



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE SUPE – AÑO 2016



COORDINACIÓN DE EVALUACIONES
AMBIENTALES INTEGRALES
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN



Diciembre, 2016

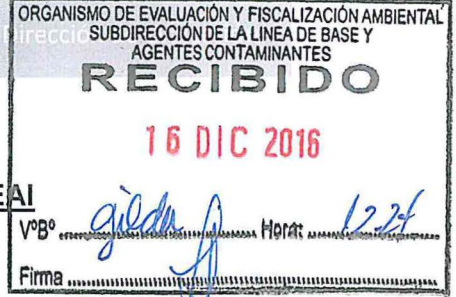
6
3
/



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



"Año de la consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

INFORME N° 113 -2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI

A : LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes

DE : LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador (e) de Evaluaciones Ambientales Integrales

CARLOS FERNANDO GUTIÉRREZ ROJAS
Tercero Evaluador

JULIO ANDRES GONZALES ROSSEL
Especialista en Calidad Ambiental del Agua

OSCAR ARTURO TEJADA CANO
Especialista de Evaluaciones Ambientales Integrales

ASUNTO : Evaluación Ambiental de la bahía de Supe durante el año 2016.

REFERENCIA: Planefa 2016

FECHA : Lima, 16 DIC 2016 6016-101-51438

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación al asunto de la referencia, a fin de informar lo siguiente:

I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Detalles de la evaluación ambiental:

a.	Zona evaluada	Bahía de Supe		
b.	Ámbito de influencia	Provincia de Barranca		
c.	Problemática de la zona evaluada	Denuncias por afectación de la calidad ambiental debido a la actividad pesquera.		
d.	¿A pedido de qué se realizó la actividad?	Planefa 2016		
e.	¿Se realizó en el marco de un espacio de diálogo, mesa de diálogo o mesa de desarrollo?	SI	NO	X

2. Detalles del diagnóstico ambiental:

a.	Salidas y fechas de monitoreo	Visita de reconocimiento 1	13/12/15 al 16/12/15
		Visita de reconocimiento 2	25/01/16 al 26/01/16
		Monitoreo	11/03/16 al 16/03/16
b.	Componentes y puntos de monitoreo evaluados	Agua marina (Submareal)	38 puntos de monitoreo
		Agua marina (intermareal)	6 puntos de monitoreo
		Agua continental	2 puntos de monitoreo
		Vertimientos	6 puntos de monitoreo
		Sedimento (submareal)	36 puntos de monitoreo
		Sedimento (intermareal)	6 puntos de monitoreo
		Hidrobiología	19 puntos de monitoreo



6
3
8



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

3. Equipo profesional:

Los profesionales encargados de la ejecución de la Evaluación Ambiental de la bahía de Supe se detallan en la siguiente tabla.

Ítem	Apellidos y Nombres	Profesión	Actividad	Periodo de realización
01	Carlos Manuel Amaya Rojas	Ing. Ambiental	Primera visita de reconocimiento	Del 13 al 16 de diciembre de 2015
02	Saúl Saulo Aldave Aguiro	Blgo. Pesquero		
03	Luis Ángel Aguirre Méndez	Bach. en Biología		
04	Julio Gonzales Rossel	Ing. Ambiental		
01	Noelia Diana Arenazas Gonzales	Ing. Ambiental	Segunda visita de reconocimiento	Del 25 al 26 de enero de 2016
02	Julio Andrés Gonzales Rossel	Ing. Ambiental		
03	Saúl Saulo Aldave Agüero	Blgo. Pesquero		
04	Dan Nelson Herrera Ayoque	Ing. Pesquero		
01	Noelia Diana Arenazas Gonzales	Ing. Ambiental	Primer Monitoreo	Del 11 al 16 de marzo de 2016
02	Julio Andrés Gonzales Rossel	Ing. Ambiental		
03	Saúl Saulo Aldave Aguiro	Blgo. Pesquero		
04	Julio Monzón Anticona	Blgo. Pesquero		
05	Dan Nelson Herrera Ayoque	Ing. Pesquero		
06	Luis Ángel Aguirre Méndez	Bach. en Biología		
07	Carlos Fernando Gutiérrez Rojas	Bach. en Biología		
08	Carlos Manuel Amaya Rojas	Ing. Ambiental		

II. OBJETIVO

4. Realizar el diagnóstico de la calidad ambiental de la bahía de Supe, con énfasis en las áreas de influencia de las actividades de los administrados fiscalizables por el OEFA, el cual se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, que se adjunta y forma parte del presente informe.

III. ANTECEDENTES

5. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del OEFA establecida en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), cuyo ejercicio permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua, con énfasis en aquellas actividades fiscalizables por el OEFA, comprendiendo acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales. Asimismo obedece a lo establecido en el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2016 (en adelante Planefa 2016) aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N°050-2015-OEFA/CD, publicada el 22 de diciembre de 2015.



6
3
8



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

IV. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6. El análisis se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, denominado "Evaluación Ambiental de la bahía de Supe durante el año 2016" que se adjunta y forma parte del presente informe.

V. CONCLUSIÓN

7. En vista que el informe de evaluación ambiental de la bahía de Supe cuenta con el sustento técnico requerido, el equipo profesional que elaboró el informe se sirve elevar dicho documento a la Coordinación de Evaluaciones Ambientales Integrales a efectos que se proponga su aprobación ante la Dirección de Evaluación.

Atentamente,

LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador (e) de Evaluaciones Ambientales Integrales
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

CARLOS FERNANDO GUTIÉRREZ ROJAS
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JULIO ANDRES GONZALES ROSSEL
Especialista en Calidad Ambiental del agua
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

OSCAR ARTURO TEJADA CANO
Especialista de Evaluaciones Ambientales Integrales
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

Lima, 16 DIC 2016

Visto el Informe N° 113 -2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI y habiéndose verificado que su contenido se encuentra enmarcado en el ejercicio de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; el Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS

Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Visto el Informe N° 113 -2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI y en atención a la recomendación de la Coordinación de Evaluaciones Ambientales Integrales, así como de la Subdirección de la Línea de Base y Agentes Contaminantes, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN

Director de Evaluación
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	JUSTIFICACIÓN	2
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
5.	OBJETIVOS.....	4
5.1	Objetivo general	4
5.2	Objetivos específicos.....	4
6.	ALCANCE.....	4
7.	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
8.	MARCO CONTEXTUAL.....	7
8.1	Características ambientales de la bahía de Supe.....	7
8.2	Actividades identificadas.....	8
8.3	Problemática ambiental.....	10
9.	METODOLOGÍA.....	12
9.1	Calidad de agua en la bahía de Supe y su entorno.....	12
9.1.1	Puntos de monitoreo.....	12
9.1.2	Protocolos de monitoreo.....	17
9.1.3	Parámetros analizados	18
9.1.4	Criterios de análisis de datos	19
9.2	Calidad de sedimento en la bahía de Supe.....	21
9.2.1	Puntos de monitoreo.....	21
9.2.2	Protocolos de monitoreo.....	24
9.2.3	Parámetros analizados	25
9.2.4	Criterios de análisis de datos	25
9.3	Comunidad de fitoplancton en la bahía de Supe.....	26
9.3.1	Puntos de monitoreo.....	26
9.3.2	Protocolo de monitoreo.....	27
9.3.3	Criterios de análisis de datos	28
10.	RESULTADOS Y ANALISIS	30
10.1	Calidad de agua.....	30
10.1.1	Ambiente submareal.....	35
10.1.2	Ambiente Intermareal	57
10.2	Calidad de sedimento.....	62
10.2.1	Ambiente submareal.....	62
10.2.2	Ambiente intermareal	67



G

J

B



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

10.3	Fitoplancton	68
10.3.1	Composición y riqueza de especies	68
10.3.2	Abundancia	69
10.3.3	Índices de diversidad alfa	69
10.3.4	Índices de diversidad beta	70
10.3.5	Análisis BIO-ENV	71
10.3.6	Presencia de fitoplancton potencialmente tóxico	73
11.	DISCUSIÓN	74
12.	CONCLUSIONES	79
13.	RECOMENDACIONES	80
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
15.	ANEXOS	84



G
S
O

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 8-1. Establecimientos industriales pesqueros (EIP) en la bahía de Supe.....	8
Tabla 8-2. Lista de sanciones administrativas impuestas a los administrados por incumpliendo de la normativa ambiental en la bahía de Supe.....	12
Tabla 9-1. Puntos de monitoreo en el ambiente submareal de agua de mar en la bahía de Supe	13
Tabla 9-2. Puntos de monitoreo en el ambiente intermareal (playa) de agua de mar en la bahía de Supe.....	16
Tabla 9-3. Puntos de monitoreo de calidad de agua continental en el río Supe y Pativilca	16
Tabla 9-4. Puntos de monitoreo de efluentes industriales y domésticos no tratados	16
Tabla 9-5. Protocolos y procedimientos de monitoreo de calidad de agua	18
Tabla 9-6. Lista de parámetros analizados en el ambiente submareal	18
Tabla 9-7. Puntos de monitoreo en el ambiente submareal de sedimento marino en la bahía de Supe	21
Tabla 9-8. Puntos de monitoreo en el ambiente intermareal (playa) de sedimento marino en la bahía de Supe	23
Tabla 9-9. Protocolos y procedimientos de monitoreo	24
Tabla 9-10. Parámetros de analizados para el componente calidad de sedimentos.	25
Tabla 9-11. Puntos de monitoreo de la comunidad de fitoplancton en el ambiente submareal de agua de mar en la bahía de Supe.....	27
Tabla 10-1. Resumen de parámetros que se excedieron los puntos de agua continental	30
Tabla 10-2. Resumen de parámetros presentes en los puntos de vertimientos	30
Tabla 10-3. Grupos formados mediante el análisis de agrupación de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo	36
Tabla 10-4. Parámetros de calidad de agua en el ambiente submareal que excedieron los ECA en cada nivel de profundidad	38
Tabla 10-5. Resumen de parámetros que se excedieron los puntos de agua de mar en ambiente intermareal	58
Tabla 10-6. Grupos formados mediante el análisis de agrupación de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo	62
Tabla 10-7. Puntos de monitoreo donde se excedió de los valores de la norma de referencia.....	64
Tabla 10-8. Índices de diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe	69
Tabla 10-9. Parámetros de calidad ambiental utilizados para el Bio-Env.....	72
Tabla 10-10. Resultado del Bio-Env mediante el coeficiente de correlación armónico por rangos de Spearman (Pw)	72
Tabla 10-11. Abundancia de especies potencialmente tóxicas identificadas solo en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe	73



6
2
0



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1. Ubicación de la bahía de Supe.6

Figura 8-1. Distribución de la corriente marina en a) Superficie (izquierda) y b) Fondo (derecha), de bahía Supe – Paramonga. Fuente: Tomado de Jacinto et al., 1998.....7

Figura 8-2 Desembarques (Tm y %) de recursos hidrobiológicos en Puerto Supe / Caleta Vidal desde el 2004 al 2012.....9

Figura 8-3. Tráfico de Carga (Miles de Toneladas) y número de naves arribadas al puerto de Supe durante el 2005-2014.....9

Figura 10-1. Influencia de la descarga del río Supe sobre los puntos de monitoreo del ambiente submareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).....32

Figura 10-2. Influencia de la descarga del río Pativilca sobre los puntos de monitoreo del ambiente submareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).....33

Figura 10-3. Influencia de la descarga de los vertimientos sobre los puntos de monitoreo del ambiente intermareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).34

Figura 10-4. Formación de zonas de acuerdo con el análisis de cluster en la bahía de Supe.37

Figura 10-5. Concentración de oxígeno disuelto superficial en agua de mar en el ambiente submareal.40

Figura 10-6. Diagrama de cajas con datos de oxígeno disuelto a nivel de superficie en agua del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o:outliers).....40

Figura 10-7. Concentración de oxígeno disuelto en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal.....41

Figura 10-8. Diagrama de cajas con datos de oxígeno disuelto en agua de mar a nivel de fondo del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o:outliers).....41

Figura 10-9. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal.....42

Figura 10-10. Diagrama de cajas con datos de coliformes termotolerantes en agua a nivel de superficie del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers)43

Figura 10-11. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal43

Figura 10-12. Diagrama de cajas con datos de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers)44

Figura 10-13. Concentración de coliformes totales en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal.....45

Figura 10-14. Diagrama de cajas con datos de Coliformes totales en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers)45



h
j
p



Figura 10-15. Concentración de Coliformes totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal.....46

Figura 10-16. Diagrama de cajas con datos de Coliformes totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o:outliers)46

Figura 10-17. Concentración de solidos suspendidos totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal47

Figura 10-18. Diagrama de cajas con datos de solidos suspendidos totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o:outliers)48

Figura 10-19. Concentración de aluminio total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal.....48

Figura 10-20. Diagrama de cajas con datos de aluminio total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media)49

Figura 10-21. Concentración de aluminio total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal49

Figura 10-22. Diagrama de cajas con datos de aluminio total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers).....50

Figura 10-23. Concentración de boro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal50

Figura 10-24. Diagrama de cajas con datos de boro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media).51

Figura 10-25. Concentración de boro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal51

Figura 10-26. Diagrama de cajas con datos de boro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media).....52

Figura 10-27. Concentración de hierro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal.....52

Figura 10-28. Diagrama de cajas con datos de hierro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers).....53

Figura 10-29. Concentración de hierro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal53

Figura 10-30. Diagrama de cajas con datos de hierro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers).....54

Figura 10-31. Concentración de plomo total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal55

Figura 10-32. Concentración de zinc total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal55

Figura 10-33. Diagrama de cajas con datos de zinc total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers).....56



4
3
p



Figura 10-34. Concentración de zinc total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal56

Figura 10-35. Diagrama de cajas con datos de zinc total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o,■:outliers).....57

Figura 10-36. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar en el ambiente intermareal58

Figura 10-37. Concentración de coliformes totales en agua de mar en el ambiente intermareal.....59

Figura 10-38. Concentración de aluminio total en agua de mar en el ambiente intermareal.....60

Figura 10-39. Concentración de boro total en agua de mar en el ambiente intermareal.....60

Figura 10-40. Concentración de hierro total en agua de mar en el ambiente intermareal.....61

Figura 10-41. Formación de grupos de acuerdo con el análisis de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia63

Figura 10-42. Concentración de materia orgánica y sulfuros en sedimento en el ambiente submareal65

Figura 10-43. Concentración de arsénico en sedimento en el ambiente submareal.65

Figura 10-44. Concentración de cadmio en sedimento en el ambiente submareal...66

Figura 10-45. Concentración de cobre en sedimento en el ambiente submareal66

Figura 10-46. Concentración de plomo en sedimento en el ambiente submareal.....67

Figura 10-47. Número de especies de la comunidad de fitoplancton por cada División en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe68

Figura 10-48. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por División en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe69

Figura 10-49. Distribución de la diversidad verdadera (N1) y la dominancia (Simpson) del fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe.70

Figura 10-50. Dendrograma de similaridad de la comunidad de fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe.....71



G

3

8

1. INTRODUCCIÓN

1. La bahía de Supe se ubica en la costa central de Perú, colindando con el distrito de Supe Puerto, del cual proviene su nombre. La bahía Supe tiene como límite sur, punta Patillo en el distrito de Supe Puerto, y como límite norte, Punta Barranca en el distrito de Barranca. En ese sentido, la bahía Supe tiene una ubicación estratégica para el desarrollo de diversas actividades.
2. Actualmente, en la bahía de Supe se desarrollan actividades productivas de competencia del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), entre las que destaca la industria pesquera. En la bahía también se lleva a cabo actividades de pesca artesanal y turismo (balneario), además del tráfico naviero del puerto de Supe. Es importante destacar que a lo largo de la costa de esta bahía se ubican empresas industriales, así como, asentamientos poblacionales cuyas aguas residuales generadas se vierten al referido cuerpo receptor; de igual manera, la bahía recibe las descargas de los emisores submarinos de las plantas de procesamiento industrial pesquero.
3. El OEFA, en cumplimiento de su función evaluadora, desarrolla evaluaciones ambientales para determinar el estado de la calidad del ambiente en el ámbito de influencia del universo de administrados, conformado por el total de empresas pertenecientes a los sectores supervisados por el OEFA. En ese sentido, el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Planefa) del OEFA correspondiente al año 2016, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 050-2015-OEFA/CD, contempló realizar la Evaluación Ambiental de la bahía de Supe, considerado como una de las zonas críticas del sector pesquería. Como consecuencia, la Dirección de Evaluación del OEFA realizó actividades de evaluación en la bahía de Supe con el fin de realizar el diagnóstico ambiental de la misma en relación con las actividades desarrolladas en su entorno.
4. En ese contexto, este informe presenta los resultados obtenidos durante la evaluación ambiental de la bahía de Supe, dando a conocer las condiciones de la calidad ambiental de la bahía en la actualidad.

2. ANTECEDENTES

5. Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 050-2015-OEFA/CD, publicada el 22 de diciembre de 2015, se aprobó el Planefa del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental correspondiente al año 2016, en el cual se indica, entre otros aspectos, que la función evaluadora permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua, con énfasis en aquellas actividades fiscalizadas directamente por el OEFA. Sobre la base de estos criterios, en el mismo documento, el OEFA determinó que una de las evaluaciones de calidad ambiental a ser ejecutadas por la Dirección de Evaluación para el año 2016, sería la bahía de Supe, ubicada en el departamento de Lima, la cual concentra actividades pesqueras, industriales, etc., comprendidas dentro de las competencias del OEFA.
6. En consecuencia, como parte de las actividades programadas en la evaluación ambiental de la bahía de Supe, el personal de la Dirección de Evaluación del OEFA



6
3
0

realizó visitas de reconocimiento del 13 al 16 de diciembre de 2015 y del 25 al 26 de enero de 2016. Producto de lo anterior, se aprobó el Informe N° 057-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, el cual se consideró como insumo importante para la elaboración del Plan de Evaluación Ambiental de la bahía de Supe.

