambiental - DGOTA).
- **Función:** Reciben el reporte técnico y lo traducen en actos administrativos (ordenanzas, alertas, banderas en playas).

C. Estamento Logístico (Soporte y Financiamiento)

- **Miembros:** Sector Privado (Pluspetrol, Terminal Portuario Paracas, APRO Pisco, Sanipes) y Gremios de Pescadores/Maricultores.
- **Función:** Proveer la data de sus monitoreos obligatorios, Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y financiar los vacíos de información (puntos ciegos o reactivos faltantes).

3. Gestión y flujo de la información (Ciclo del dato)

Se propone un ciclo semestral para evitar la dispersión de datos.

Paso 1: Homologación y Estandarización (Mes 1)

- **Acción:** El GTV-Bahía aprueba el "**Protocolo Único de Monitoreo de la Bahía de Paracas**".
- **Detalle:** Todas las empresas privadas y entidades públicas deben alinear sus TDRs de monitoreo para medir los mismos parámetros mínimos requeridos por el ICA (Oxígeno Disuelto, Coliformes, pH, Hidrocarburos, Metales), en las mismas fechas (o al menos mimas estaciones: verano/invierno) y bajo normas ISO/INACAL.

Paso 2: Centralización de la Data (Mes 2 y 3)

- **Mecanismo:** Creación del **Repositorio Digital de la Bahía (RDB)**.
- **Innovación:** En lugar de enviar PDFs dispersos, los laboratorios acreditados que dan servicio a las empresas (ej. SGS, etc.) subirán la data "cruda" (formatos .csv o Excel) directamente a este repositorio seguro, con copia al IMARPE. Esto reduce la burocracia y la manipulación de datos.

Paso 3: Procesamiento y Cálculo (Mes 4)

- **Responsable:** IMARPE Pisco.
- **Acción:** Ejecuta el algoritmo del ICA. Si la data es insuficiente en algún sector (ej. Zona Norte), activa el "Fondo de Contingencia" (ver punto 5) para realizar un muestreo complementario rápido.
- **Producto:** Informe Técnico "Estado de Salud de la Bahía".

Paso 4: Difusión Pública (Mes 5)

- **Herramienta:** El "**Semáforo Ambiental de Paracas**".
- Se publicará en un panel físico en el desembarcadero El Chaco y en el portal web municipal.
 - **Verde:** Condiciones óptimas (Apto para turismo, pesca, acuicultura).
 - **Amarillo:** Alerta temprana (Precaución en consumo, investigación de causas).
 - **Rojo:** Crítico (Posible restricción de actividades, fiscalización inmediata).

4. Estrategia de uso de la información por actores

Para que el índice sea útil, cada actor debe saber qué hacer con el resultado.

Cuadro 6. Actores y ejemplos de ámbito de uso del ICA

Actor	Uso del Resultado del ICA	Acción Concreta Sugerida
MINAM / OEFA	Fiscalización Dirigida	Si el ICA muestra "Rojo" en Hidrocarburos en la zona industrial, OEFA prioriza sus supervisiones inopinadas en ese sector específico, optimizando recursos.
Municipalidad de Paracas	Gestión Turística	Si el ICA es "Verde" en balnearios, usa el reporte para renovar certificaciones como "Bandera Azul" o sellos de turismo seguro, atrayendo visitantes.
Maricultores / SANIPES	Producción Segura	Si el ICA muestra tendencia a la baja en Oxígeno (anoxia), SANIPES alerta a los maricultores para cosechar anticipadamente o mover líneas de cultivo, evitando mortalidad masiva.
Empresas Privadas	Reputación y RSE	Usan el ICA "Verde" o "Estable" en sus reportes de Sostenibilidad (ESG) para demostrar a inversionistas y comunidad que sus operaciones no degradan la bahía.

5. Capacidad logística y financiera (Sostenibilidad)

Siendo este aspecto un punto crítico, ya que el estado a veces carece de reactivos o combustible; la empresa privada tiene recursos, pero necesita transparencia.

Propuesta: El "Fondo Fiduciario de Monitoreo Compartido"

En lugar de que cada empresa gaste en sus monitoreos aislados (que a veces se superponen), se propone optimizar:

1. Las empresas mantienen sus monitoreos legales obligatorios, Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)
2. Para los puntos "huérfanos" (zonas de pesca artesanal o centro de la bahía donde nadie monitorea), se crea una **Bolsa Común**.
3. **Aporte:** Las empresas líderes aportan una cuota anual al fondo administrado por un tercero neutral (ej. una ONG local, Patronato de Paracas o administración directa vía convenio con IMARPE) específicamente para comprar reactivos y pagar análisis de laboratorio de terceros.

4. **Contrapartida Pública:** IMARPE/DICAPI ponen las embarcaciones, tripulación y equipos de campo (sondas, por ejemplo), valorizando su aporte en "especie".

6. *Mecanismo de coordinación: Reunión semestral*

Se establece por Ordenanza la obligatoriedad de dos monitoreos anuales:

A. La Sesión Técnica (Cerrada - Marzo/Agosto)

- **Participantes:** Solo especialistas (IMARPE, Jefes de Medio Ambiente de empresas, SANIPES).
- **Objetivo:** "Validación Técnica Interna y Control de Calidad". Revisar la data antes de publicarla, discutir anomalías técnicas (ej. "¿Este pico de cobre es real o error de laboratorio?"), y validar el cálculo del ICA.