7. El Plan de Evaluación Ambiental de la bahía de Supe aprobado con N° 065-2016/OEFA-DE-SDCA-CEAI, se realizó dando cumplimiento a la función evaluadora del OEFA establecida en el artículo 11° de la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, que indica que la función evaluadora comprende las acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares que realiza el OEFA, según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
8. Por consiguiente, la ejecución de la evaluación ambiental en la bahía de Supe se realizó en el marco del Planefa 2016 del OEFA, a fin de servir como soporte técnico a la función de supervisión directa, en tanto le provee de información sobre los posibles impactos y riesgos de las actividades supervisadas.

3. JUSTIFICACIÓN

9. El Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA correspondiente al año 2016 especifica la función evaluadora de este, el cual comprende el analizar los factores externos que inciden en la calidad del ambiente de las áreas de influencia de las actividades, cuya fiscalización es de competencia directa del OEFA, a través de estudios ambientales especializados y monitoreos sistematizados de componentes ambientales (aire, agua, sedimento, suelo, flora y fauna), ruido y radiaciones no ionizantes. Esta función trasciende las acciones de vigilancia y monitoreo, y de manera inmediata sirve como soporte técnico a la función de supervisión directa, en tanto le provee de información sobre los posibles impactos y riesgos de las actividades supervisadas.
10. Asimismo, en el Planefa 2016 se detalla la programación de las evaluaciones ambientales a desarrollar en el año 2016 por el OEFA, tendiendo como criterio la evaluación de áreas geográficas de mayor impacto que requieran ser evaluadas. Para ello, se considera el número de reportes de situaciones conflictivas relacionadas con la posible contaminación de componentes ambientales, el número de emergencias ambientales, el número de denuncias ambientales registradas en el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (en adelante, Sinada), zonas o áreas en conflicto socioambiental generadas por actividades que son competencia del OEFA, entre otros. Teniendo en cuenta estos criterios, una de las áreas geográficas identificadas como prioritarias para el Planefa 2016 fue la bahía de Supe.
11. De esa manera, considerando las condiciones ambientales y las actividades desarrolladas en la bahía de Supe, y dando cumplimiento al desarrollo del Planefa 2016, la Dirección de Evaluación del OEFA ejecutó la evaluación ambiental de la bahía de Supe a fin de establecer el diagnóstico actual de su calidad ambiental. Los resultados obtenidos de la evaluación ambiental en la bahía de Supe contribuirán a fundamentar la objetividad de las acciones de supervisión y fiscalización de las áreas correspondientes del OEFA y la autoridad ambiental competente.



4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

12. La localidad de Supe ha experimentado un desarrollo industrial asentado principalmente en el litoral costero (Jacinto *et al.*, 1998). En ese contexto, en la bahía de Supe se desarrollan diversas actividades productivas, las cuales pueden ser una fuente potencial de afectación sobre la calidad del ecosistema; siendo una de las principales actividades, la pesca industrial.
13. Al respecto, en la bahía de Supe se han identificado a la fecha, la operación de cinco establecimientos industriales pesqueros (en adelante, EIP). De los cuales, en el rubro de la pesca industrial y procesamiento de recursos hidrobiológicos destinados al consumo humano indirecto (CHI) se encuentran los establecimientos: Pesquera Diamante S.A. (140 tm/h), Pesquera Pelayo S.A. (92 tm/h), (Compañía Pesquera del Pacífico Centro S.A. (90 tm/h) y Tecnológica de Alimentos S.A. – TASA (80 tm/h); mientras, que en el rubro de procesamiento de recursos hidrobiológicos destinados al consumo humano directo (CHD), se encuentra la Fábrica de Conservas California S.A. (550 cajas/turno) (Produce, 2014).
14. En general, una de las consecuencias de la instalación de plantas pesqueras industriales, ha sido la contaminación de bahías debido a la descarga de sus desechos (agua de cola, agua de descarga y desechos del corte principalmente) sobre las aguas marinas (García *et al.*, 2009).
15. El agua utilizada para el bombeo del pescado forma sanguaza (agua más sangre) con los residuos orgánicos producto del deterioro de los tejidos del pescado; la cual, junto a restos de grasas y aceites es expulsada al mar, formándose "halos aceitosos" con materiales suspendidos que modifican la calidad del agua (Cabrera, 1999). El entorno de la chata¹, se convierte en un ecosistema particular, por la caída de residuos orgánicos, escamas, residuos orgánicos, combustible, entre otros, los cuales alcanzan los fondos marinos, causando su deterioro y por ende la afectación de los organismos vivos de la zona, causando un desequilibrio en las propiedades físicas, químicas y biológicas (Cabrera, 1999; García Sifuentes *et al.*, 2009)
16. Además de la emisión de líquidos, las emisiones gaseosas que se generan en esta actividad industrial son el resultado del proceso de combustión interna utilizados para generar energía y en los diversos equipos utilizados en la operación de secado y otros. Los combustibles utilizados en las operaciones mencionadas anteriormente contienen cierto porcentaje de azufre, que luego de su combustión producen el anhídrido Sulfuroso (SO₂) y Monóxido de Carbono (CO) (FAO, 1986 en Cabrera, 1999).
17. La problemática antes mencionada, también ha sido reflejada a través del Sinada, en el cual se registran denuncias sobre los distintos tipos de perturbaciones que estarían provocando los administrados del rubro pesquería sobre la bahía y su entorno.
18. Además, en el distrito de Supe, se tiene la actividad agrícola como actividad principal (Cepes, 1983), cuyos efluentes se vierten directamente al mar en la mayoría de los casos. Adicionalmente, en las visitas de reconocimiento se

¹ Dispositivo flotante que cuenta con mangueras, equipos de bombeo y tuberías absorbentes que se utilizan para el bombeo de la materia prima de la embarcación hasta la planta.

detectaron vertimientos industriales y domésticos clandestinos, lo que sumado a la actividad pesquera industrial, afectarían la calidad de la bahía.

19. Sobre la base de la problemática antes mencionada, se planteó la evaluación ambiental de la bahía de Supe y su entorno, a fin de realizar un diagnóstico de las condiciones ambientales presentes en la bahía.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

20. Realizar el diagnóstico ambiental en la bahía de Supe en relación con las actividades desarrolladas en la bahía y su entorno.

5.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de agua y sedimento en la bahía de Supe y su entorno.
- Determinar el estado de la comunidad de fitoplancton en la bahía de Supe.

6. ALCANCE

21. El presente informe evaluó aquellos componentes ambientales de la bahía de Supe que podrían verse influenciados por actividades cuya fiscalización son de competencia directa del OEFA, y otras que convergen en la bahía. La evaluación ambiental en la bahía de Supe se realizó del 11 al 16 de marzo del 2016 y comprendió a los componentes de agua, sedimento e hidrobiología. Cabe resaltar que se realizó una sola evaluación para todos los componentes, correspondiente a la época de veda.

Respecto a los puntos de monitoreo considerados para la evaluación de calidad de agua en la bahía de Supe y su entorno, adicionalmente a la evaluación de calidad de agua de mar (ambiente submareal e intermareal), se consideraron dos puntos de agua continental² en los ríos Supe y Pativilca, antes de su desembocadura en el mar, y seis puntos de agua tomadas en los vertimientos que descargan en las playas de la bahía.

7. ÁREA DE ESTUDIO

El distrito de Supe Puerto se encuentra ubicado al norte del departamento de Lima, a la altura del kilómetro 188 de la Panamericana Norte. Este distrito se sitúa a una altitud de 6 m.s.n.m., con una superficie de 11,58 Km² y una población económicamente activa dedicada casi exclusivamente a la actividad pesquera artesanal (Minem, 1998).

24. Hacia el sur este de Punta Barranca inicia la bahía de Supe, la cual presenta una extensa zona expuesta al oleaje. Hacia el lado norte se encuentra la playa El Colorado y en el lado sur se ubica el Puerto Supe, esta zona tiene la forma de un

² En este caso se usará el término "agua continental" para referirnos al agua superficial (río), debido a que el término "superficial" se utiliza para identificar uno de los niveles en la columna de agua del ambiente submareal.

semicírculo conformado por una playa de arena baja que colinda por el oeste con Punta Patillo. La bahía tiene 2 millas de largo entre las puntas Barranca y Patillo y cerca de media milla de ancho (ver Anexo A.1 – Mapa de ubicación de la bahía de Supe). La topográfica de fondo submarino decrece gradualmente desde los 18 m en la zona externa de la bahía, hasta los 6 m próximos a la playa (Walsh Perú, 2009).

25. La bahía de Supe posee diversas características como son su geografía, batimetría y variables ambientales; además, de formar parte de una de las cuatro zonas con mayor afloramiento en la costa peruana. Por tanto, es una de las mejores localidades de refugio en donde se ha encontrado una gran biodiversidad marina, especialmente de juveniles de especies costeras de importancia comercial (GEF-ONUDI-IMARPE-IFOP, 2002).
26. Dentro del área comprendida en la bahía de Supe, no descargan sus aguas ningún río costero; sin embargo, fuera de la bahía hacia el lado norte como el sur, desembocan los ríos Pativilca y Supe respectivamente. El río Pativilca, ubicado en la cuenca del mismo nombre, es un río de la costa central del Perú, desembocando en el Océano Pacífico, al norte de la bahía de Supe. Como la mayoría de los ríos de la costa es de régimen irregular y de carácter tormentoso, en su mayoría sus aguas son utilizadas para la agricultura (Minem, 1998). El río Supe, presenta características similares a las del río Pativilca, ubicado en la cuenca del mismo nombre desembocando en el Océano Pacífico, al sur de la bahía de Supe, cuyas aguas son utilizadas por los agricultores de dicho valle (Cepes, 1983).
27. Las aguas de estos ríos son utilizadas mayormente para el regadío de campos de cultivo de los distritos de Supe y Supe Puerto, las cuales, mediante vertimientos, llegan posteriormente al mar.

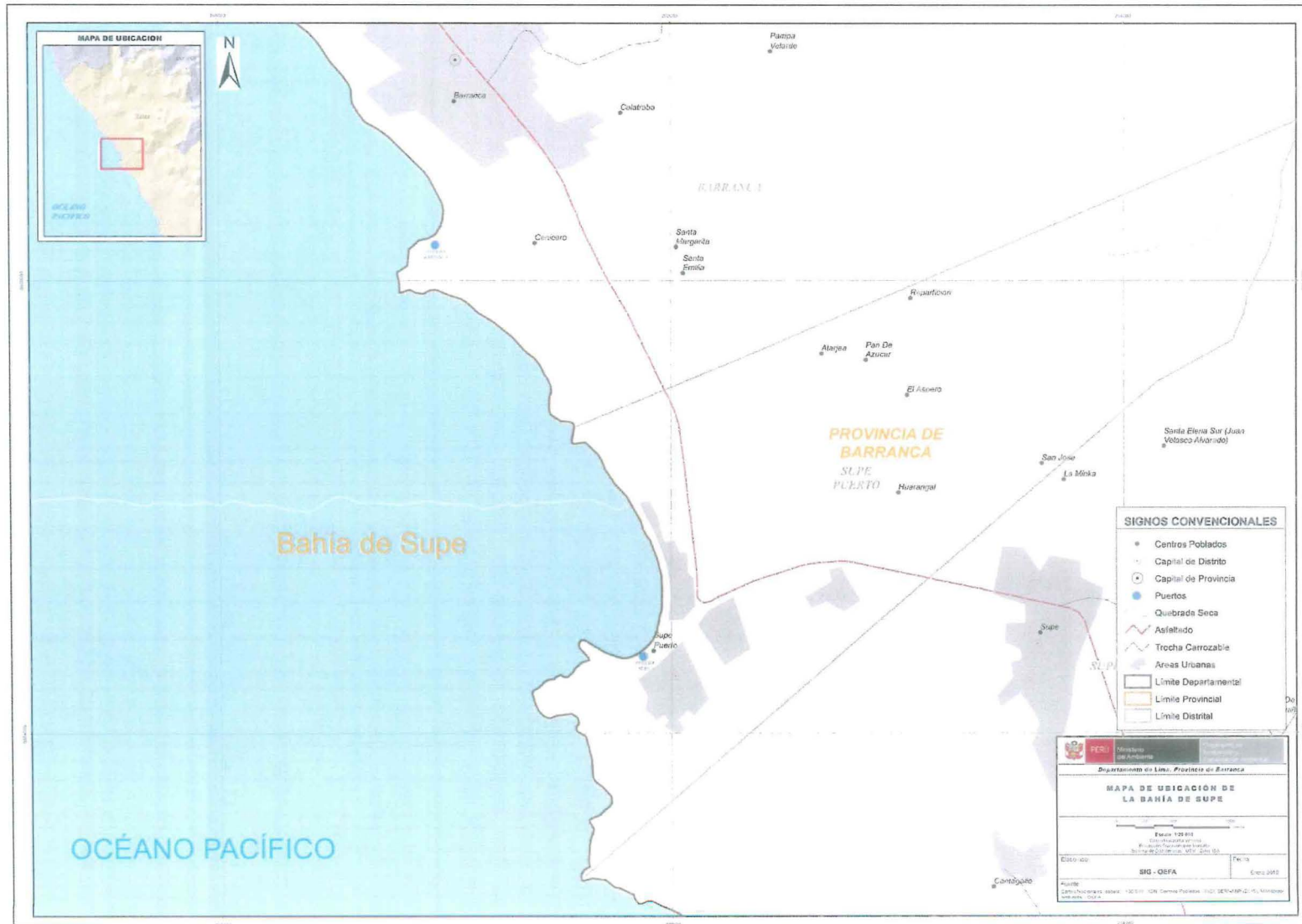
28. De acuerdo con la información anteriormente detallada, el área de estudio abarcará toda la bahía de Supe (ambiente intermareal³ y submareal⁴), además de la zona cercana a las desembocaduras de los ríos Pativilca (ubicado en el distrito de Pativilca) y Supe (distrito de Supe), ubicados en la provincia de Barranca, departamento de Lima.



3 Zona del mar comprendida entre las mareas alta y baja, en donde los organismos bentónicos son cubiertos por el mar y expuestos al aire periódicamente, marca el límite del ecosistema terrestre con el ecosistema marino

4 Zona del mar que se extiende desde el nivel promedio de bajamar hasta los 200 m de profundidad o hasta el extremo de la plataforma continental. Viene a ser la continuación del ambiente intermareal hacia mar adentro.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"



6
3
0

Figura 7-1. Ubicación de la bahía de Supe.

8. MARCO CONTEXTUAL

29. Con la finalidad de brindar los aspectos más importantes en los que se desarrollará la presente evaluación ambiental, en esta sección se precisarán las características ambientales de la bahía de Supe, las actividades identificadas en su entorno y su problemática ambiental.

8.1 Características ambientales de la bahía de Supe

30. Conforme la geomorfología de la bahía de Supe, en la franja comprendida entre las líneas de baja y alta marea, se presenta una ligera pendiente en dirección Oeste. Posteriormente, mientras se va alejando del mar, se observa una pendiente suave y luego una pendiente plana hasta llegar a las formaciones orográficas que circundan la bahía de Supe. En general, la bahía de Supe presenta una morfología ondulada, poco agreste, con presencia de colinas y lomas, con taludes de poca elevación, generalmente cubiertas por una capa de arenas eólicas, en gran parte aprovechadas como área urbana (Ecofish, 2005). Por otro lado, la línea litoral de la bahía se caracteriza por la presencia de playas arenosas y acantilados naturales (extremo norte de la bahía).
31. El sistema de corrientes marinas, frente a la bahía de Supe, se ve influenciada principalmente por la Corriente Costera Peruana (CCP). Esta corriente, en la zona externa de la bahía, fluye de sur a norte con una velocidad que fluctúa entre 5 a 15 cm/s; siendo más intensa durante el invierno y disminuyendo su actividad en verano. Existen también flujos de contracorriente que van de norte a sur hacia punta Barranca, lo que ocasiona que en la zona interna de la bahía de Supe (ensenada) la corriente gire en sentido horario (Jacinto et al., 1998) (Ver Figura 8-1). Por otra parte, la bahía de Supe se caracteriza por presentar masas de aguas conocidas como Aguas Costeras Frías (ACF), las cuales presentan temperaturas de 14 a 18 °C, y salinidad de 34,9 y 35,0 unidades prácticas de salinidad (ups); asimismo, se han registrado ingresos de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con temperatura y salinidad superiores a 17 °C y 35,1 ups. (Morón, 2000).