B. La Audiencia Pública de la Bahía (Abierta - Abril/Setiembre)

- **Lugar:** Rotativo (Auditorio Municipal y Desembarcadero Pesquero).
- **Agenda:**
 1. Presentación del Semáforo Ambiental (Resultado del ICA).
 2. Panel de compromisos: "¿Qué haremos este semestre para mejorar?".
 3. Firma del acta de compromisos correctivos (ej. "La Municipalidad se compromete a inspeccionar los restaurantes del Chaco por coliformes altos").

7. *Cronograma de implementación (Hoja de Ruta)*

- **Corto Plazo (0-3 meses):**
 - Emisión de la Resolución de Alcaldía conformando el "Grupo Técnico GTV-Bahía" dentro de la CAM Pisco.
 - Primera reunión de homologación de protocolos (MINAM-IMARPE-Empresas)/ o estandarización de la información.
- **Mediano Plazo (3-6 meses):**
 - Firma del Convenio de Cooperación Interinstitucional para el "Fondo de Monitoreo Compartido".
 - Ejecución del "Muestreo Piloto Integrado" (todos midiendo el mismo día/ o estacionalidad similar).
- **Largo Plazo (1 año +):**
 - Lanzamiento del portal web con el ICA histórico.
 - Incorporación del ICA como indicador oficial en el Plan de Desarrollo Concertado de Pisco.

4) PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN FUTURA DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE PARACAS.

A continuación, se presenta 3 propuestas estratégicas y técnicas que aborda la sostenibilidad del Índice de Calidad Ambiental (ICA) desde tres dimensiones críticas: Técnica-Operativa (calidad del dato), Institucional (gobernanza) y Financiera (recursos).

Estrategia 1: Modelo de integración normativa al SIAR/SINIA (enfoque estatal)

Concepto: Esta alternativa busca la sostenibilidad mediante la **institucionalización vinculante** del ICA dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), operativizado a través del Sistema Regional (SIAR-Ica) y Local. Se basa en convertir al ICA en un indicador de desempeño oficial del Estado.

1. Mecanismo Técnico-Operativo

- **Homologación de Protocolos (Norma Técnica Local):** Se propone que la CAM Pisco, en coordinación con el INACAL (Instituto Nacional de Calidad), establezca una **"Matriz de Equivalencia Metodológica"**. Actualmente, las empresas usan diferentes laboratorios acreditados con límites de detección variados. Sin embargo, como se mencionó se puede establecer bajo acuerdo una aceptación del rigor técnico bajo el cumplimiento normativo.
 - *Acción:* Estandarizar el método analítico para parámetros críticos identificados en tu data (ej. TPH fraccionado C10-C40 para hidrocarburos, y NMP para coliformes).
- **Nodo de Interoperabilidad:** Desarrollar un *script* de cosecha de datos (API) que conecte los servidores de monitoreo de las empresas (obligadas por sus IGAs - Instrumentos de Gestión Ambiental) directamente con el nodo del SIAR Ica.
- **Validación:** IMARPE asume el rol de **Auditor Técnico de Tercera Parte**, realizando únicamente campañas de "intercalibración" anual para asegurar que los laboratorios privados no presenten sesgos sistemáticos.

2. Modelo de Financiamiento

- **Presupuesto por Resultados (PpR):** Incorporar el monitoreo del ICA dentro de una meta presupuestal específica del **Programa Presupuestal 0144: "Conservación y uso sostenible de ecosistemas marinos y costeros"** del MINAM/Gobierno Regional.
- **Justificación:** Al ser un indicador oficial de desempeño de gestión pública, el MEF (Ministerio de Economía) asigna recursos ordinarios recurrentes para la operatividad del sistema informático y las campañas de control de IMARPE.

3. Viabilidad y Riesgo

- *Pros:* Alta seguridad jurídica y permanencia en el tiempo independientemente de la voluntad de las empresas.
- *Contras:* Alta rigidez burocrática. Dependencia de los ciclos fiscales del Estado. Riesgo de desfinanciamiento si la prioridad política cambia.

Estrategia 2: Modelo de fideicomiso de vigilancia compartida (enfoque de mercado/cluster)

Concepto: Basado en la economía de escala. En lugar de que cada actor (Pluspetrol, TPdP, Municipalidad, por ejemplo) realice monitoreos aislados que se superponen espacialmente, se crea un **Fondo Fiduciario Privado** para ejecutar un **Programa de Monitoreo Integrado (PMI)** único para toda la bahía.

1. Mecanismo Técnico-Operativo

- **Optimización Espacial:** Según la data de los archivos CSV ("ICA x sectores"), existen redundancias en el sector Centro y vacíos en el Norte. Esta estrategia fusiona las estaciones de monitoreo legales (Estándares de Calidad Ambiental-ECAs) de todas las empresas en una sola **Red Optimizada de la Bahía (ROB)**.
- **Tercerización Unificada (opción a analizar):** El Fideicomiso contrata mediante licitación pública a un único laboratorio acreditado (ISO/IEC 17025) para muestrear toda la bahía simultáneamente. Esto elimina la variabilidad inter-laboratorio y garantiza la comparabilidad temporal de los datos.
- **Cadena de Custodia Transparente:** Los resultados van directamente del laboratorio al "Gestor del ICA" (ente neutral), sin pasar por el filtro previo de las empresas, aumentando la credibilidad social.

2. Modelo de Financiamiento

- **Esquema de Cotización por Impacto:** Las empresas aportan al fondo una cuota proporcional basada en el principio "Quien contamina (o usa), paga y monitorea".
 - *Ejemplo:* El Terminal Portuario financia el análisis de Hidrocarburos y Metales. La Municipalidad y EPS financian Coliformes y Nutrientes.
- **Ahorro Operativo:** Al contratar un solo proveedor logístico (una sola embarcación, un solo equipo técnico) para toda la bahía, el costo per cápita para cada empresa disminuye entre un 20% y 30% comparado con hacerlo individualmente.

3. Viabilidad y Riesgo

- *Pros:* Sostenibilidad financiera robusta (fondos privados), eficiencia técnica superior (data homogénea), alta credibilidad social.
- *Contras:* Requiere un alto nivel de confianza inicial y negociación legal compleja para modificar los compromisos de los IGAs (se necesita aprobación de OEFA/SENACE para cambiar monitoreos individuales por uno compartido).

Estrategia 3: Sistema híbrido de monitoreo adaptativo (enfoque técnico-científico)

Concepto: Una estrategia centrada en la **eficiencia del dato**. Combina monitoreos de alta precisión (costosos y espaciados) con monitoreos de bajo costo (frecuentes y participativos). Ideal para la gestión en crisis (ej. anoxia/varamientos).

1. Mecanismo Técnico-Operativo

- **Niveles de Información:**
 - *Nivel 1 (Centinela - Diario):* Implementación, a largo plazo, de sensores *in situ* (sondas multiparamétricas fijas en muelles o boyas de maricultores) que miden T°, O₂, pH y Clorofila en tiempo real. Manejado por "Vigías Ambientales" (pescadores capacitados).
 - *Nivel 2 (Validación - Semestral):* Factible con campañas oceanográficas oficiales de IMARPE para medir la columna de agua completa y sedimentos (metales pesados), que servirían además para "re-calibrar" los sensores del Nivel 1.
- **Asimilación de Datos Satelitales:** Uso de teledetección (imágenes Sentinel-3 o MODIS) para correlacionar la temperatura superficial y clorofila con los datos de campo, permitiendo interpolar el ICA a zonas donde no se tomaron muestras físicas.

2. Modelo de Financiamiento

- **Fondo Mixto (Grant + Canon):**
 - *Gastos de Capital o Inversión en Activos Fijos (Inversión inicial):* Equipamiento financiado por cooperación internacional (como el actual Proyecto Humboldt II) o fondos de responsabilidad social empresarial.
 - *Gastos Operativos (Operación):* Mantenimiento de bajo costo asumido por los gremios de maricultores (su interés es proteger su producción de conchas de abanico) y la Municipalidad (Canon Pesquero).
- **Valorización de Datos:** Venta de servicios de "Alerta Temprana" a las empresas industriales (para activar planes de contingencia ante mareas rojas), generando ingresos propios para el sistema.

3. Viabilidad y Riesgo

- *Pros:* Alta resolución temporal (permite ver cambios diarios), empoderamiento social real, respuesta rápida ante emergencias.
- *Contras:* Desafío técnico en el control de calidad de los datos tomados por terceros no científicos.

Cuadro 7. Comparativo de estrategias de sostenibilidad económica

Criterio	Estrategia 1: Normativa (SIAR)	Estrategia 2: Fideicomiso (Cluster)	Estrategia 3: Híbrida (Adaptativa)
Calidad del Dato	Heterogénea (suma de partes)	Homogénea (Estándar ISO)	Variable (requiere post-proceso)
Costo para el Estado	Alto (Recursos Ordinarios)	Bajo (Cero costos directos)	Medio (Subsidio parcial)
Resiliencia Política	Baja (Cambios de gestión)	Alta (Contratos privados)	Media (Depende del tejido social)
Implementación	Largo Plazo (> 2 años)	Mediano Plazo (1 año)	Corto Plazo (Pilotos inmediatos)

Selección de estrategia (Sugerida)

Para la Bahía de Paracas, se sugiere la **Estrategia 2 (Modelo de Fideicomiso/Cluster)** como base central, complementada con el componente de **Alerta Temprana** de la Estrategia 3.

Razón Técnica: La bahía tiene una alta densidad industrial. Las empresas *ya gastan* dinero en monitorear. La sostenibilidad más lógica es redirigir ese gasto hacia un fondo común que financie un ICA robusto, auditado por IMARPE y reportado a la CAM. Esto liberaría al estado de la carga financiera y garantizaría que la calidad ambiental se vigile con los mejores estándares ISO disponibles.

Propuesta de estrategia de sostenibilidad: Sistema integrado de vigilancia ambiental de la bahía de paracas (siva-paracas)

1. Resumen ejecutivo

La presente propuesta busca resolver la fragmentación histórica de la información ambiental en la Bahía de Paracas. Actualmente, coexisten múltiples monitoreos aislados (Empresas, IMARPE, ANA, SANIPES) con metodologías y tiempos dispares. La estrategia **SIVA-PARACAS** propone unificar

estos esfuerzos mediante un **Fideicomiso Privado de Administración** bajo la supervisión de la **Comisión Ambiental Municipal (CAM)**, garantizando un único monitoreo oficial, independiente, financiado por el sector privado (optimización de costos) y validado científicamente por el Estado.

2. Objetivo estratégico

Garantizar la operatividad continua del Índice de Calidad Ambiental (ICA) como herramienta de gestión pública, mediante un modelo de gobernanza público-privada que asegure independencia financiera, rigor científico y legitimidad social.

3. Eje institucional: la gobernanza del dato

Para evitar que el ICA sea un proyecto pasajero, se debe anclar en la normativa local existente.

3.1. Marco Legal Habilitante

- **Base:** Ordenanza Municipal N° 021-2022-MPP (Sistema Local de Gestión Ambiental de Pisco).
- **Mecanismo:** Creación del "**Comité de Gestión del SIVA-PARACAS**" como Grupo Técnico Especializado de la CAM.