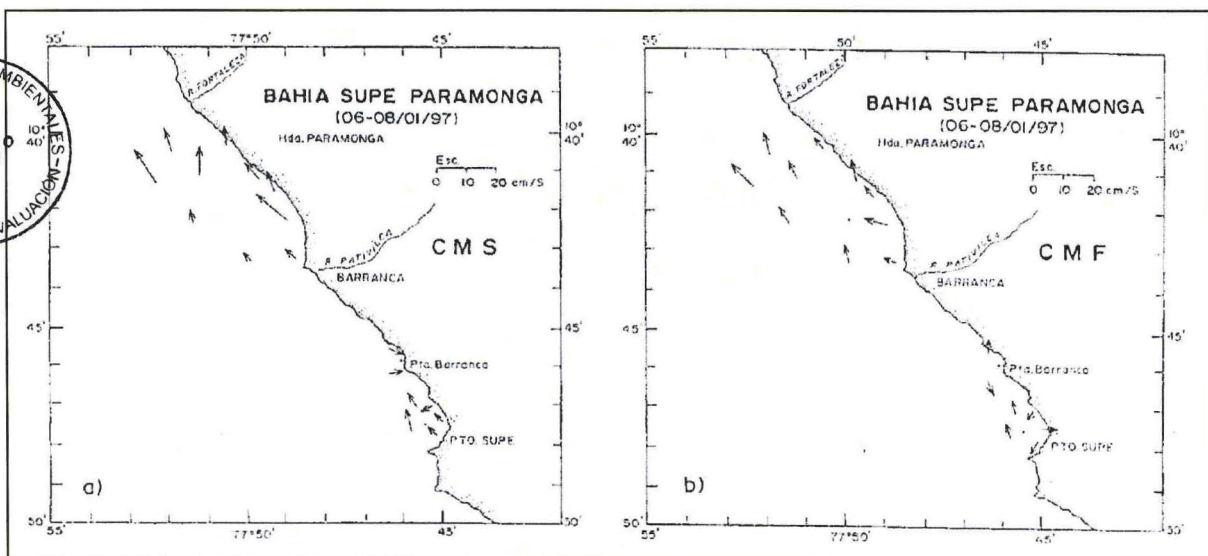


Figura 8-1. Distribución de la corriente marina en a) Superficie (izquierda) y b) Fondo (derecha), de bahía Supe – Paramonga. Fuente: Tomado de Jacinto et al., 1998.

32. Con respecto a los sedimentos marinos superficiales de la bahía de Supe, estos presentan una textura arenosa casi en su totalidad, exenta de limo y arcilla en algunas zonas. Adicional a esto, la bahía de Supe presenta fondos impactados por efluentes domésticos e industriales con moderado contenido de materia orgánica (Jacinto *et al.*, 1998).
33. Además, los ríos Pativilca y Supe descargan sus aguas en el entorno norte y sur de la bahía respectivamente, ambos con régimen irregular, con mayor caudal en los meses de verano, producto de las lluvias en la sierra de la provincia de Lima (Cepes, 1983; Minem, 1998). Estos ríos pueden aportar grandes cantidades de sedimento (Rivera & Chira, 2011).

8.2 Actividades identificadas

34. Las actividades más importantes identificadas en la bahía de Supe y su entorno, son las actividades portuarias y comerciales, de las cuales, destaca principalmente la actividad pesquera artesanal e industrial. Los establecimientos industriales pesqueros (EIP) producto de la actividad pesquera industrial, se dedican esencialmente al procesamiento de harina y aceite de pescado, y al procesamiento de productos de consumo humano directo; en este caso, los enlatados. En la Tabla 8-1 se muestra la lista de administrados del subsector pesquería que son competencia del OEFA y que operan en la zona de influencia de la bahía de Supe.

Tabla 8-1. Establecimientos industriales pesqueros (EIP) en la bahía de Supe.

Nº	Razón social	Ubicación	Actividad pesquera
1	Compañía Pesquera del Pacífico Centro S.A.	Supe Puerto	Harina y Aceite de Pescado
2	Fábrica de conservas California S.A.	Supe Puerto	Enlatado
3	Pesquera Diamante S.A.	Supe Puerto	Harina y Aceite de Pescado
4	Pesquera Pelayo S.A.C.	Supe Puerto	Harina y Aceite de Pescado
5	Tecnología de Alimentos S.A.	Supe	Harina y Aceite de Pescado

Fuente: Elaboración propia a partir del Planefa 2016 – Anexo 1: Coordinación pesquería del OEFA (2015)

35. Por otro lado, la actividad pesquera artesanal en la bahía de Supe (importante en la economía de la población de la zona) representa en promedio, entre el puerto de Supe y la caleta Vidal, alrededor del 5% de los desembarques nacionales de recursos hidrobiológicos, tal como se observa en la Figura 8-2.



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

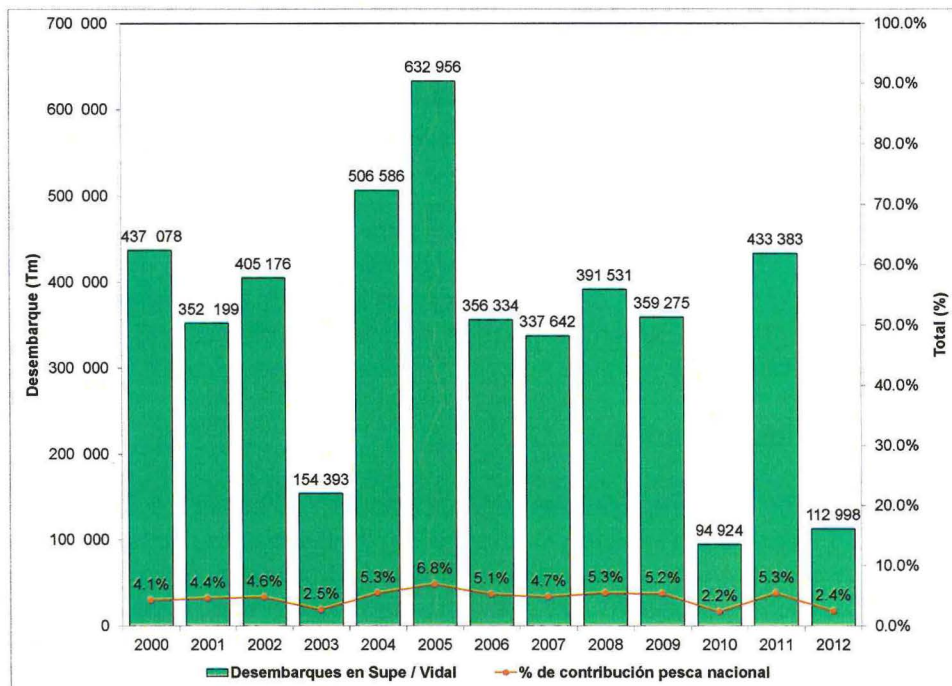


Figura 8-2 Desembarques (Tm y %) de recursos hidrobiológicos en Puerto Supe / Caleta Vidal desde el 2004 al 2012.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Anuario de Estadísticas Ambientales 2014 del Ministerio de Producción – Oficina general de Tecnología de la Información Estadística.

36. Además de las actividades pesqueras, en el puerto de Supe se promueve actividades de tráfico marítimo o portuario; no obstante, al ser un puerto de categoría menor, sólo se utiliza para la exportación. En tal sentido, en la Figura 8-3 se puede apreciar el número de buques arribados y el tráfico de carga en el puerto de Supe.

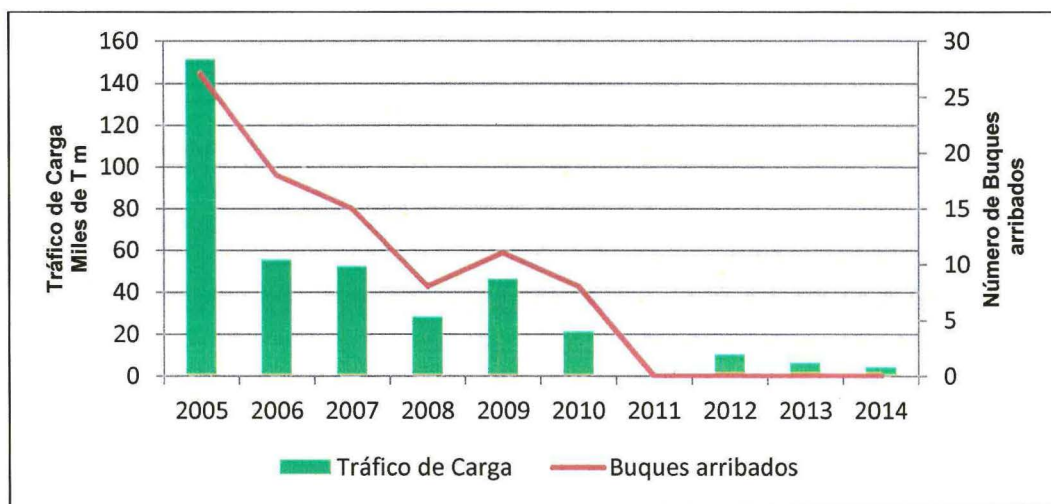


Figura 8-3. Tráfico de Carga (Miles de Toneladas) y número de naves arribadas al puerto de Supe durante el 2005-2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Anuario 2014 de la Autoridad Nacional Portuaria.

37. Finalmente, la bahía de Supe también constituye una zona de recreación balnearia y turismo; como toda actividad antrópica, puede provocar impactos negativos en la calidad ambiental del litoral de la bahía de Supe.



6
3
0

8.3 Problemática ambiental

38. Antes de todo, es necesario conocer sobre los principales aspectos ambientales relacionados a las actividades de las empresas productoras de harina y aceite de pescado (principales actividades desarrolladas en la bahía de Supe). Por consiguiente, según (Cabrera Carranza, 2002), estos aspectos están relacionados a los efluentes industriales, los cuales poseen altas concentraciones de aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y otros parámetros orgánicos; estos parámetros afectarían las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y del oxígeno disuelto (OD). Sin embargo, conforme se observa en los instrumentos de gestión ambiental, los EIP cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, de modo que las concentraciones de los parámetros mencionados se verían reducidos y cumplirían con los valores establecidos en la Norma correspondiente⁵. Por otra parte, estas aguas (efluentes) son vertidos a través de emisores submarinos ubicados hasta los 500 m aproximadamente de la línea de costa en la bahía de Supe. En el Anexo I se detallan las resoluciones vigentes que autorizan el vertimiento de estas aguas residuales industriales tratadas, así como su caudal con régimen intermitente.
39. No obstante, con respecto a los antecedentes, sobre estudios efectuados en la zona, el instituto del mar del Perú (Imarpe), en el año 1997, realizó un estudio sobre las condiciones oceanográficas y ambientales de la zona comprendida entre Supe y Paramonga (Jacinto et al., 1998); en el cual, se encontró que la mayoría de parámetros se ajustaron a la normativa establecida en ese entonces (Ley general de aguas – DL N°17756). Sin embargo, como parte de los resultados, se observó que las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) fueron bajas a nivel superficial y fondo. Además, en las evaluaciones realizadas en playa, se identificaron contaminantes provenientes de fuentes de origen doméstico e industriales pesqueros.

Por otro lado, la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), en su Informe N° 05324-2009-DEPA-APRHI/DIGESA (Digesa, 2009), denominado: "Informe de monitoreo de cuerpo receptor de la bahía de Supe"; señala que -en la segunda temporada de pesca del año 2009- los parámetros demanda biológica de oxígeno (DBO) y oxígeno disuelto (OD), excedieron el valor establecido en la Norma consultada⁶. En necesario mencionar, que el monitoreo fue realizado tomando en cuenta los emisores submarinos de los establecimientos industriales pesqueros en la bahía Supe.

Asimismo, según el Plan Maestro Optimizado 2009 - 2038, elaborado por la Empresa Prestadora de Servicio (EPS) SEMAPA Barranca S.A.; en Supe Pueblo, el agua es abastecida por una fuente superficial, cuyo aprovisionamiento se realiza mediante la derivación de las aguas del río Pativilca, por medio del canal de regadío de San Nicolás. También se menciona sobre la potencial fuente de agua subterránea que posee el Supe Pueblo, la cual puede ser aprovechada por medio de galerías filtrantes y pozos profundos. Además, se cuenta con una fuente subterránea, proveniente del acuífero sub-superficial que se inicia a partir de la

⁵ Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, sobre Límites Máximos Permisibles para la industria de harina y aceite de pescado.

⁶ Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) Categoría 4 – sub categoría Ecosistemas Marino Costeros.

cuenca del río Pativilca, producto también de las filtraciones de los sistemas de regadío aguas arriba de lugar denominado Purmacana, las cuales son bombeadas a la planta de tratamiento de agua potable "Pan de Azúcar". Dicha planta cuenta con: almacén de reactivos, dosificación de coagulantes, mezcla rápida, floculadores, decantadores de flujo laminar, filtros de tasa declinantes, sistema de desinfección y laboratorio e instalación de control de calidad. Asimismo, con respecto al servicio de alcantarillado, menciona que las aguas residuales no reciben ningún tratamiento y son descargadas directamente al mar, a través de un canal de regadío conocido como El Total; además, una parte de estas aguas residuales son utilizadas por los agricultores de la zona, para el regadío de sus cultivos (Municipalidad de Barranca, 2008).

42. Es importante mencionar que ningún río descarga directamente sus aguas en la bahía de Supe; sin embargo, hacia el norte y sur se encuentran los ríos Supe y Pativilca respectivamente, los cuales son utilizadas para el regadío de campos de cultivo ubicados en el distrito de Supe Puerto (Minagri, 2008). Las aguas de estos ríos aportarían compuestos orgánicos en sus desembocaduras. Esto se puede evidenciar, conforme los resultados del informe de Monitoreo Ambiental de la Dirección de Evaluación del OEFA (Informe N° 029-2015-OEFA/DE-SDCA)⁷, en el cual se evidencia que los parámetros nitrógeno amoniacal y níquel total superaron el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM), Categoría 4 – sub categoría Ecosistemas Marino Costeros – Marinos, en los puntos de monitoreo ubicados en la desembocadura del río Pativilca y el litoral de la bahía Supe.
43. La información antes detallada, describiría la problemática ambiental identificada en la bahía de Supe; sin embargo, esta situación también se vería reflejada en las denuncias ambientales registradas en el Sinada sobre las distintas actividades desarrolladas en la bahía y su entorno, las cuales se mencionan a continuación:

- "Se está arrojando al mar, aguas de color rojas y la empresa Pacifico centro es la única que no cuenta con equipos de tratamiento químico en sus aguas industriales. Denuncia realizada el 13 de mayo de 2014, con código Sinada SC-0339-2014".
- "Se ve como contaminan cuando encienden sus calderas el hollín se deposita en las casas, en la calle, en el mar y lo peor en los campos de sembrío, todos sus desagües lo arrojan al mar o a la calle tengo fotos emplean soda cáustica para lavar sus posas de recepción de pesca y luego lo vierten al mar de las 5 plantas pesqueras ninguna tienen reportes de monitoreo de emisiones industriales diamante usa para su producción de harina agua de regadío y también los otros ninguna planta cuenta con tanque pulmón para almacenar sus afluentes de limpieza tampoco cuentan con tanque de coagulación para el tratamiento de su sanguaza. Denuncia realizada el 12 de mayo de 2014, con código Sinada SC-0325-2014".

44. Asimismo, algunos de los administrados ubicados en la bahía y su entorno, presentan distintas sanciones administrativas producto de infracciones ambientales

⁷ Informe N° 029-2015-OEFA/DE-SDCA. Informe de monitoreo de agua de mar realizado en la costa frente a los distritos Supe y Paramonga, a solicitud de la Fiscalía Provincial de Prevención del Delito y Materia Ambiental de Barranca.

cometidas durante el desarrollo de sus actividades. En la Tabla 8-2, se presenta la lista de las principales sanciones administrativas impuestas a los administrados ubicados en la bahía de Supe y su entorno.

Tabla 8-2. Lista de sanciones administrativas impuestas a los administrados por incumpliendo de la normativa ambiental en la bahía de Supe

Nombre del Administrado	Expediente	Sector Económico	Infracción Cometida	Resolución de Sanción
Pesquera Diamante S.A.	864-2013-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplir normas de protección ambiental	090-2016-OEFA/DFSAI
Pesquera 2020 S.A.C.	824-2014-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplimiento del Instrumento de Gestión Ambiental	102-2015-OEFA/DFSAI
Pesquera Hayduk S.A.	390-2014-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplimiento del Instrumento de Gestión Ambiental	1027-2015-OEFA/DFSAI
Agroindustrias Supe S.A.C.	2704-10-PRODUCE/DIGSE COVI-Dsvs	Pesquería	Incumplimiento de normas de residuos sólidos	1651-2011-PRODUCE/DIGSECOVI
Compañía Pesquera del Pacífico Centro S.A.	223-2012-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplimiento del Instrumento de Gestión Ambiental	096-2015-OEFA/DFSAI
Negociación Pesquera del Sur S.A.	1114-2013-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplimiento del Instrumento de Gestión Ambiental	720-2015-OEFA/DFSAI
Tecnológica de Alimentos S.A.	1068-2013-OEFA/DFSAI/PAS	Pesquería	Incumplimiento del Instrumento de Gestión Ambiental	288-2016-OEFA/DFSAI

9. METODOLOGÍA

En esta sección se describen las metodologías utilizadas y desarrolladas por cada componente ambiental (calidad de agua, calidad de sedimento e hidrobiología), estableciéndose así, los lineamientos a seguir con la finalidad de lograr un diagnóstico ambiental en la bahía de Supe. Para ello, primero se estableció la ubicación y distribución de los puntos de monitoreo, luego se definieron los protocolos de monitoreo, seguido de los parámetros que serán analizados por componente, finalizando con los criterios de análisis de datos, donde se establecerán las normas de comparación y las herramientas utilizadas para la evaluación de cada componente de manera individual, así como su comportamiento dinámico (distribución) a través de herramientas numéricas (estadística).

9.1 Calidad de agua en la bahía de Supe y su entorno

9.1.1 Puntos de monitoreo

La distribución y ubicación de los puntos de monitoreo, considerados en esta evaluación, se establecieron primero en gabinete, a través de la revisión de toda la información disponible sobre las actividades desarrolladas en la bahía de Supe y su área de influencia, y luego, durante las visitas de reconocimiento respectivas, se validaron las mismas y se establecieron nuevos puntos de monitoreo *in situ*. Toda esta distinción, se efectuó a partir de los criterios siguientes:

- Puntos de monitoreo de agua de mar de acuerdo a su ubicación dentro de la bahía (ambiente submareal o intermareal).
- Puntos de monitoreo de agua de mar ubicados cerca a los vertimientos identificados, cerca del ambiente intermareal, durante las visitas de reconocimiento.
- Puntos de monitoreo en agua de mar ubicados cerca a los vertimientos declarados por los EIP (emisores submarinos).
- Puntos de monitoreo en agua de mar ubicados cerca a las chatas de los EIP en el ambiente submareal.
- Puntos de monitoreo en agua continental ubicados cerca de la desembocadura de los ríos aledaños, con la finalidad de evaluar la influencia de estos sobre bahía de Supe.
- Puntos de monitoreo considerados como referenciales, donde la actividad antropogénica es menor.

47. De acuerdo a lo anterior y para evaluar la calidad ambiental del agua de mar en la bahía de Supe y su área de influencia, se establecieron 38 puntos de monitoreo en el ambiente submareal, en cada uno de ellos se tomaron muestras superficiales, a media profundidad (ver párrafo N° 54) y de fondo (a un metro antes del fondo); asimismo, se tomaron seis puntos de monitoreo en el ambiente intermareal (playas), seis puntos de monitoreo en los vertimientos y dos de agua continental en el río Pativilca y Supe antes de su desembocadura en la bahía.

48. En el Anexo A.2 (Mapa de puntos de monitoreo ambiente submareal) se puede observar los puntos de monitoreo de agua de mar del ambiente submareal de la bahía de Supe. Algunos puntos de monitoreo de la zona norte y un punto en la zona sur son considerados como puntos de referencia; el resto de puntos de la zona norte y la zona sur, y los puntos de la zona centro de la bahía, servirán para evaluar la influencia de la actividad industrial pesquera sobre la calidad del cuerpo marino y su variabilidad respecto de las corrientes marinas locales. El detalle de estos puntos se presenta en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1. Puntos de monitoreo en el ambiente submareal de agua de mar en la bahía de Supe

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Prof. (m)	Nivel de muestreo			Coordenadas UTM	
				S	M	F	WGS-84 - Zona 18L	
							Este (m)	Norte (m)
1	AMS1-1	Punto ubicado en el mar, a 350 m. aprox. Perpendicular a la playa Isla del Faraón	9	X	-	X	198 836	8 804 611
2	AMS2-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	8,5	X	-	X	199 313	8 805 901
3	AMS2-2	Punto ubicado en el mar, a 450 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	11	X	X	X	199 313	8 804 901
4	AMS2-3	Punto ubicado en el mar, a 750 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	9	X	-	X	198 611	8 804 868
5	AMS2-4	Punto ubicado en el mar, a 1 km. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	13	X	X	X	198 097	8 804 707



6
3
9

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Prof. (m)	Nivel de muestreo			Coordenadas UTM	
				S	M	F	WGS-84 - Zona 18L	
							Este (m)	Norte (m)
6	AMS2-5	Punto ubicado en el mar, a 1,5 km. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	17	X	X	X	198 073	8 804 854
7	AMS2-A	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de la Pesquera Pelayo, aproximadamente a 70 m., al noroeste del muelle de Puerto Supe.	4,5	X	-	X	199 456	8 804 943
8	AMS3-1	Punto ubicado en el mar, a 190 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	5	X	-	X	199 583	8 805 111
9	AMS3-A	Punto ubicado en el mar, Chata TASA 2 a 370 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	X	-	X	199 404	8 805 101
10	AMS3-B	Punto ubicado en el mar, boya indicadora de un emisor submarino a 330 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	X	-	X	199 431	8 805 143
11	AMS3-C	Punto ubicado en el mar, boya indicadora de un emisor submarino a 240 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	X	-	X	199 523	8 805 187
12	AMS3-D	Punto ubicado en el mar, boya indicadora del emisor submarino de TASA a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	X	-	X	199 562	8 805 234
13	AMS3-E	Punto ubicado en el mar, Chata PETSA 3 a 420 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	X	-	X	199 335	8 805 146
14	AMS3-2	Punto ubicado en el mar, a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	9	X	-	X	199 296	8 805 114
15	AMS3-F	Punto ubicado en el mar, chata Diamante a 420 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	6,5	X	-	X	199 365	8 805 268
16	AMS3-G	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de Pacifico Centro a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	7,5	X	-	X	199 294	8 805 159
17	AMS3-H	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de Pesquera Diamante a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	7,5	X	-	X	199 285	8 805 206
18	AMS3-I	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de TASA a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	8	X	-	X	199 273	8 805 221
19	AMS3-3	Punto ubicado en el mar, a 700 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	3,5	X	-	X	199 085	8 805 116
20	AMS3-4	Punto ubicado en el mar, a 950 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	11,5	X	X	X	198 833	8 805 111
21	AMS3-6	Punto ubicado en el mar, a 2 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	16	X	X	X	197 836	8 805 119
22	AMS4-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	5,5	X	-	X	199 583	8 805 361
23	AMS4-A	Punto ubicado en el mar, Chata TASA a 400 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	6	X	-	X	199 340	8 805 368



6
3
0

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Prof. (m)	Nivel de muestreo			Coordenadas UTM	
				S	M	F	WGS-84 - Zona 18L	
							Este (m)	Norte (m)
24	AMS4-2	Punto ubicado en el mar, a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	10	X	-	X	199 084	8 805 364
25	AMS4-3	Punto ubicado en el mar, a 900 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	12	X	X	X	198 832	8 805 362
26	AMS4-4	Punto ubicado en el mar, a 1,4 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	18	X	X	X	198 372	8 805 363
27	AMS4-5	Punto ubicado en el mar, a 1,9 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	16	X	X	X	197 831	8 805 361
28	AMS5-1	Punto ubicado en el mar, a 350 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	8,5	X	-	X	199 583	8 805 361
29	AMS5-A	Punto ubicado en el mar, Chata Don Oscar a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	9	X	-	X	199 078	8 805 619
30	AMS5-2	Punto ubicado en el mar, a 850 m. aprox., al sur de la playa el Faraon.	9,5	X	-	X	198 702	8 803 615
31	AMS5-3	Punto ubicado en el mar, a 1,3 Km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	16	X	X	X	198 334	8 805 614
32	AMS5-4	Punto ubicado en el mar, a 1.9 Km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	17	X	X	X	197 830	8 805 624
33	AMS6-1	Punto ubicado en el mar, a 1 Km. aprox., frente a playa El Colorado	12	X	-	X	198 581	8 805 857
34	AMS6-2	Punto ubicado en el mar, a 2 Km. aprox., frente a playa El Colorado	17	X	X	X	197 586	8 805 867
35	AMS7-1	Punto ubicado en el mar, a 840 m. aprox., frente a Punta San Pedro	10	X	-	X	198 337	8 806 462
36	AMS7-2	Punto ubicado en el mar, a 1.8 Km. aprox., frente a Punta San Pedro	17	X	X	X	197 336	8 806 455
37	AMS8-1	Punto ubicado en el mar, a 750 m. aprox., frente a Playa Atrarraya	13	X	-	X	197 990	8 806 953
38	AMS9-1	Punto ubicado en el mar, a 1 km. aprox., frente a Punta Barranca	9	X	-	X	197 736	8 807 367

S: Superficie, M: Media; F: Fondo
- : no se evaluó

49. En el Anexo A.4 (Mapa puntos de monitoreo ambiente intermareal) se puede observar la distribución y ubicación de los puntos de monitoreo de agua de mar del ambiente intermareal (playa) en la bahía de Supe. Estos puntos de monitoreo fueron ubicados en toda la línea de costa de la bahía donde existen actividades de pesquería que son competencia del OEFA; así como otras fuentes (vertimiento de efluentes domésticos) que puedan influenciar en la calidad del agua del cuerpo marino, las mismas que fueron identificadas durante las visitas de reconocimiento respectivas. En general se establecieron seis puntos de monitoreo a lo largo del ambiente intermareal. El punto AMIS-6 es considerado como punto de referencia. El detalle de estos puntos se presenta en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2. Puntos de monitoreo en el ambiente intermareal (playa) de agua de mar en la bahía de Supe.

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 18L	
			Este (m)	Norte (m)
1	AMIS-1	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, al sur de Punta San Pedro.	199 282	8 806 429
2	AMIS-2	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, al oeste de los campos de cultivo.	199 714	8 805 603
3	AMIS-3	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, frente a la Pesquera Pacifico Centro y Pesquero Diamante.	199 758	8 805 206
4	AMIS-4	Punto ubicado en el ambiente intermareal, al lado norte del muelle Puerto Supe, frente a la Pesquera Pelayo.	199 788	8 804 995
5	AMIS-5	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa Servimar, al lado sur del muelle Puerto. Supe.	199 603	8 804 660
6	AMIS-6*	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa la Isla del Faraón	199 168	8 804 647

* Punto de referencia.

50. Asimismo, en el área de influencia de la bahía se consideran puntos de monitoreo de agua continental en los ríos Pativilca y Supe, cerca de su desembocadura al mar (ver Anexo A.4 – Mapa puntos de monitoreo de agua continental). Si bien no desembocan directamente en la bahía, pueden tener influencia sobre ésta. El detalle de estos puntos se presenta en la Tabla 9-4.

Tabla 9-3. Puntos de monitoreo de calidad de agua continental en el río Supe y Pativilca

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 18L	
			Este (m)	Norte (m)
1	ASVS-1	Punto ubicado en la zona de la desembocadura del río Supe.	203 659	8 799 256
2	ASVS-2	Punto ubicado en la zona de la desembocadura del río Pativilca.	195 116	8 812 584

51. Durante las visitas de reconocimiento se identificaron seis efluentes en el ambiente intermareal; pero sin determinar su origen o procedencia (ver Anexo A.5 – Mapa puntos de monitoreo de vertimientos). Sin embargo, los resultados obtenidos se podrían relacionar con los resultados de los puntos de monitoreo del ambiente intermareal. El detalle de estos puntos se presenta en la Tabla 9-4.

Tabla 9-4. Puntos de monitoreo de efluentes industriales y domésticos no tratados

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 8L	
			Este (m)	Norte (m)
1	ASVS-3	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el canal de regadío L3 Atarraya.	199 257	8 806 508
2	ASVS-4	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el canal de regadío L3 Cervantes.	199 392	8 806 344
3	ASVS-5	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el canal de regadío L2 El Pueblo (lado norte).	199 605	8 806 007

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 8L	
			Este (m)	Norte (m)
4	ASVS-6	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el canal de regadío L2 El Pueblo (lado sur).	199 695	8 805 870
5	ASVS-7	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el canal de regadío.	199 893	8 805 229
6	ASVS-8	Punto ubicado en el ambiente intermareal de la bahía Supe, en el colector de desagües L4 – Cementerio.	199 872	8 804 912

52. El detalle de la ubicación, características del agua de mar, continental y vertimientos, así como la fecha y hora de colecta de muestras, se consignó en las hojas de registro de datos de campo de calidad de agua llenados durante la evaluación (ver Anexo C.1)

9.1.2 Protocolos de monitoreo

53. La colecta de muestras de agua de mar y agua continental, se realizó tomando en consideración el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales", aprobado con la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (ver Tabla 9-5).

54. Conforme lo establecido en el protocolo de monitoreo mencionado, se debe considerar la toma de muestra en tres niveles⁸ (superficie, termoclina y a un metro del fondo); sin embargo, cuando no fue posible identificar la termoclina, la toma de muestras se realizó a profundidad media de la columna de agua, siempre y cuando se supere los 10 m de profundidad; con la finalidad de obtener mayor información sobre la variación en la distribución de los posibles contaminantes⁹ en la columna de agua. Los puntos en los que se tomaron muestras a profundidad media se detallan en la Tabla 9-1.



55. En el ambiente submareal, la toma o colecta de muestras se realizó utilizando una botella de Nizkin de 5 L de capacidad. El cual, fue abierto y sumergido hasta la profundidad deseada, donde se activó el mecanismo de cierre, capturando el agua de mar. Luego de ello, las muestras fueron colectadas y preservadas dentro de sus recipientes correspondientes de acuerdo con las indicaciones del laboratorio encargado del análisis.



56. En el ambiente intermareal y agua continental (río), la colecta de muestras se hizo mediante la toma de muestra directa del cuerpo de agua con los recipientes proporcionados por el laboratorio. Finalmente, para el caso de vertimientos, la colecta se realizó siguiendo los mismos procedimientos de agua continental, por adaptarse al tipo de colecta. Las muestras colectadas fueron enviadas a los laboratorios encargados del análisis, para lo cual se llenaron las cadenas de custodia correspondientes (ver Anexo D.1 – Cadenas de custodia de calidad de agua).

⁸ En la sección 6.5.3 (Mar) del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales indica: "(...) Se debe considerar la toma de muestras en superficie, termoclina y a un metro de fondo. (...)".

⁹ "La presión hidrostática se acrecienta a razón de una atmósfera por cada 10 metros de profundidad, provocando una disminución de la temperatura (...)" (Rojas, 2010)"

Tabla 9-5. Protocolos y procedimientos de monitoreo de calidad de agua

Componente Ambiental	Protocolo	País	Institución	Dispositivo Legal	Sección referenciada	Año
Agua marino - costero y continental	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	Perú	Autoridad Nacional del Agua	Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA	Sección 6.5.3 Mar pág. 12-31	2016

9.1.3 Parámetros analizados

57. Los parámetros evaluados en los componentes de calidad de agua de mar y agua continental se determinaron en función de los parámetros considerados en los ECA para Agua, aprobado según Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Sin embargo, para esta evaluación se consideraron algunos parámetros adicionales tomando en cuenta el tipo de actividades desarrolladas en la bahía (ver Tabla 9-6).
58. Del mismo modo, los parámetros considerados para caracterizar los vertimientos, fueron los mismos parámetros considerados para evaluar el agua de mar y el agua continental, de modo que se pueda tener el mismo nivel de referencia, y poder ver el efecto de estos vertimientos en los cuerpos de agua marino receptor (ver Tabla 9-6).

Tabla 9-6. Lista de parámetros analizados en el ambiente submareal

Componente ambiental	Parámetros	
Agua de mar	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - pH - Conductividad - Oxígeno Disuelto - Metales totales - N-Nitritos - N-Nitratos - Silicio total - P-Fosfatos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aceites y grasas - Coliformes totales - Coliformes termotolerantes - Demanda Bioquímica de Oxígeno - Demanda Química de Oxígeno - Sulfuros - Sólidos suspendidos totales - Hidrocarburos totales de petróleo
Agua continental	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - pH - Conductividad - Oxígeno Disuelto - Metales totales - N-Nitritos - N-Nitratos - Silicio total - P-Fosfatos - Aceites y grasas 	<ul style="list-style-type: none"> - Coliformes totales - Coliformes termotolerantes - Demanda Bioquímica de Oxígeno - Demanda Química de Oxígeno - Sulfuros - Sulfatos - Sólidos suspendidos totales - Hidrocarburos totales de petróleo - Pesticidas y Plaguicidas
Vertimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - pH - Conductividad - Oxígeno Disuelto 	<ul style="list-style-type: none"> - Aceites y grasas - Coliformes totales - Coliformes termotolerantes - Demanda Bioquímica de Oxígeno



6
3
0

Componente ambiental	Parámetros
	- Metales totales
	- N-Nitritos
	- N-Nitratos
	- Silicio total
	- P-Fosfatos
	- Demanda Química de Oxígeno
	- Sulfuros
	- Sólidos suspendidos totales
	- Hidrocarburos totales de petróleo
	- Pesticidas y Plaguicidas

59. La metodología analítica de los parámetros considerados en esta evaluación, se pueden verificar en los informes de ensayo de los laboratorios encargados del análisis de muestras: Inspectorate Services Peru S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C. (ver Anexo H.1 – Informes de ensayo de laboratorios). Las instituciones encargadas del análisis de muestras de calidad de agua fueron laboratorios debidamente acreditados por la entidad correspondiente (ver Anexo G – Certificado de acreditación de laboratorios).
60. En el caso de los parámetros de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, estos fueron medidos directamente en campo usando equipos multiparámetro, los cuales se encontraban previamente calibrados (ver Anexo F – Certificado de calibración de equipos de monitoreo).

9.1.4 Criterios de análisis de datos

61. El análisis de la calidad de agua de mar se realizó considerando dos aspectos principales, el primero en el marco del cumplimiento de la normativa vigente y el segundo en la identificación de áreas con mayor afectación a través de herramientas estadísticas.

62. En cuanto al cumplimiento de la normativa, la evaluación de la calidad de agua de mar se realizó a través de la comparación con la modificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para agua), aprobado según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Por otro lado, la categoría aplicada a los distintos puntos de monitoreo dentro de la bahía se determinó en función de la Clasificación de Cuerpo de Agua Marino – Costero, aprobado según Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA (ver Anexo A.2 y A.3 – Mapas de los puntos de monitoreo del ambiente submareal e intermareal), la cual establece para la bahía de Supe las categorías y subcategorías siguientes:

- Categoría 1: Aguas superficiales destinadas para recreación; sub categoría B1: contacto primario, en adelante ECA C1 (B1); puntos que se encuentran dentro de los primeros 500 metros de la franja costera.
- Categoría 2: Agua de mar; sub categoría C3: otras actividades, en adelante ECA C2 (C3); puntos que se encuentran a partir de los 500 metros de la franja costera.