3.2. Estructura Organizacional

El sistema funcionará con un esquema de "Pesos y Contrapesos":

1. El Directorio (Decisión Política):

- *Conformado por:* Alcaldes (Pisco y Paracas), MINAM (DGOTA), Gerentes de Sostenibilidad de las Empresas Líderes (Pluspetrol, TPdP, por ejemplo).
- *Función:* Aprobar el presupuesto anual del Fideicomiso y sancionar las acciones de respuesta ante alertas rojas del ICA.

2. La Secretaría Técnica (Validación Científica):

- *Liderada por:* **IMARPE (Laboratorio Costero de Pisco)**.
- *Miembros:* ANA, SANIPES.
- *Función:* No tocan dinero. Su rol es diseñar el plan de muestreo, auditar al laboratorio tercero y validar el cálculo final del ICA antes de su publicación.

3. El Operador Logístico (Ejecución):

- Una entidad neutral (Administrador del Fideicomiso) que contrata los servicios de laboratorio y muestreo.

4. Eje financiero: el modelo de fideicomiso (Cluster)

Este es la parte clave de la sostenibilidad. Se sustituye el gasto individual por una inversión compartida eficiente.

4.1. El Problema Actual

Actualmente, la Empresa "A" paga una embarcación y un laboratorio para medir sus puntos. El mismo día, la Empresa "B" paga otra embarcación y otro laboratorio. IMARPE sale otro día con presupuesto limitado.

- Resultado: Gasto duplicado, datos no comparables y desconfianza social ("La empresa paga su propio laboratorio, seguro arreglan los datos").

4.2. La Solución: "Inversión común"

Se puede constituir un Fideicomiso de Administración en una entidad bancaria o a través de una ONG de prestigio), con las siguientes reglas:

- **Aportantes:** Las empresas industriales y portuarias depositan su presupuesto de monitoreo ambiental (obligatorio por sus IGAs) en el Fideicomiso.

- **Ahorro por Economía de Escala:** Al contratar una sola campaña logística para toda la bahía (una sola embarcación, un solo equipo técnico), se estima una reducción de costos operativos para las empresas.
- **Independencia:** El laboratorio que gana la licitación (ej. SGS, ALS, Envirolab) reporta al Fideicomiso y a IMARPE, no a la empresa individual. Esto blinda la credibilidad del dato.

5. Eje técnico-operativo: Sistema híbrido

El monitoreo se realizaría en dos niveles para cubrir tanto la normativa legal como la gestión de emergencias.

Nivel 1: La Red de Vigilancia Maestra (Trimestral)

Es el monitoreo robusto para el cálculo del ICA Oficial.

- **Puntos de Muestreo:** Se fusionan las estaciones históricas de IMARPE y las estaciones obligatorias de los IGAs de las empresas en una **Red Unificada de por ejemplo 20 estaciones** (Norte, Centro, Puerto, Chaco, Sur).
- **Parámetros:** Columna de agua completa y sedimentos (Metales pesados, Hidrocarburos TPH C10-C40, Nutrientes, Microbiológicos).
- **Estándar:** Solo laboratorios acreditados ISO/IEC 17025. Igualmente, documento de consenso de las instituciones a cargo de la información.

Nivel 2: Sistema de Alerta Temprana - SAT (Tiempo Real)

Para cubrir los vacíos de información entre trimestres (recomendación de la Estrategia 3), se implementarían **Estaciones Centinela**.

- **Ubicación:** Líneas de cultivo de concha de abanico (aprovechando la infraestructura de los maricultores).
- **Tecnología:** Sensores *IoT* (Internet of Things) de bajo costo calibrados para Temperatura, Oxígeno Disuelto y Clorofila.
- **Propósito:** Detectar eventos agudos (ej. entrada de aguas anóxicas o Mareas Rojas). Si el sensor detecta una anomalía, envía una alerta SMS a los maricultores y autoridades.

6. Eje de comunicación: apropiación social

El dato técnico debe traducirse en lenguaje ciudadano para garantizar la presión social necesaria que mantenga vivo el sistema.

6.1. El Tablero de Control (Dashboard)

Una plataforma web de acceso público con dos vistas:

- **Vista Técnica:** Acceso a los datos crudos (.csv) para investigadores y universidades.
- **Vista Ciudadana:** Mapa de calor de la bahía.

6.2. El "Semáforo de la Bahía"

Instalación de paneles físicos LED en el Desembarcadero Pesquero Artesanal El Chaco y el Boulevard de Paracas, actualizados automáticamente tras cada reporte:

-  **BANDERA VERDE:** Condiciones óptimas. "Pesca y Baño Seguros".
-  **BANDERA AMARILLA:** Precaución. "Vigilancia activada" (ej. presencia leve de dinoflagelados).

- **BANDERA ROJA:** Riesgo. "Restricción temporal" (ej. derrame o contaminación fecal alta).

7. Hoja de ruta para la implementación (12 meses)

Para materializar esta propuesta, se sugiere el siguiente cronograma crítico:

Cuadro 8. Cronograma de comunicación

Fase	Actividad Clave	Responsable	Entregable
Mes 1-2	Acuerdo Político: Firma del Memorándum de Entendimiento entre Municipalidad, IMARPE y el Gremio de Empresas (APRO Pisco/Sociedad Nacional de Pesquería/Minería).	CAM Pisco	Acta de Constitución del GTV-Bahía.
Mes 3-4	Ingeniería Financiera: Diseño del Fideicomiso y definición de cuotas de aporte según tamaño de empresa e impacto.	Privados / Asesor Legal	Contrato de Fideicomiso.
Mes 5	Homologación Técnica: IMARPE valida los TDRs únicos para la licitación del monitoreo unificado.	IMARPE	Protocolo Técnico Oficial de la Bahía.
Mes 6	Licitación: Selección del Laboratorio Tercero Independiente.	Fideicomiso	Contrato de Servicios por 2 años.
Mes 7	Línea Base: Primer monitoreo unificado (Campaña "Cero").	Laboratorio / IMARPE	Primer reporte ICA Oficial.
Mes 8-12	Integración SAT: Instalación de sensores en zonas de maricultura y lanzamiento de la plataforma web.	Proveedor Tecnológico	Dashboard en vivo.