63. Debido a que el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y la Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA no especifica la aplicación de los ECA en los tres niveles de profundidad en la columna de agua (superficie media, fondo); en la presente evaluación se aplicará el ECA para agua indistintamente al nivel de profundidad. Los detalles de las tres profundidades analizadas, se muestran en el Anexo B.1



64. Los resultados correspondientes a la calidad de agua continental (antes de la desembocadura del río Supe y río Pativilca) fueron comparados con la misma norma (ECA para agua). La categoría aplicada a los ríos mencionados se determinó en función a la Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales, aprobado según Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA (ver Anexo A.4 – Mapa de puntos de monitoreo de agua continental). Esta clasificación da a los ríos Supe y Pativilca la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales; sub categoría D1: riego de cultivos de tallo alto y bajo, en adelante ECA C3 (D1).
65. Para el caso de los vertimientos, estos solo serán caracterizados en sus condiciones fisicoquímicas, microbiológicas, entre otras, sin hacer la comparación con alguna norma existente.
66. El otro aspecto considerado en el análisis de calidad de agua es la determinación de áreas de mayor afectación, para ello, se aplicaron algunas herramientas estadísticas de acuerdo con la cantidad y tipo de datos; sin embargo, estas pruebas se aplicaron solo al ambiente submareal. En ese sentido, los puntos de monitoreo para este ambiente, fueron agrupados en zonas de acuerdo con su ubicación dentro de la bahía y a las actividades desarrolladas en cada una de estas. La formación de grupos se realizó en base al análisis de agrupación jerárquica de cluster, usando las distancias euclidianas de los parámetros ambientales (Clarke y Warwick, 2001).
67. Para la elaboración del cluster, se estableció el número de asociaciones en el software geográfico Arcgis 10.3.1, generando los grupos más similares entre sí. Todos los grupos o clúster formados contienen puntos homogéneos dentro del grupo y heterogéneos entre grupos (ESRI, 2016a). El método utilizado fue el K - Nearest Neighbors (vecino más cercano), el cual considera la cercanía de los puntos como una de sus referencias de similitud (ESRI, 2016b). La elección de parámetros ambientales utilizados para la formación de grupos, se realizó de acuerdo con las especificaciones de la Environmental Protection Agency (2006), lo cual consiste en elegir solo a parámetros cuyos valores no detectables (debajo del límite de detección del método utilizado) sean menores al 15 %. A su vez, los valores no detectables son reemplazados con cero. De ese modo, los parámetros elegidos fueron: Aluminio, Bario, Boro, Hierro, Manganeseo, Zinc, SST, coliformes termotolerantes, coliformes totales, P-Fosfato, N-Nitrito, N-Nitrato, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y salinidad
68. Adicionalmente, en el ambiente submareal, se realizaron comparaciones de los grupos a través de diagrama de cajas (box – plot), con la finalidad de visualizar tendencias de los parámetros en cada grupo evaluado. Además, se empleó el análisis de varianza no paramétrico de una vía Kruskal-Wallis, a fin de buscar diferencias significativas entre las zonas evaluadas; de existir diferencias, se procedió a hacer la comparación de pares utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Hammer, 2012). Ambas pruebas se aplicaron a un nivel de significancia de 5 % ($p < 0,05$).
69. Respecto a los puntos de monitoreo del ambiente intermareal, el análisis se realizó considerando la ubicación de las distintas actividades desarrolladas a lo largo del litoral. Adicionalmente, el punto AMIS-6 fue tomado como punto de referencia para la comparación con los otros puntos del intermareal de la bahía de Supe.



6
3
8

70. Respecto a los puntos del ambiente de agua continental (río Pativilca y río Supe), estos no se graficaron, solo sirvieron para relacionar y explicar la posible presencia de algunos contaminantes en la bahía. Además, los parámetros que exceden la normativa correspondiente en estos puntos, se incluyen en un cuadro resumen (ver sección resultados). Para determinar el alcance y posible efecto de las descargas del río Supe y Pativilca sobre la calidad del agua en los puntos de monitoreo más cercanos del ambiente intermareal y submareal, se realizó el análisis de imágenes satelitales de Google Earth consideradas como válidas para el análisis histórico de ambientes naturales (García, 2013). Las imágenes fueron analizadas en los meses de mayor caudal, de acuerdo con el promedio histórico de ambos ríos (Senamhi, 2016).
71. En el caso de los vertimientos, los resultados servirán para identificar los parámetros vertidos sobre la bahía y de esta manera, poder relacionarlos con su presencia en los puntos de monitoreo más cercanos; además, determinar la posible afectación que estos tendrían sobre la calidad del agua de mar.

9.2 Calidad de sedimento en la bahía de Supe

72. Para realizar la evaluación de la calidad de los sedimentos en la bahía de Supe, se consideró realizar el monitoreo de sedimento submareal e intermareal de la bahía. A continuación se desarrolla la metodología considerada para realizar la evaluación del componente sedimento en la bahía de Supe.

9.2.1 Puntos de monitoreo

73. Los puntos de monitoreo de calidad de sedimento marino del ambiente submareal e intermareal tienen la misma ubicación de los puntos de calidad de agua. Asimismo, se consideró adicionalmente a los criterios antes mencionados la ubicación de los administrados de la bahía de Supe.

En el Anexo A.2 (Mapa de puntos de monitoreo del ambiente submareal), se puede observar los puntos de monitoreo de sedimento marino del ambiente submareal de la bahía de Supe, los cuales vienen a ser los mismos puntos establecidos para el componente de agua de mar con excepción de los puntos SMS1-1 y SMS9-1 los cuales no fueron muestreados debido al fuerte oleaje de la zona. Se consideraron también los mismos criterios, siendo en total 36 puntos de monitoreo. El detalle de estos puntos se presenta en la Tabla 9-7.

Tabla 9-7. Puntos de monitoreo en el ambiente submareal de sedimento marino en la bahía de Supe

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Profundidad (m)	Coordenadas UTM WGS-84 - Zona 18L	
				Este (m)	Norte (m)
1	SMS2-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	8,5	199 313	8 805 901
2	SMS2-2	Punto ubicado en el mar, a 450 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	11	199 313	8 804 901
3	SMS2-3	Punto ubicado en el mar, a 750 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	9	198 611	8 804 868
4	SMS2-4	Punto ubicado en el mar, a 1 km. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	13	198 097	8 804 707



6
3
8

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Profundidad (m)	Coordenadas UTM WGS-84 - Zona 18L	
				Este (m)	Norte (m)
5	SMS2-5	Punto ubicado en el mar, a 1,5 km. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	17	198 073	8 804 854
6	SMS2-A	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de la Pesquera Pelayo, aproximadamente a 70 m., al noroeste del muelle de Puerto Supe.	4,5	199 456	8 804 943
7	SMS3-1	Punto ubicado en el mar, a 190 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	5	199 583	8 805 111
8	SMS3-A	Punto ubicado en el mar, Chata TASA 2 a 370 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	199 404	8 805 101
9	SMS3-B	Punto ubicado en el mar, boya indicadora de un emisor submarino a 330 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	199 431	8 805 143
10	SMS3-C	Punto ubicado en el mar, boya indicadora de un emisor submarino a 240 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	199 523	8 805 187
11	SMS3-D	Punto ubicado en el mar, boya indicadora del emisor submarino de TASA a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	199 562	8 805 234
12	SMS3-E	Punto ubicado en el mar, Chata PETA 3 a 420 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	7	199 335	8 805 146
13	SMS3-2	Punto ubicado en el mar, a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	9	199 296	8 805 114
14	SMS3-F	Punto ubicado en el mar, chata Diamante a 420 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	6,5	199 365	8 805 268
15	SMS3-G	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de Pacifico Centro a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	7,5	199 294	8 805 159
16	SMS3-H	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de Pesquera Diamante a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	7,5	199 285	8 805 206
17	SMS3-I	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de TASA a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	8	199 273	8 805 221
18	SMS3-3	Punto ubicado en el mar, a 700 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	3,5	199 085	8 805 116
19	SMS3-4	Punto ubicado en el mar, a 950 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	11,5	198 833	8 805 111
20	SMS3-6	Punto ubicado en el mar, a 2 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	16	197 836	8 805 119
21	SMS4-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	5,5	199 583	8 805 361
22	SMS4-A	Punto ubicado en el mar, Chata TASA a 400 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	6	199 340	8 805 368
23	SMS4-2	Punto ubicado en el mar, a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	10	199 084	8 805 364



N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Profundidad (m)	Coordenadas UTM WGS-84 - Zona 18L	
				Este (m)	Norte (m)
24	SMS4-3	Punto ubicado en el mar, a 900 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	12	198 832	8 805 362
25	SMS4-4	Punto ubicado en el mar, a 1,4 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	18	198 372	8 805 363
26	SMS4-5	Punto ubicado en el mar, a 1,9 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	16	197 831	8 805 361
27	SMS5-1	Punto ubicado en el mar, a 350 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	8,5	199 583	8 805 361
28	SMS5-A	Punto ubicado en el mar, Chata Don Oscar a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	9	199 078	8 805 619
29	SMS5-2	Punto ubicado en el mar, a 850 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	9,5	198 835	8 803 615
30	SMS5-3	Punto ubicado en el mar, a 1,3 Km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	16	198 334	8 805 614
31	SMS5-4	Punto ubicado en el mar, a 1.9 Km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	17	197 830	8 805 624
32	SMS6-1	Punto ubicado en el mar, a 1 Km. aprox., frente a playa El Colorado	12	198 581	8 805 857
33	SMS6-2	Punto ubicado en el mar, a 2 Km. aprox., frente a playa El Colorado	17	197 586	8 805 867
34	SMS7-1	Punto ubicado en el mar, a 840 m. aprox., frente a Punta San Pedro	10	198 337	8 806 462
35	SMS7-2	Punto ubicado en el mar, a 1.8 Km. aprox., frente a Punta San Pedro	17	197 336	8 806 455
36	SMS8-1	Punto ubicado en el mar, a 750 m. aprox., frente a Playa Atrarraya	13	197 990	8 806 953



75. En el Anexo A.3 (Mapa puntos de monitoreo ambiente intermareal), se puede observar los puntos de monitoreo de sedimento marino del ambiente intermareal (playa) en la bahía de Supe. Los puntos de monitoreo fueron ubicados en toda la línea de costa de la bahía donde existen actividades que son competencia del OEFA (pesquería), así como otras actividades identificadas durante la visita de reconocimiento, las cuales puedan influenciar en la calidad del sedimento marino de la bahía. Se evaluó en total 6 puntos; el detalle de estos se presenta en la Tabla 9-8.



Tabla 9-8. Puntos de monitoreo en el ambiente intermareal (playa) de sedimento marino en la bahía de Supe

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 18L	
			Este (m)	Norte (m)
1	SMIS-1	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, al sur de Punta San Pedro.	199 282	8 806 429

N°	Código de punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
			WGS-84 - Zona 18L	
			Este (m)	Norte (m)
2	SMIS-2	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, al oeste de los campos de cultivo.	199 714	8 805 603
3	SMIS-3	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa El Colorado, frente a la Pesquera Pacifico Centro y Pesquero Diamante.	199 758	8 805 206
4	SMIS-4	Punto ubicado en el ambiente intermareal, al lado norte del muelle Puerto Supe, frente a la Pesquera Pelayo.	199 788	8 804 995
5	SMIS-5	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa Servimar, al lado sur del muelle Puerto. Supe.	199 603	8 804 660
6	SMIS-6	Punto ubicado en el ambiente intermareal, en la playa la Isla del Faraón.	199 168	8 804 647

76. El detalle de la ubicación, características del sedimento marino, fecha y hora de colecta de muestras, se registraron en las hojas de registro de datos de sedimento llenados durante la evaluación (ver Anexo C.2)

9.2.2 Protocolos de monitoreo

77. Debido a que a la fecha no existe un protocolo nacional de toma de muestras de este componente, la toma de muestras de sedimentos marinos se realizó tomando como referencia los manuales siguiente:

- "Manual del Programa del Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA Programa Ambiental del Caribe, Kingston 2008".
- "Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos)" del INVEMAR de 2003 de Colombia.

En la Tabla 9-9, se presentan los protocolos de monitoreo para el cumplimiento de las actividades de este objetivo; además, se detalla las secciones utilizadas de cada uno de estos.

Tabla 9-9. Protocolos y procedimientos de monitoreo

Componente Ambiental	Protocolo	País	Institución	Dispositivo Legal	Sección referenciada	Año
Sedimento	Manual del Programa del Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar.	Jamaica	Programa Ambiental del Caribe – PNUMA	Normativa Internacional	Sección 5.5 Muestras de sedimentos superficiales pág. 26-36	2008

79. Para la toma de muestras de sedimento, se utilizó una draga tipo Van Veen de 0,05 m² de área de muestreo, esta fue sumergida y automáticamente activada al llegar al fondo marino; la draga fue sumergida las veces necesarias hasta completar la cantidad de muestra de sedimento requerida. Las muestras colectadas fueron trasvasadas a sus envases respectivos, luego fueron almacenadas y trasladados al laboratorio encargado del análisis, para lo cual se llenaron las cadenas de custodia correspondientes (ver Anexo D.2 – Cadenas de custodia de calidad de sedimentos).



G
3
9

9.2.3 Parámetros analizados

- 80. En el caso del sedimento marino, se consideraron los parámetros de acuerdo con las actividades desarrolladas en la bahía de Supe, y adicionalmente, otros parámetros que se consideren importantes para relacionarlo con la calidad de agua e hidrobiología.

Tabla 9-10. Parámetros de analizados para el componente calidad de sedimentos

Componente ambiental	Parámetros
Sedimento marino	- Metales totales
	- Materia orgánica
	- Granulometría
	- Fosfatos
	- Sulfatos
	- Sulfuros

- 81. La metodología analítica de los parámetros considerados en la evaluación de calidad de sedimento, se pueden verificar en los informes de ensayo del laboratorio encargado del análisis de muestras: AGQ Perú S.A.C. (ver Anexo H.2 – Informes de ensayo de laboratorios). Las instituciones encargadas del análisis de muestras de calidad de sedimento fueron laboratorios debidamente acreditados por la entidad correspondiente (ver Anexo G – Certificado de acreditación de laboratorios).

9.2.4 Criterios de análisis de datos

- 82. En el caso de sedimentos marinos, al no contar con normativa nacional para el análisis de este componente se utilizó estándares internacionales de manera referencial. De este modo, para el análisis de metales totales se utilizó la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG, índices ISQG¹⁰ y PEL¹¹). La aplicación de todas estas normativas será referencial.

- 83. La presentación de los resultados de los puntos de monitoreo del ambiente submareal, se realizó agrupándolos en zonas de similares características. La agrupación de puntos se realizó de acuerdo con las actividades desarrolladas a lo largo del litoral de la bahía de Supe y las concentraciones obtenidas de los parámetros estudiados. Esta formación de grupos se realizó en base al análisis de agrupación de cluster, usando las distancias euclidianas de los parámetros ambientales (Clarke & Gorley, 2006; Clarke & Warwick, 2001). La elaboración del cluster, se hizo estableciendo el número de asociaciones en el software geográfico Arcgis 10.3.1 generando los grupos más similares entre sí. Todos los grupos o clúster formados contienen puntos homogéneos dentro del grupo y heterogéneos entre grupos (ESRI, 2016a). El método utilizado fue el K - Nearest Neighbors (vecino más cercano), el cual considera la cercanía de los puntos como una de sus referencias de similitud (ESRI, 2016b).



6
3
0

¹⁰ Interim Sediment Quality Guidelines (Estándar interino de la calidad del sedimento): concentración por debajo de la cual no se debe presentar efecto biológico adverso. Norma Canadiense (CEQG).

¹¹ Probable Effect Level (Nivel del efecto probable): concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos diversos con frecuencia. Norma Canadiense (CEQG).

84. La elección de parámetros ambientales utilizados para la formación de grupos, fue de acuerdo con las especificaciones de la Environmental Protection Agency (2006), la cual consiste en elegir solo a parámetros cuyos valores no detectables (debajo del límite de detección del método utilizado) sean menores al 15 %. A su vez, los valores no detectables son reemplazados con cero. De ese modo, los parámetros elegidos fueron: arcilla, arena, limo, sulfato, sulfuro, materia orgánica, arsénico, cobre, cromo, plomo, zinc, aluminio, calcio, bario, cerio, estroncio, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, titanio y vanadio.
85. En el caso de algunos parámetros que presenten algún grado de relación de acuerdo con su naturaleza, se realizó la correlación de Pearson (Clarke & Warwick, 2001) para determinar si existe relación directa entre ellos. Considerándose en este estudio a los parámetros de sulfuro y materia orgánica por presentar una relación directa entre ellos (Montalvo, 2006).
86. Respecto a los puntos de monitoreo del ambiente intermareal, el análisis se realizó considerando la ubicación de las distintas actividades desarrolladas a lo largo del litoral, lo que ayudo a verificar las posibles fuentes de perturbación en los puntos de monitoreo. Adicionalmente, el punto AMIS-6 fue tomado como punto de referencia para la comparación con los otros puntos del intermareal de la bahía de Supe.

9.3 Comunidad de fitoplancton en la bahía de Supe

87. El fitoplancton está conformado por organismos microscópicos que constituyen el primer nivel trófico de los océanos (Lopez et al., 2016), cuando las condiciones son ideales para su desarrollo, el fitoplancton tiende a incrementar su abundancia, lo cual se conoce como floración algal (Sar et al., 2002). Éstos pueden llegar a ser nocivos cuando proliferan especies que producen compuestos como amonio, mucílago, espumas, polisacáridos, y toxinas marinas, entre otras, las cuales al ser ingeridas por otros organismos (incluidos los seres humanos) pueden causar daños diversos o incluso la muerte (Lembeye, 2006; Sar et al., 2002). Además el fitoplancton es uno de los indicadores biológicos más utilizados para cuantificar las alteraciones del medio acuático, por su rápida capacidad de respuesta ante los cambios que tienen lugar en este ambiente, sirviendo de esta manera para pronosticar los posibles cambios que se ocasionarán en los niveles superiores de las redes trófica (De la Lanza et al., 2000). A continuación, se detallan los puntos y protocolos de monitoreo, así como los criterios de análisis tomados en cuenta.