8. Conclusión y valor agregado

La siguiente propuesta plantea un cambio del monitoreo ambiental que sea solo un "requisito burocrático de cumplimiento" a un activo de competitividad territorial.

- **Para las Empresas:** Ganan licencia social y reducen costos operativos.
- **Para el Estado:** Gana data de alta calidad sin gastar presupuesto público.
- **Para los Pescadores/Turismo:** Ganan seguridad y previsibilidad sobre la salud de su recurso de trabajo.

Una solución **Ganar-Ganar-Ganar** técnica y financieramente viable.

5) PROPUESTA DE PLAN DE SENSIBILIZACIÓN DE ACTORES CLAVES CON EL OBJETIVO DE LOGRAR LA EFECTIVA INSERCIÓN Y USO DEL ÍNDICE A IMPLEMENTAR.

La propuesta plantea un enfoque de **Gestión del Cambio**. El mayor riesgo de un índice técnico (ICA) es que se convierta en un "reporte de escritorio" que nadie consulta.

Para evitarlo, el plan de sensibilización no debe centrarse en *enseñar qué es el ICA*, sino en **demostrar cómo el ICA resuelve los problemas cotidianos** de cada actor (conflictos sociales, pérdidas económicas, multas, imagen política).

Plan de sensibilización y apropiación social del ICA Paracas

1. Objetivo general

Migrar la percepción del Índice de Calidad Ambiental (ICA) de ser un "instrumento de fiscalización punitiva" a una **"herramienta de competitividad y seguridad compartida"**, logrando que el 100% de los miembros de la CAM Pisco lo utilicen para la toma de decisiones al finalizar el primer año.

2. Estrategia de segmentación (por grupos de interés)

No se puede dar el mismo mensaje a un alcalde que a un maricultor. Se proponen 3 módulos diferenciados:

Grupo A: Tomadores de decisión (Nivel Político-Normativo)

- **Actores:** Alcaldes (Pisco, Paracas, San Andrés), Regidores de la Comisión de Medio Ambiente, Gerentes Municipales, Gobierno Regional de Ica.
- **Dolor Principal:** Conflictos sociales, mala imagen de gestión, burocracia.
- **Mensaje Clave:** *"El ICA es su escudo político. Les permite decir con ciencia que la bahía está controlada y atraer turismo seguro."*

Grupo B: Generadores de datos (Nivel Técnico-Industrial)

- **Actores:** Gerentes de Sostenibilidad de empresas (Pluspetrol, TPE, APRO Pisco), Jefes de Planta, Especialistas de IMARPE/SANIPES.
- **Dolor Principal:** Costos de monitoreo duplicados, desconfianza de la comunidad ("la empresa miente"), fiscalización sorpresiva de OEFA.
- **Mensaje Clave:** *"El ICA validado por IMARPE es tu mejor seguro de reputación. Además, el modelo compartido reduce tus costos operativos."*

Grupo C: Usuarios del recurso (Nivel Productivo-Social)

- **Actores:** Gremios de Pescadores Artesanales, Asociaciones de Maricultores, Operadores Turísticos, ONGs locales.
- **Dolor Principal:** Muerte de conchas (pérdida de dinero), turistas que no vienen por "playas sucias".
- **Mensaje Clave:** *"El ICA es tu alerta temprana. Te avisa antes de que pierdas tu cosecha. Es tu herramienta para exigir mejoras con pruebas."*

3. Malla curricular y metodología detallada

A continuación, se detalla la intervención por grupo:

Módulo 1: Gobernanza inteligente (Para Grupo A - Políticos)

- **Formato:** Desayuno de Trabajo Ejecutivo (2 horas - Hotel en Paracas).
- **Temas a tratar:**
 1. **Interpretación del Semáforo:** Qué hacer si sale ROJO (protocolo de crisis) y cómo capitalizar si sale VERDE (marketing territorial).
 2. **Marco Legal:** Cómo la Ordenanza 021-2022-MPP respalda el uso del ICA.
 3. **Presupuesto:** Análisis Costo-Beneficio de mantener la vigilancia (vs. costo de remediar desastres).
- **Conceptos Claves:** *Gestión basada en evidencia, Principio Precautorio, Rentabilidad Social.*
- **Meta:** Firma de un "Pacto de Gobernanza" donde se comprometen a usar el ICA en sus discursos y planes anuales.

Módulo 2: Estandarización y confianza (Para Grupo B - Técnicos/Empresas)

- **Formato:** Taller Técnico "Manos a la Data" (4 horas - Auditorio IMARPE/Empresa).
- **Temas a tratar:**
 1. **La "Caja Negra" del ICA:** Explicación transparente del algoritmo (PCA). ¿Por qué bajó el índice si mis vertimientos cumplen el Estándar de Calidad Ambiental (ECA)? (Entender el efecto acumulativo).
 2. **Homologación:** Protocolos de laboratorio unificados (ISO 17025).
 3. **Interoperabilidad:** Cómo subir sus datos al repositorio del SIVA-PARACAS sin exponer secretos industriales.
- **Conceptos Claves:** Sinergia Logística, Transparencia Corporativa, Trazabilidad del Dato.
- **Meta:** Creación del Comité Técnico de Homologación.

Módulo 3: Vigilantes de la bahía (Para Grupo C - Pescadores/Comunidad)

- **Formato:** Taller Vivencial en Muelle (2 horas - Desembarcadero El Chaco).
- **Temas a tratar:**
 1. **Lectura del Semáforo:** ¿Puedo pescar hoy? ¿Es seguro comer mariscos?
 2. **Mitos y Verdades:** Diferenciar entre "agua turbia por algas" (natural) y "agua contaminada" (química).
 3. **Reporte Ciudadano:** Cómo usar WhatsApp o el aplicativo para reportar manchas o varamientos que alimenten la alerta temprana.
- **Conceptos Claves:** Alerta Temprana, Floraciones Algaes (Marea Roja), Calidad Sanitaria.
- **Meta:** Formación de la brigada de "Vigías Ambientales".

4. Cronograma de ejecución (Fase de Inserción - 6 Meses)

Este plan corre en paralelo a la implementación técnica propuesta anteriormente.

Cuadro 9. Cronograma de sensibilización

Mes	Actividad	Grupo Objetivo	Entregable
Mes 1	Mapeo de Aliados: Identificar a los "Líderes" (el regidor más activo, el gerente más pro-ambiente, el líder pesquero más respetado).	Transversal	Lista de Aliados Clave.
Mes 2	Diseño del Kit de Herramientas: Elaboración de infografías simples, manuales de bolsillo y el diseño del tablero "Semáforo".	Todos	Kit de Comunicación ("Media Kit").
Mes 3	Desayuno Ejecutivo (Kick-off): Presentación del beneficio político y económico del ICA.	Grupo A (Políticos)	Acta de Compromiso Político.
Mes 4	Mesa Técnica de Homologación: Resolución de dudas técnicas sobre la data compartida.	Grupo B (Empresas)	Protocolo de Intercambio de Datos.
Mes 5	Talleres en Muelle: Capacitación a pescadores y operadores turísticos.	Grupo C (Social)	Red de Vigías Activada.
Mes 6	Lanzamiento Público: Primera publicación oficial del ICA en evento masivo (Día del Medio Ambiente o similar).	Todos	Primer Reporte ICA Difundido.

5. Aportes adicionales factibles (valor agregado)

Tácticas para asegurar el éxito:

A. La Estrategia de los "Embajadores del ICA"

En lugar de que un consultor externo explique el índice, capacitar a 3 líderes locales:

1. Un técnico de IMARPE (Autoridad).
2. Un pescador veterano (Credibilidad).
3. Un ingeniero de una empresa local (Viabilidad).

Ellos serán los voceros en los medios locales, lo que genera mucha más confianza.

B. Sistema de Interacción Digital Ciudadana (Turismo)

Implementar códigos QR en los restaurantes del malecón de Paracas y El Chaco.

- **Acción:** El turista escanea el QR en el menú ("¿Es seguro este pescado?") y le sale el semáforo del ICA actual (Verde).
- **Efecto:** Presión positiva. Los restaurantes exigirán que la bahía esté limpia para no perder clientes, convirtiéndose en fiscalizadores naturales.

C. Simulación de Crisis

Realizar un simulacro de escritorio con la CAM Pisco.

- **Escenario:** "El ICA reporta una caída brusca de oxígeno y subida de hidrocarburos un viernes antes de Semana Santa. ¿Qué hacemos?"
- **Objetivo:** Entrenar los protocolos de comunicación para evitar el pánico y tomar medidas correctivas rápidas. Esto demuestra la utilidad real del índice antes de que ocurra una crisis real.

6. Presupuesto estimado (a nivel de partidas)

La sensibilización es barata comparada con el monitoreo, pero requiere recursos para materiales.

- **Facilitadores:** (Puede ser cubierto por el proyecto actual o personal municipal capacitado).
- **Materiales Gráficos:** Impresión de manuales impermeables para pescadores, banners del semáforo.
- **Logística:** Refrigerios para talleres (clave para convocatoria en pesca artesanal).
- **Costo Estimado:** Bajo. Financiable vía Responsabilidad Social Empresarial (RSE) o presupuesto de comunicaciones de la Municipalidad.

Nota: El éxito de la inserción del ICA depende de **vincular directamente la salud del ecosistema con la rentabilidad del negocio**. Si el pescador entiende que el ICA protege su bolsillo y el alcalde entiende que protege sus votos, el índice será sostenible.

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

En la presente temporalidad de este producto, más allá no de las reuniones y taller realizados, no se realizaron otras reuniones.

7) ANEXOS

ANEXO 1: Informe del taller

**Taller de capacitación en la implementación del Índice de Calidad Ambiental
definido para la bahía de Paracas, incluido el sistema de información geográfica
ambiental para el seguimiento del Índice de Calidad Ambiental para la Bahía de
Paracas (plataforma de visualización SIG)
20 de enero 2026**