9.3.1 Puntos de monitoreo

Se evaluó la comunidad de fitoplancton en 19 de los 38 puntos de agua (ver Anexo A.6 - Mapa de puntos de monitoreo del ambiente submareal). La ubicación de los puntos de monitoreo de fitoplancton se estableció siguiendo los mismos criterios considerados en el componente de agua de mar, basados en el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" de la Autoridad Nacional del Agua¹². Los 19 puntos de monitoreo de la comunidad coinciden con los 19 puntos respectivos de calidad de agua del ambiente submareal y sus coordenadas se muestran en la Tabla 9-11.

¹² Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

Tabla 9-11. Puntos de monitoreo de la comunidad de fitoplancton en el ambiente submareal de agua de mar en la bahía de Supe

N°	Puntos de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS-84 - Zona 18L	
			Este (m)	Norte (m)
1	HMS2-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	199 313	8 805 901
2	HMS2-4	Punto ubicado en el mar, a 1 km. aprox. Perpendicular al muelle de Puerto Supe	198 097	8 804 707
3	HMS2-A	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de la Pesquera Pelayo, aproximadamente a 70 m., al noroeste del muelle de Puerto Supe.	199 456	8 804 943
4	HMS3-1	Punto ubicado en el mar, a 190 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	199 583	8 805 111
5	HMS3-B	Punto ubicado en el mar, boya indicadora de un emisor submarino a 330 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	199 431	8 805 143
6	HMS3-D	Punto ubicado en el mar, boya indicadora del emisor submarino de TASA a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros	199 562	8 805 234
7	HMS3-2	Punto ubicado en el mar, a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	199 296	8 805 114
8	HMS3-G	Punto ubicado en el mar, emisor submarino de Pacifico Centro a 500 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros.	199 294	8 805 159
9	HMS3-3	Punto ubicado en el mar, a 700 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado sur)	199 627	8 805 104
10	HMS4-1	Punto ubicado en el mar, a 200 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	199 583	8 805 361
11	HMS4-A	Punto ubicado en el mar, Chata TASA a 400 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	199 340	8 805 368
12	HMS4-2	Punto ubicado en el mar, a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	199 084	8 805 364
13	HMS4-3	Punto ubicado en el mar, a 900 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	198 832	8 805 362
14	HMS4-4	Punto ubicado en el mar, a 1,4 km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte)	198 372	8 805 363
15	HMS5-A	Punto ubicado en el mar, Chata Don Oscar a 600 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	199 078	8 805 619
16	HMS5-2	Punto ubicado en el mar, a 850 m. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	198 702	8 803 615
17	HMS5-3	Punto ubicado en el mar, a 1,3 Km. aprox., frente a la zona de los Establecimientos Industriales Pesqueros (lado norte - inoperativas)	198 334	8 805 614
18	HMS7-1	Punto ubicado en el mar, a 840 m. aprox., frente a Punta San Pedro	198 337	8 806 462
19	HMS9-1	Punto ubicado en el mar, a 1 km. aprox., frente a Punta Barranca	197 736	8 807 367



9.3.2 Protocolo de monitoreo

89. El monitoreo de la comunidad de fitoplancton se realizó utilizando como referencia la metodología descrita en "Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 22st Edition – 2012. 10200 – B. Plankton. Sample Collection". De acuerdo con esta metodología, la toma de muestras para análisis cuantitativo, consistió en la toma directa de una muestra superficial de agua en una botella de

plástico de 1L. Dicha muestra luego fue fijada con formalina al 2 % como método de preservación y enviada al laboratorio para la identificación taxonómica, previamente se llenaron las cadenas de custodia correspondientes (ver Anexo D.3 – Cadenas de custodia de fitoplancton). La metodología analítica de la evaluación de fitoplancton, se pueden verificar en los informes de ensayo del laboratorio encargado del análisis de muestras: AGQ Perú S.A.C. (ver Anexo H.3 – Informes de ensayo de laboratorios)

9.3.3 Criterios de análisis de datos

90. El criterio de análisis de la comunidad de fitoplancton se basó en cálculo de diferentes atributos comunitarios, tales como: composición taxonómica, riqueza y abundancia, índices de diversidad alfa (diversidad verdadera, dominancia de Simpson), índices de diversidad beta y el análisis de correlación entre las variables bióticas y ambientales (Bio-Env). El cálculo de todos los análisis se realizaron con el software libre PAST 3.1. A continuación se detalla la metodología para el cálculo de los atributos antes mencionado:

- **Composición taxonómica, riqueza específica y abundancia de especies**

91. Los resultados proporcionados por el laboratorio fueron utilizados para determinar la composición taxonómica, número de especies en cada muestra (riqueza específica) y además del número de individuos colectados por unidad de muestreo (densidad) expresados en número de organismos/mL.

- **Índices de diversidad alfa**

92. Los índices de diversidad alfa considerados fueron: la diversidad verdadera de orden uno (N1), también conocida como números de Hill, y el índice de dominancia de Simpson (λ).

93. La diversidad verdadera, permite obtener una interpretación intuitiva y fácilmente comparable de la diversidad de especies, siendo la unidad de medición el número efectivo de especies (Moreno et. al., 2011). El índice de diversidad verdadera facilita la interpretación de resultados debido a que los valores de este índice tienen un comportamiento lineal y sus unidades son comparables. La fórmula para determinar el este índice es:

$${}^1D = \exp(\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i) \quad (9.1)$$

Dónde: 1D es la diversidad verdadera, S es el número de especies, p_i es la proporción de la especie i en relación al número total de especies. Cabe resaltar que la expresión $\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ corresponde al índice de Shannon weaver (H') (Shannon & Weaver, 1949).

94. El índice de dominancia de Simpson, es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, también es usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. La fórmula para determinar el índice de Simpson es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S ni (ni-1)}{N (N-1)} \quad (9.2)$$

Dónde: S es el número de especies, N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas) y n es el número de ejemplares por especie

- **Índice de diversidad beta**

95. El cálculo de la diversidad beta se realizó a través del análisis de clasificación o índice de similitud de Bray Curtis. Este índice calcula el grado de semejanza que tienen dos comunidades entre sí, teniendo en cuenta la diferencia de la abundancia de sus especies. La fórmula de este índice es la siguiente:

$$S_{jk} = 100 \times \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^n |y_{ij} + y_{ik}|} \right\} \quad (9.3)$$

Dónde S es la similitud de Bray Curtis, n es el número de especies, y es la abundancia de cada especie

96. Con base en la matriz de similitud de Bray Curtis, se construyó un dendrograma que tuvo por objetivo la búsqueda de grupos de variables similares o parecidas. La significancia en la formación de los grupos en el dendrograma se determinó con la prueba Simprof, la cual realiza varias permutaciones a cada nodo de un dendrograma para identificar patrones de asociación significativos en muestras a priori no estructuradas (Clarke et al., 2008).

- **Bio-Env**

97. Mediante la correlación Bio-Env, se determinó los patrones de las características ambientales que mejor pudieran explicar la estructura biótica observada. Para ello, algunos parámetros ambientales de agua de superficie (nitratos, fosfatos, nitritos, temperatura, pH, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto y metales totales) y la abundancia de fitoplancton, se sometieron primero a un análisis de correlación de Spearman entre parejas.

98. Además, se realizaron gráficos de dispersión de puntos (draftsman-plot), con el fin de detectar las variables correlacionadas entre sí que resultarían redundantes al momento de implementar el análisis del Bio-Env, usándose así, solo las variables que reflejen la mejor correlación (Clarke y Warwick, 2001). Se descartaron las variables que presentan correlaciones absolutas mayores a 0,95 y un nivel de significancia $p < 0,05$. El Bio-Env maximiza la correlación de los elementos de las matrices triangulares de similitud biótica (Bray-Curtis) y abiótica (Distancia Euclidiana sobre las variables ambientales estandarizadas). El proceso se repitió con grupos crecientes de k -variables ambientales, dando como resultado una serie de coeficientes de correlación. El coeficiente máximo obtenido de todas las posibles combinaciones de las k -variables, indicaría que esa combinación es la que mejor explica o mejor se asocia con el patrón biológico obtenido en la ordenación y clasificación (Clarke y Warwick, 2001).

- **Presencia de floraciones algales nocivas**

99. Con los datos de la identificación taxonómica, se determinó la posible existencia de especies formadoras de floraciones algales nocivas (FANs); para ello, se utilizó bibliografía especializada: Sars et al. (2002); Lembeje (2006) y García et al. (2003).

10. RESULTADOS Y ANALISIS

100. A continuación, se detallan los resultados y análisis de la evaluación ambiental de la calidad de agua, calidad de sedimento y el estado de la comunidad de fitoplancton en la Bahía de Supe.

10.1 Calidad de agua

101. Con la finalidad de realizar un mejor análisis e interpretación de los resultados de la evaluación de calidad de agua en la Bahía de Supe y su entorno, se presentan en primer lugar los resultados de calidad de agua de los puntos de agua continental del río Pativilca y río Supe. Esta información servirá para relacionar más adelante la presencia de algunos contaminantes en la bahía.
102. El punto ASVS-1, ubicado en el río Supe antes de la desembocadura al mar, excedió los valores para cinco parámetros establecidos en los ECA para agua Categoría 3 (D1), tres de los cuales son metales. Asimismo, el punto ASVS-2 ubicado en el río Pativilca, excedió los valores para cinco parámetros establecido en los ECA para agua Categoría 3 (D1), tres de los cuales son metales. En la Tabla 10-1 se muestra el resumen de los parámetros excedidos respecto al ECA para agua continental de ambos ríos. Los resultados completos se presentan en el Anexo B.3 – sistematización de resultados de los puntos de agua continental.

Tabla 10-1. Resumen de parámetros que se excedieron los puntos de agua continental

Código de punto de monitoreo	Parámetros que incumple el estándar de comparación (DS: 015-2015-MINAM)	Estándar de Comparación
ASVS-1	Al, Fe, Mn, CTT, CT	Categoría 3 (D1): Riego de vegetales - cultivos de tallos altos y bajos
ASVS-2	Al, Fe, Mn, CTT, CT	Categoría 3 (D1): Riego de vegetales - cultivos de tallos altos y bajos

Al: aluminio, Fe: hierro, Mn: manganeso, CTT: coliformes termotolerantes, CT: coliformes totales.

103. Los valores de los parámetros evaluados en los puntos de vertimientos de la bahía de Supe se presentan en la Tabla 10-2. Los valores de concentraciones de cada parámetro se detallan en el Anexo B.4 – sistematización de resultados de los puntos de vertimientos.

Tabla 10-2. Resumen de parámetros presentes en los puntos de vertimientos

Código de punto de monitoreo	Parámetros presentes en el vertimiento
ASVS-3	Si, Al, As, Ba, Bo, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sn, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, DBO, SST, AyG, Cl-, PO, NO2, NO3, SO
ASVS-4	Si, Hg, Al, As, Ba, Bo, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, DBO, SST, AyG, Cl-, PO, NO2, NO3, SO
ASVS-5	Si, Hg, Al, As, Ba, Bo, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, DBO, SST, AyG, Cl-, PO, NO2, NO3, SO



6
3
8

Código de punto de monitoreo	Parámetros presentes en el vertimiento
ASVS-6	Si, Hg, Al, As, Ba, Be, Bo, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, DBO, SST, AyG, CTT, CT, Cl-, PO, NO2, NO3, SO
ASVS-7	Si, Hg, Al, As, Ba, Be, Bo, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, TPH, DBO, SST, AyG, Cl-, PO, NO2, NO3, SO
ASVS-8	Si, Al, Ba, Bo, Ca, Cu, Cr, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Na, Ti, V, Zn, TPH, DBO, SST, AyG, Cl-, PO, NO2, NO3, SO

PO: fosfatos, Si: silicio, Al: aluminio, As: arsénico, Ba: bario, Be: berilio, B: boro, Cd: cadmio, Ca: calcio, Co: cobalto, Cu: cobre, Cr: cromo, Sn: estaño, Sr: estroncio, P: fósforo, Fe: hierro, Li: litio, Mg: magnesio, Mn: manganeso, Mo: molibdeno, Ni: níquel, Pb: plomo, K: potasio, Na: sodio, Ti: titanio, V: vanadio, Zn: zinc, SO: sulfatos, AyG: aceites y grasas, CTT: coliformes termotolerantes, CT: coliformes Totales, Cl-: cloruros, NO2: N-nitritos, NO3: N-nitratos, SST: sólidos suspendidos totales.

104. Las imágenes satelitales muestran el alcance y posible efecto de las descargas de los ríos Supe y Pativilca en los años analizados (2014-2016), los cuales pueden tener alta variabilidad en el tiempo. Se observó que los puntos del ambiente submareal ubicados al sur de la bahía (grupo 1) pueden presentar una mayor influencia del río Supe (ver Figura 10-1), por otro lado, los puntos ubicados al norte de la bahía (grupo 3) pueden presentar influencia de la descarga del río Pativilca (ver Figura 10-2).
105. Con respecto al alcance de los vertimientos, se puede apreciar que estos influyen en los puntos del ambiente submareal más cercanos a la orilla de la bahía, así como a los puntos del ambiente intermareal ubicados a lo largo del litoral (Figura 10-3), lo cual puede ser corroborado en el Anexo E - registros fotográficos.
106. En general las imágenes analizadas indican un mayor efecto de los ríos en el ambiente submareal, en la zona norte una mayor influencia del río Pativilca mientras que en la zona sur de la bahía se observa mayor influencia del río Supe. Por otro lado, los vertimientos pueden afectar tanto el ambiente submareal como intermareal.



G
S
G

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"



Figura 10-1. Influencia de la descarga del río Supe sobre los puntos de monitoreo del ambiente submareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).

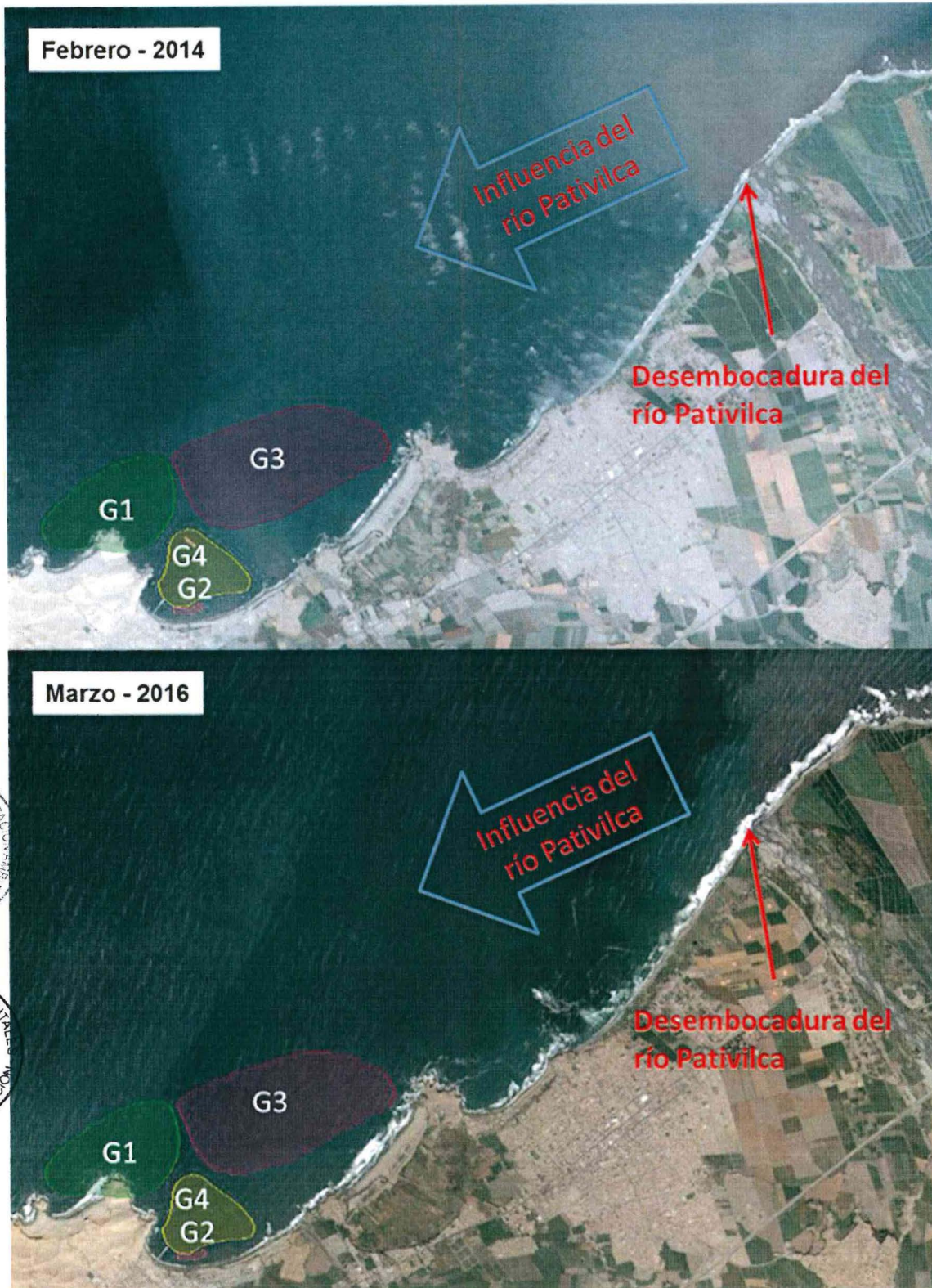
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN DE LA
LÍNEA DE TRÁNSITO DE AGENTES
COMUNICACIONES
MINISTERIO - OEFA

EVALUACIONES AMBIENTALES
VAB°
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

G
J
G

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"



G
3
G

Figura 10-2. Influencia de la descarga del río Pativilca sobre los puntos de monitoreo del ambiente submareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).

Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

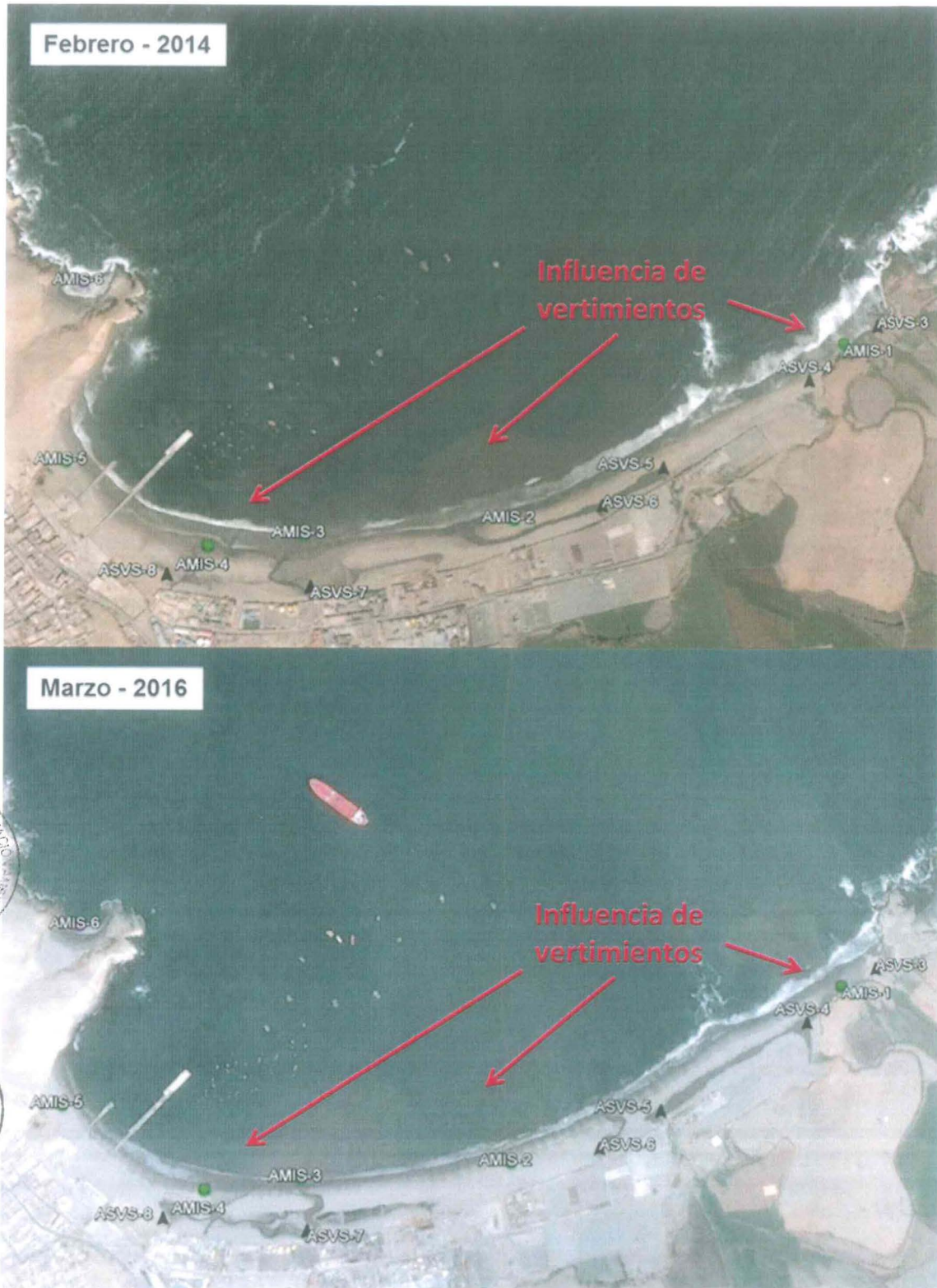


Figura 10-3. Influencia de la descarga de los vertimientos sobre los puntos de monitoreo del ambiente intermareal en la bahía de Supe en los periodos de lluvia de los años 2014 (imagen superior) y 2016 (imagen inferior).

Fuente: elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.



43

107. Los resultados correspondientes a los demás puntos de monitoreo de calidad de agua se presentan a continuación, agrupándolos de acuerdo con los tipos de ambientes en los que se ubican: ambiente submareal y ambiente intermareal.

10.1.1 Ambiente submareal

10.1.1.1 Formación de grupos de análisis

108. De acuerdo con el análisis de agrupación de cluster usando las distancias euclidianas de los puntos de superficie del ambiente submareal y la combinación con la ubicación geográfica de los puntos (análisis de clúster – vecino más cercano), la formación de grupos de análisis resultó en la formación de cuatro grupos: Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), Grupo 3 (G3) y Grupo 4 (G4). Cada uno de los grupos identificados presenta características particulares, las cuales con ayuda de la información recopilada durante el monitoreo, se detallan a continuación:

- a) **Grupo 1 (G1):** Se encuentra distribuido en la zona sur externa de la bahía de Supe, en la zona más expuesta al oleaje y corrientes marinas; se presentan actividades tales como la pesca artesanal y tránsito de embarcaciones de menor escala. La zona se caracteriza por presentar un grupo heterogéneo, lo cual se verifica con los distintos colores mostrados en la Figura 10-4.
- b) **Grupo 2 (G2):** Se encuentra cerca de la línea costera, hacia el oeste en la zona interna de la bahía, conformado por dos puntos de monitoreo, ubicados cerca de los puntos de vertimiento ASVS-7 y ASVS-8. La zona se caracteriza por presentar a un grupo homogéneo de puntos de monitoreo lo cual se verifica con la presencia de un solo color (Figura 10-4).
- c) **Grupo 3 (G3):** Se encuentra distribuido en la zona norte externa de la bahía, ubicada en la zona expuesta de la bahía, con fuerte oleaje. Los puntos de monitoreo se encuentran alejados de la zona central; se presentan actividades como tránsito marítimo y pesca artesanal. La zona se caracteriza por presentar un grupo homogéneo de puntos de monitoreo, el cual a su vez incluye los puntos de referencia del ambiente submareal (AMS9-1, AMS8-1, AMS7-2), ubicados al extremo norte de esta zona (ver Figura 10-4).
- d) **Grupo 4 (G4):** Se encuentra distribuido en la zona central interna de la bahía, ubicado en la zona protegida, caracterizada por un menor oleaje. Se presentan actividades como tránsito marítimo, presencia de chatas y emisores submarinos de los establecimientos industriales pesqueros. La zona se caracteriza por presentar un grupo homogéneo (Figura 10-4)

109. La Tabla 10-3 muestra la lista de puntos de monitoreo en cada una de las zonas formadas de acuerdo con el análisis de agrupación de cluster (distancia euclidiana), y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.



Tabla 10-3. Grupos formados mediante el análisis de agrupación de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

Grupos	Puntos de monitoreo
Grupo 1	AMS1-1, AMS2-3, AMS2-4, AMS2-5, AMS5-2
Grupo 2	AMS3-3, AMS4-1
Grupo 3	AMS3-6, AMS4-5, AMS5-4, AMS6-2, AMS7-1, AMS7-2, AMS8-1, AMS9-1, AMS4-4, AMS5-3, AMS6-1
Grupo 4	AMS2-1, AMS2-2, AMS2-A, AMS3-1, AMS3-A, AMS3-B, AMS3-C, AMS3-D, AMS3-E, AMS3-2, AMS3-F, AMS3-G, AMS3-H, AMS3-I, AMS3-4, AMS5-1, AMS4-A, AMS4-2, AMS4-3, AMS5-A,

110. En la Figura 10-4, se puede observar las agrupaciones formadas producto del análisis de cluster.



6
3
9

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

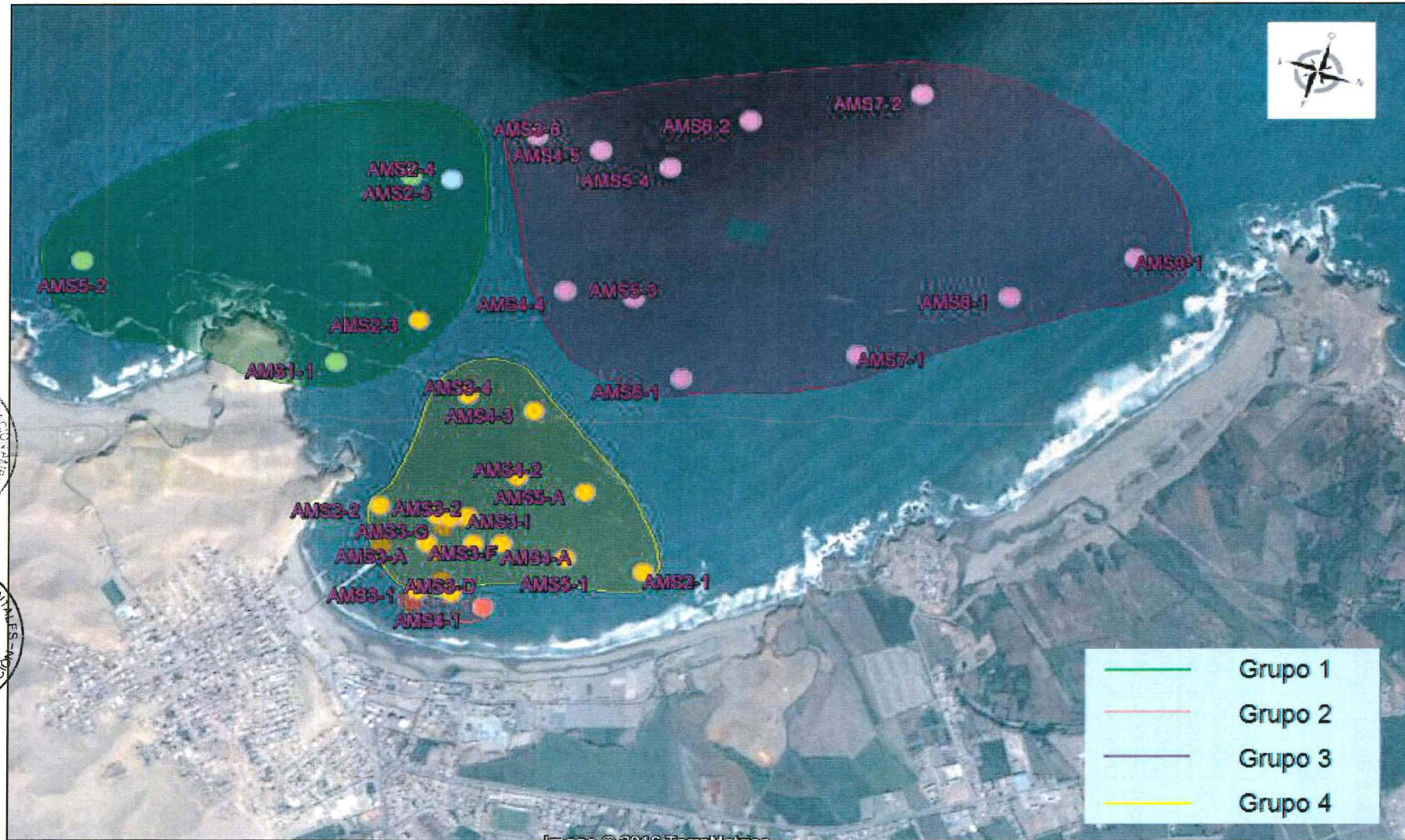


Figura 10-4. Formación de zonas de acuerdo con el análisis de cluster en la bahía de Supe.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
SUB-DIRECCIÓN DE LA LINEA DE BASES AMBIENTALES

OEFA
DIRECCIÓN DE EVALUACIONES AMBIENTALES

6
3
8

10.1.1.2 Parámetros ambientales

111. Los resultados de los parámetros ambientales obtenidos en la evaluación ambiental de la bahía de Supe, se compararon con los ECA para Agua (DS: 015-2015-MINAM) y se analizaron de acuerdo con los grupos formados en la bahía (G1, G2, G3 y G4). En esta sección se presentan solo los parámetros cuyos valores no cumplen con la normativa correspondiente, de modo que los resultados completos se presentan en el Anexo B.1. En ese sentido en la Tabla 10-4 se muestra un resumen de los parámetros ambientales que excedieron la normativa correspondiente por cada punto de monitoreo.

Tabla 10-4. Parámetros de calidad de agua en el ambiente submareal que excedieron los ECA en cada nivel de profundidad

Grupo	Código de punto de monitoreo	Nivel de profundidad			ECA para Agua (DS: 015-2015-MINAM)
		Superficial	Medio	Fondo	Categoría (sub categoría)
G1	AMS1-1	B		OD, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS2-3	CTT, B, Fe		OD, CTT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS2-4		Zn	OD	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS2-5	OD	Pb	Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS5-2	Zn		OD	Categoría 2 (C3): Otras actividades
G2	AMS3-3	CTT, CT, Al, B, Fe		OD, CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS4-1	CTT, CT, Al, B, Fe		OD, CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
G3	AMS3-6		Pb		Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS4-5		CTT, Pb	SST, Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS5-4				Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS6-2		Pb	OD, Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS7-1			Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS7-2		Pb	Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS8-1			Zn	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS9-1			Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS4-4		Pb	Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS5-3		Pb	Pb	Categoría 2 (C3): Otras actividades
AMS6-1			Pb, Zn	Categoría 2 (C3): Otras actividades	
G4	AMS2-1	B		OD, CTT, CT, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS2-2	CTT, Al, B, Fe	OD, CTT, B	OD, CTT, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS2-A	CTT, B		CTT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-1	CTT, CT, Al, B, Fe		Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-A	CTT, B		B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-B	CTT, CT, B		OD, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-C	CT, B		CTT, CT, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-D	OD, CTT, CT, B		CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
AMS3-E	CTT, CT, B		OD, CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario	



Grupo	Código de punto de monitoreo	Nivel de profundidad			ECA para Agua (DS: 015-2015-MINAM)
		Superficial	Medio	Fondo	Categoría (sub categoría)
	AMS3-2	CTT, CT, Al, B		OD, CTT, CT, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-F	OD, CTT, CT, Al, B, Fe		CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-G	CTT, CT, B		OD, CTT, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-H	CTT, CT, B		OD, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-I	CTT, CT, Al, B, Fe		OD, CTT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS3-4	CTT, CT, Al, B, Fe	OD, CTT, CT, B	OD, CTT, CT, B	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS5-1	CTT, CT, Al, B, Fe		OD, CTT, CT, Al, B, Fe	Categoría 1 (B1): Contacto primario
	AMS4-A	CTT		OD, SST, Zn	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS4-2			CTT, Zn	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS4-3		CTT	OD, SST, CTT	Categoría 2 (C3): Otras actividades
	AMS5-A			Zn	Categoría 2 (C3): Otras actividades

Zn: Zinc, OD: Oxígeno disuelto, B: Boro, Pb: Plomo, Al: Aluminio, Fe: Hierro, SST: Sólidos suspendidos totales, CTT: Coliformes termotolerantes, CT: Coliformes totales, Mn: Manganeso, Sif: Sulfuros.

112. Cabe mencionar que el análisis de los resultados se realiza a nivel de superficie debido a los distintos elementos que ingresarían al medio acuático por acción del viento y al desarrollo de actividades antropogénicas a través de la superficie del mar. Asimismo, se analiza a nivel de fondo, ya que se encontraría afectado por la interacción con los sedimentos marinos que se resuspenden. Es importante resaltar que los resultados del nivel medio presentados en la Tabla 10-4, no fueron considerados para un análisis más detallado debido a la reducida cantidad de puntos de monitoreo de este nivel. A continuación, se presenta el análisis de los parámetros que excedieron los ECA para agua, donde cada punto es comparado con la categoría que le corresponde. Se debe tener en cuenta que no todas las categorías de los ECA para agua consideran a todos los parámetros que se describen a continuación. Por lo tanto, las figuras podrán tener distinto número de líneas que representen la norma. Adicionalmente, en la elaboración de gráficos de boxplot, se eliminó el G2 debido a que solo cuenta con dos puntos de monitoreo y se requiere un mínimo de 4 datos por grupo para realizar correctamente la interpretación de los gráficos; sin embargo, si fue considerado en la comparación entre grupos.

Oxígeno disuelto

113. Las concentraciones de oxígeno disuelto a nivel de superficie son presentadas en la Figura 10-5. De acuerdo con esta figura, el punto de monitoreo AMS2-5 (G1) está por debajo del valor mínimo ($\geq 2,5$ mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G2 y el G3 todos los puntos de monitoreo presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los valores establecidos en los ECA para agua Categoría 1 (B1) y Categoría 2 (C3) (≥ 5 mg/L y $\geq 2,5$ mg/L, respectivamente). En el G4, los puntos de monitoreo AMS3-D y AMS3-F no cumplieron con el valor mínimo (≥ 5 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Todos los demás puntos de cada una de las zonas, cumplieron con lo establecido en la normativa de comparación que les corresponde.