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 Enero 2026	Lugar: Auditorio del Instituto del mar del Perú - Callao	Localidad: Lima.
Hora	09:00 a.m. -16:00 p.m.		
Tema Central	Taller de Capacitación en la implementación del índice de calidad Ambiental y la plataforma SIG de la Bahía de Paracas – Pisco.		
Participantes	PROYECTO BINACIONAL CHILE-PERÚ: HUMBOLDT II: Arturo Gonzáles Araujo, Especialista Asociado en Biodiversidad. MINAM: Frida Rodríguez, Especialista de la Dirección de Conservación. Elder Fernandez Cruz Jorge Velazquez Escobero Brenda Cabrera Villareal Katia Roque Calzada Renzo Portugal De la Cruz Erick Inga Roca Paez IMARPE: Américo Sánchez Baca, Investigador científico. Rita Orozco Montoya Cristina Flores Castillo Sara Purca Han Xu Aida Hinostroza Quiroz TERRA NUOVA PERÚ: Ricardo Jesús Jiménez Vilchez, Coordinador de equipo – Especialista Diana Torres Acasiete Beatriz Alcántara Medrano		
Objetivos	- Fortalecer las capacidades técnicas de las instituciones participantes, promover el uso de información científica en la evaluación del estado ambiental de la bahía y generar insumos clave para la toma de decisiones en el marco de la gestión integrada del espacio marino-costero. - 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 Blgo. Ricardo Jiménez de la ONG Terranova a través de un PPT. CONCLUSIONES: - Se dieron los siguientes comentarios y aportes por parte del PNUD, IMARPE y el MINAM. PNUD - Recomienda la sostenibilidad financiera a través de los PPR posibles de vincular al índice de calidad ambiental. - En el aspecto de vinculación de instituciones locales (FORMALIZACIÓN del ICA Paracas) si es a través de la CAM o a través del Comité del Plan de Manejo de la Zona Marino Costera de Pisco. - Recomiendan para la elaboración de manual sea dos modelos uno técnico y otro que sea básico para el público en general.		

	IMARPE - Recomiendan realizar el análisis del ICA a nivel de estaciones meses de calor y meses de frío, lo cual nos daría otra visión del ICA y para eso se recomienda tomar información por semestral. - Analizar la posibilidad de cálculo del ICA no por sectores muy grandes sino por zonas en la bahía a manera de microzonas o “puntos” (este último quizás solo en zonas donde existe mayores estaciones posibles de tener esa representatividad de tener mínimo 6 puntos). MINAM - La recomendación del MINAM es la visualización en los mapas los valores de los parámetros de calidad de agua se podrían representar tipo ejemplo mapa de calor en los diferentes años. ACUERDOS: - Terranova agradece los aportes de las instituciones participantes la cual ayuda a fortalecer al equipo técnico y poder así realizar una mejor toma de decisiones respecto al producto final del Índice de calidad ambiental, todos los aportes fueron bien recibidos.
--	--

Anexos

- Programa del taller de capacitación:



Taller de capacitación en la implementación del Índice de Calidad Ambiental definido para la bahía de Paracas, incluido el sistema de información geográfica ambiental para el seguimiento del Índice de Calidad Ambiental para la Bahía de Paracas (plataforma de visualización SIG)

20 de enero de 2026, Auditorio del Instituto del Mar del Perú.

Hora	Ítem	Responsable
8:30-9:00h	Ingreso y registro de asistencia	Equipo consultor
9:00-9:15h	Palabras de bienvenida.	Representantes del Ministerio del Ambiente e Instituto del Mar del Perú
	Reglas de procedimiento de la reunión y presentación del objetivo del taller.	Proyecto Humboldt II
9:15h-9:30h	Presentación Proyecto Humboldt II (Marco conceptual)	Proyecto Humboldt II
9:30h-9:45h	Ronda de presentación de las y los asistentes	Moderador: Equipo consultor
9:45h-10:30h	Presentación del Índice de Calidad Ambiental para la bahía de Paracas (base de datos y marco teórico del Índice de calidad ambiental)	Equipo consultor
10:30-10:45h	Preguntas y comentarios de asistentes	Moderador: Proyecto Humboldt II
10:45-11:00h	Pausa – café	
11:00h-12:00h	Presentación del Índice de Calidad Ambiental para la bahía de Paracas (implementación y resultados)	Equipo consultor
12:00h-12:30h	Preguntas y comentarios de asistentes	Moderador: Proyecto Humboldt II
12:30h-14:00h	Pausa-Almuerzo	
14:00h-15:15h	Presentación del Sistema de información geográfica ambiental para el seguimiento del Índice de Calidad Ambiental para la Bahía de Paracas (plataforma de visualización SIG).	Equipo consultor
15:15h-15:45h	Preguntas y comentarios de asistentes	Moderador: Proyecto Humboldt II
15:45h-16:00h	Conclusiones de la Reunión, próximos pasos	Equipo consultor Proyecto Humboldt II

- Lista de participantes del Taller



PROYECTO: "Casalizando 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"

REGISTRO DE ASISTENCIA

Taller de capacitación en la implementación del Índice de Calidad Ambiental definido para la bahía de Paracas, incluido el sistema de información geográfica ambiental para el seguimiento del Índice de Calidad Ambiental para la bahía de Paracas (plataforma de visualización SIG)

Martes 20 de enero 2026- Auditorio del Instituto del Mar del Perú

N°	NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN/ORGANIZACIÓN	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
1	Jorge Velásquez Esobeno	MINAM - DIGIB	jvelasquez@minam.gob.pe	955851599	
2	Brenda Cabrera Villanuel	MINAM - DGDB	bcaabrera@minam.gob.pe	901867896	
3	Kildin M. Fernández Cruz	MINAM - DEOTORN	efernandez@minam.gob.pe	968231952	
4	Katya I. Regue Calzada	MINAM - DEOTORN	kroque@minam.gob.pe	98633392	
5	Rocio Ivan Portuñal De la Cruz	MINAM - DGCA	rportuñal@minam.gob.pe	99174081	
6	Ericck Joel Ingarroca Paz	MINAM - DGCA	dgc54-temp@minam.gob.pe	91074521	
7	Sara Porra	IMARPE - DGIA	s.porra@imarpe.gob.pe	94523263	
8	Han Xu	IMARPE - DGIA	h.xu@imarpe.gob.pe	997155228	
9	Aida Henostroza Quiroz	IMARPE - DGIA	ahenostroza@imarpe.gob.pe	983717865	



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"

REGISTRO DE ASISTENCIA

Taller de capacitación en la implementación del Índice de Calidad Ambiental definido para la bahía de Paracas, incluido el sistema de información geográfica ambiental para el seguimiento del Índice de Calidad Ambiental para la Bahía de Paracas (plataforma de visualización SIG)

Martes 20 de enero 2026 - Auditorio del Instituto del Mar del Perú

N°	NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN/ORGANIZACIÓN	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
10	Arturo Gonzalez A	PNOD-P-Humboldt	arturo.gonzalez@pnod.org	993151908	
11	Americo A Sanchez FSB	ITIAPE- AFINC	am.sanchez@itiape.gob.pe	953767492	
12	Rita Orozco Moraya	IMARPE- AFINC	ritao@imarpe.gob.pe	993380659	
13	Cristina Flores Castro	IMARPE- AFINC	elflores@imarpe.gob.pe	983107311	
14	Frida Rodriguez Pacheco	MINAH- DCEE	fridiaz@minah.gob.pe	985502008	
15	Berrie Roseriu Alcantara	TEKRA NUOVA	charoalancara@gmail.com	995501584	
16	Diana R Torres Arasiete	Terra Nuova	biodiversidad@terra-nuova.com	996294778	
17	Ricardo Jimenez Villanar	TEKRA NUOVA	ricardojimenez@terra-nuova.com	995700221	

- Evidencia fotográfica



Coordinador de la Consultoría iniciando la presentación y desarrollo del taller





Desarrollo del taller



Foto grupal con los profesionales participantes

ANEXO 2: PPt

Se Adjunta en PDF para mejor resolución

ANEXO 3: Nota de prensa

<https://proyctohumboldt2.org/se-presentan-avances-del-indice-de-calidad-ambiental-y-la-plataforma-sig-para-fortalecer-la-gestion-ambiental-de-la-bahia-de-paracas/>

Nota de prensa 20 ene Auditorio IMARPE ICA Paracas

Mensaje 6 de 8033



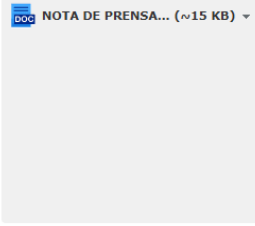
De Ricardo Jiménez
Destinatario Arturo Gonzales
Fecha mar 20:56

Estimado Arturo adjunto la nota de prensa del taller de hoy.
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



NOTA DE PRENSA... (~15 KB)

NOTA DE PRENSA

SE PRESENTÓ LOS RESULTADOS ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL Y PLATAFORMA SIG PARA FORTALECER LA GESTIÓN DE LA BAHÍA DE PARACAS

El evento, realizado en el marco del Proyecto Humboldt II, congregó a especialistas del MINAM, IMARPE y Terra Nuova para la implementación de nuevas herramientas de monitoreo marino-costero.

Con el objetivo de optimizar la vigilancia y gestión de los ecosistemas marinos, se llevó a cabo el 20 del presente mes el taller de capacitación para la implementación del Índice de Calidad Ambiental (ICA) definido para la bahía de Paracas. El evento tuvo lugar en el auditorio del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y contó con la participación técnica de especialistas del Ministerio del Ambiente (MINAM), IMARPE y la organización Terra Nuova.

La jornada, desarrollada en el contexto del Proyecto Humboldt II, se centró en catalizar la implementación de programas estratégicos para la gestión sostenible de los recursos vivos en el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt. Durante la sesión, se presentaron instrumentos claves diseñados para mejorar la calidad ambiental costera mediante la aplicación de una gestión integrada y la Planificación Espacial Marina (PEM).

Uno de los puntos centrales de la presentación fue la exposición metodológica y resultados del **Índice de Calidad Ambiental (ICA)**, una herramienta metodológica que permite evaluar el estado de la bahía basándose en una rigurosa base de datos (2014-2024) y marcos técnicos actualizados.

Asimismo, se presentó la propuesta del **Sistema de Información Geográfica (SIG) ambiental**, una plataforma de visualización digital diseñada para el seguimiento continuo del ICA en la Bahía de Paracas. Esta herramienta tecnológica permitirá a las autoridades y técnicos visualizar, a través de mapas interactivos y tablas de atributos, información crítica sobre:

- Variaciones de temperatura y comparativas con promedios multianuales.
- Zonas de actividades acuícolas y portuarias.
- Puntos de monitoreo y estaciones seleccionadas.
- Indicadores de calidad del agua y cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

El taller inició a las 09:00 horas con las palabras de bienvenida de los representantes del Ministerio del Ambiente e IMARPE, quienes destacaron la importancia de la cooperación interinstitucional para la sostenibilidad de la provincia de Pisco. Posteriormente, la representación del Proyecto Humboldt II expuso el marco conceptual y contexto marco del proyecto y su vinculación con la consultoría. Seguidamente la representación de Terra Nuova expuso los resultados metodológicos y la implementación práctica de la base de datos y los resultados preliminares del monitoreo.

La reunión concluyó con una ronda de diálogo técnico donde se absolvió consultas sobre la operatividad del sistema, reafirmando el compromiso de las instituciones participantes con la preservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible de las actividades productivas en la bahía de Paracas.



PROYECTO
HUMBOLDT II
HACIA LA SUSTENTABILIDAD DEL
GRAN ECOSISTEMA MARINO



PERÚ

Ministerio
de la Producción