G
3
G

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

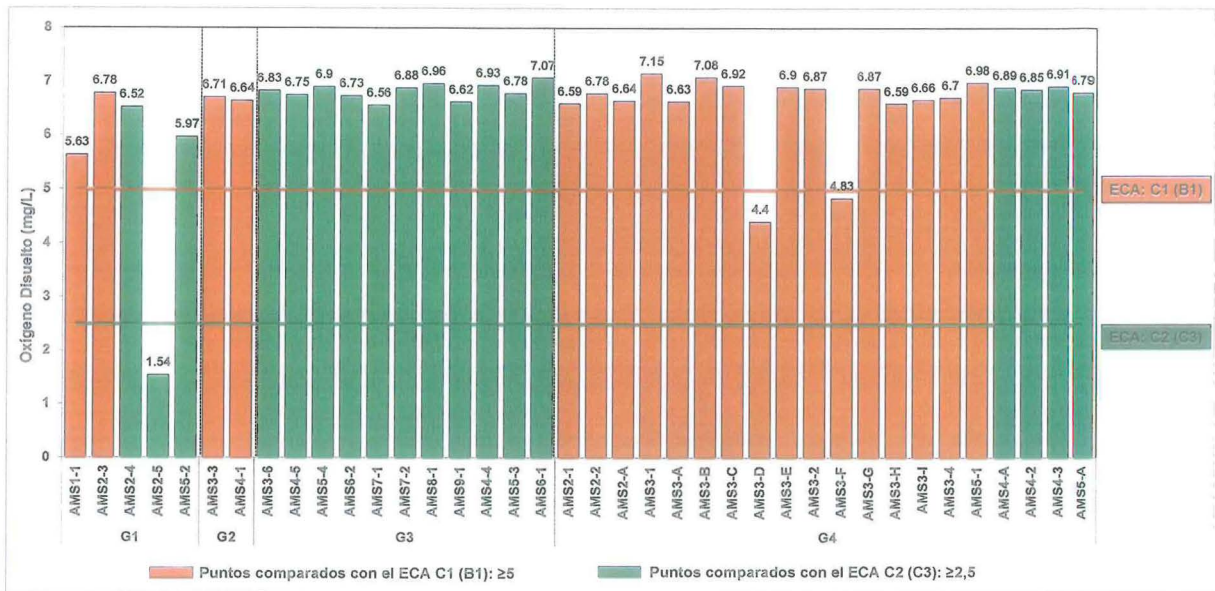


Figura 10-5. Concentración de oxígeno disuelto superficial en agua de mar en el ambiente submareal.

114. Respecto a la comparación del oxígeno disuelto a nivel de superficie entre G1, G3 y G4, en la Figura 10-6 se puede apreciar que el G1 presenta una tendencia a menores concentraciones de oxígeno; lo cual fue corroborado con el análisis de varianza de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). La comparación por pares indica que existe diferencia entre los grupos: G1-G3 y G1-G4 ($p < 0,05$), con valores significativamente más elevados para el G3 y G4 (Ver Anexo B.1).

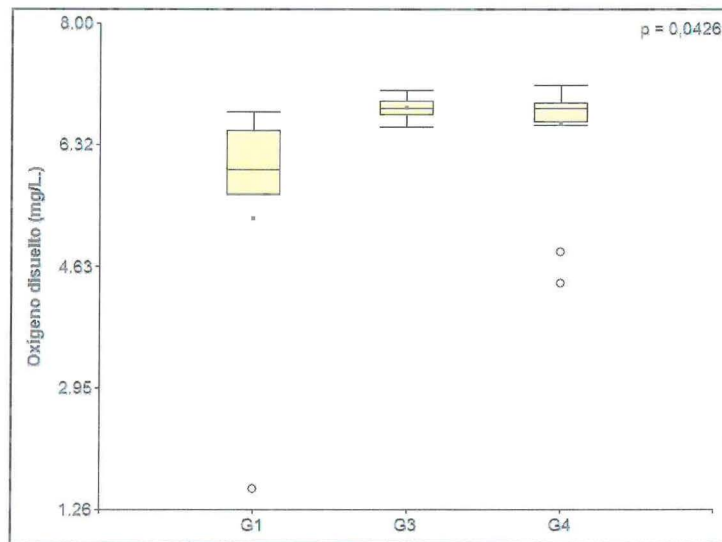


Figura 10-6. Diagrama de cajas con datos de oxígeno disuelto a nivel de superficie en agua del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○: outliers)

115. Los valores de oxígeno disuelto registrados a nivel de fondo son presentados en la Figura 10-7; en el G1 solo el punto AMS2-5 cumple con el valor mínimo ($\geq 2,5$ mg/L) de los ECA para agua Categoría 2 (C3), en el G2 todos los puntos no cumplen con el valor mínimo establecido por la normativa que le corresponde a cada uno. En el G3 el punto AMS6-2 no cumplió con el valor mínimo ($\geq 2,5$ mg/L) de los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G4, 10 puntos no cumplieron con el

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

valor mínimo (≥ 5 mg/L) establecido en los ECA para agua categoría 1 (B1) y 2 puntos no cumplieron con el valor mínimo ($\geq 2,5$ mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3).

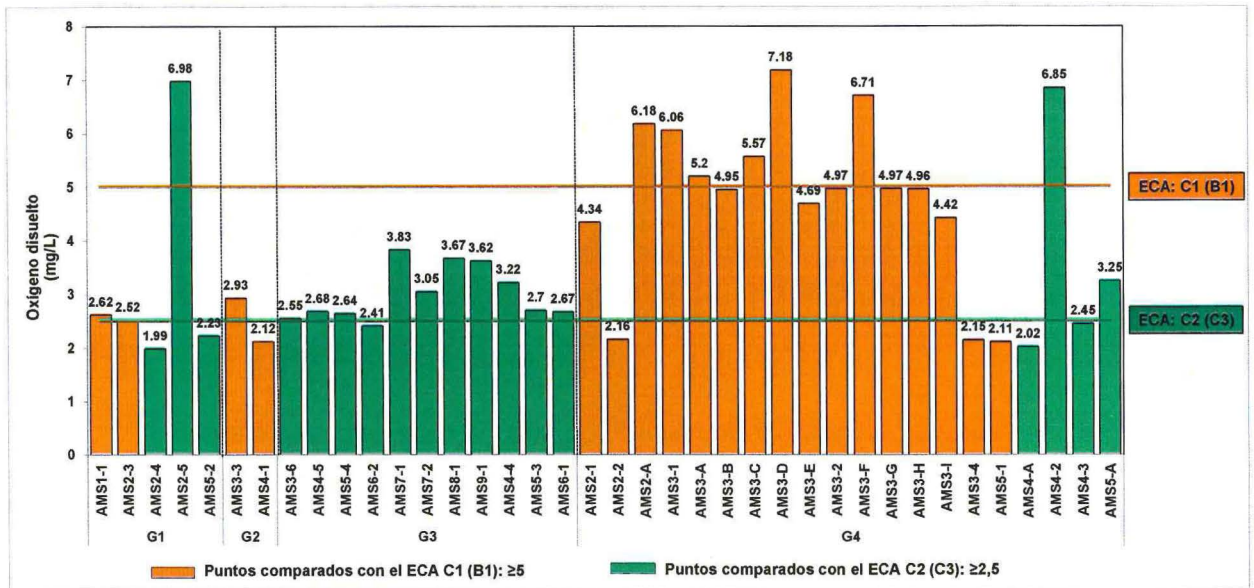


Figura 10-7. Concentración de oxígeno disuelto en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal.

116. Con respecto a la comparación del oxígeno disuelto a nivel de fondo, la Figura 10-8 muestra semejantes tendencias de concentraciones de oxígeno disuelto entre grupos de la bahía; además, el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ningún grupo (ver Anexo B.8).



6
3
9

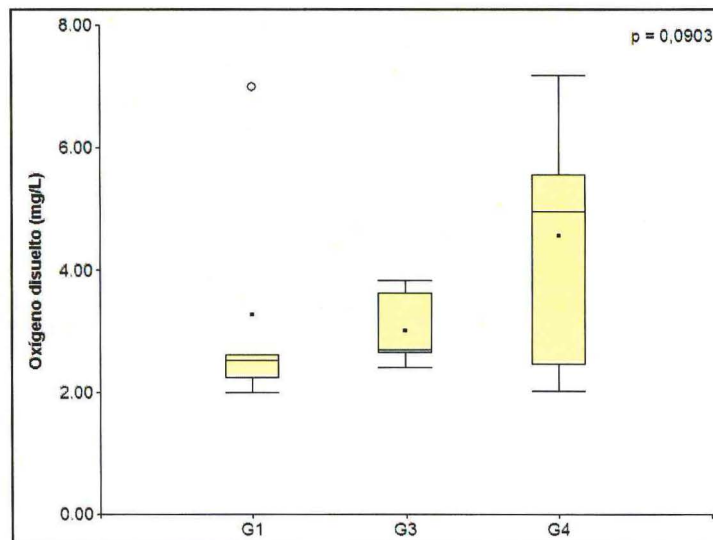


Figura 10-8. Diagrama de cajas con datos de oxígeno disuelto en agua de mar a nivel de fondo del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / •: media / o: outliers)

b) Coliformes termotolerantes (fecales)

117. Las concentraciones de coliformes termotolerantes a nivel de superficie son presentadas en la Figura 10-9. en el G1 el punto AMS2-3 excedió el valor máximo (200NMP/100mL) de los ECA Agua Categoría 1 (B1). En el G2, ambos puntos superaron el valor (200 NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G3 ningún punto excedió la normativa correspondiente. En el G4, solo los puntos de monitoreo AMS2-1 y AMS3-C estuvieron por debajo del valor (200 NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1) mientras que para los ECA agua Categoría 2 (B3) solo el punto AMS4-A superó el valor establecido (1000NMP/100mL). El resto de puntos de cada una de las zonas, cumplieron con lo establecido en la normativa de comparación que les corresponde.

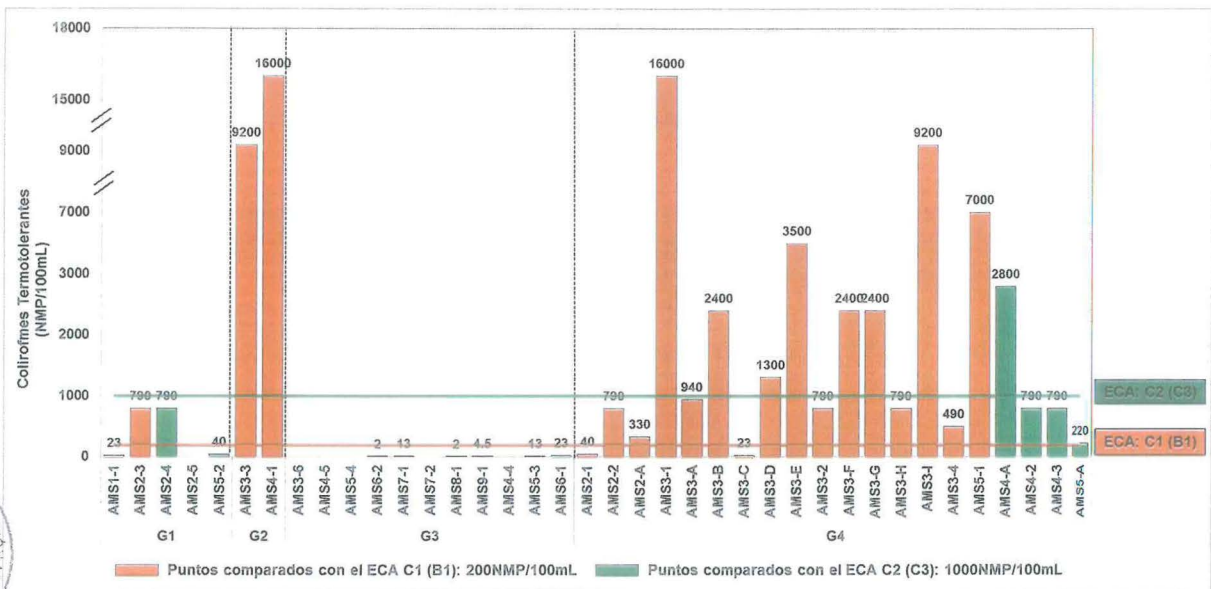


Figura 10-9. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

118. La Figura 10-10 muestra la comparación de los coliformes termotolerantes a nivel de superficie entre grupos de la bahía, donde se aprecia que el G4 presenta tendencia a mayores concentraciones de los coliformes termotolerantes. Además, el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que existe diferencias significativas entre las zonas de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con los resultados de la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G1-G2, G2-G3 y G2-G4, con valores significativamente más elevados en el G2 y G4 (ver Anexo B.1).



6
3
8

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

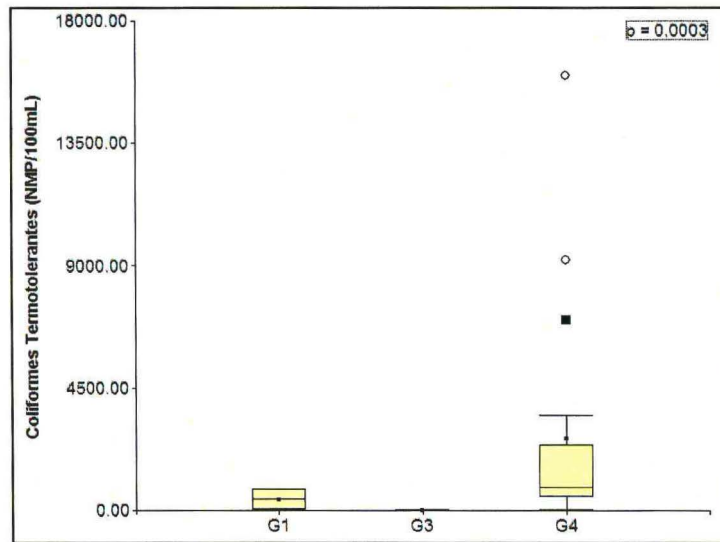


Figura 10-10. Diagrama de cajas con datos de coliformes termotolerantes en agua a nivel de superficie del ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○,■:outliers)

119. En la Figura 10-11 se muestra la concentración de coliformes termotolerantes a nivel de fondo donde se observa que en el G1 el punto AMS2-3 excedió el valor máximo (200NMP/100mL) de los ECA Agua Categoría 1 (B1). En el G2, ambos puntos superaron el valor (200 NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G3 ningún punto excedió la normativa correspondiente. En el G4, solo los puntos de monitoreo AMS3-1, AMS3-A, AMS3-B y AMS3-H estuvieron por debajo del valor (200 NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1) mientras que para los ECA agua Categoría 2 (B3) los puntos AMS4-2 y AMS4-3 superaron el valor establecido (1000NMP/100mL).



6
3
8

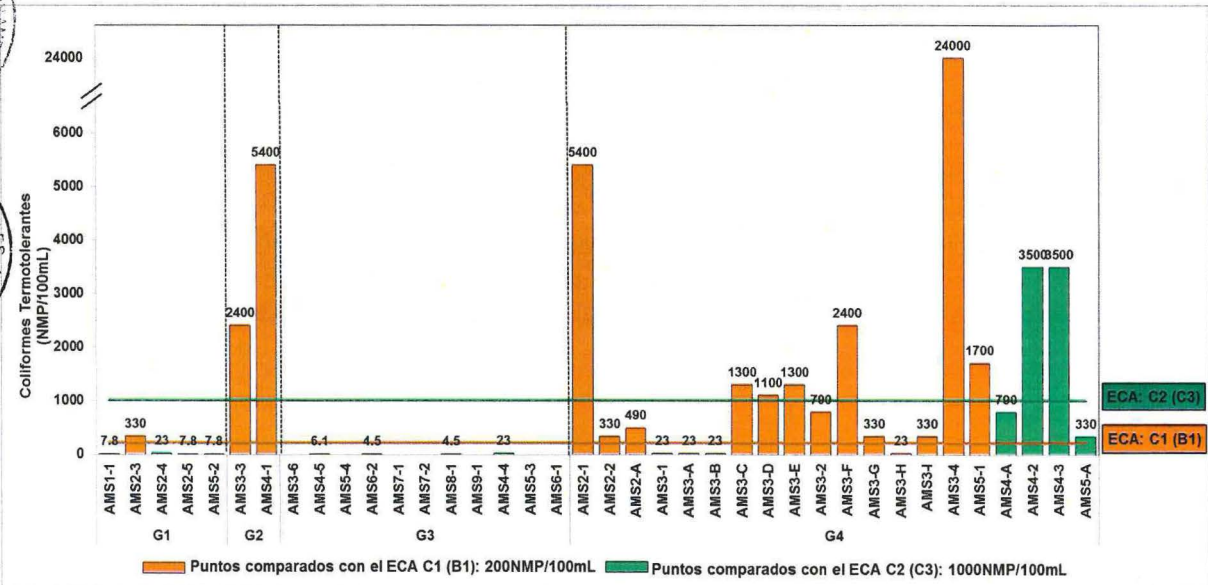


Figura 10-11. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

120. La Figura 10-12 muestra la comparación de los coliformes termotolerantes a nivel de fondo entre grupos de la bahía, donde se aprecia que el G4 presenta tendencia

a mayores concentraciones de los coliformes termotolerantes. Además, el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que existe diferencias significativas entre las zonas de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con los resultados de la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G1-G2, G1-G4, G2-G3 y G2-G4, con valores significativamente más elevados para el G2 y G4 (ver Anexo B.1).

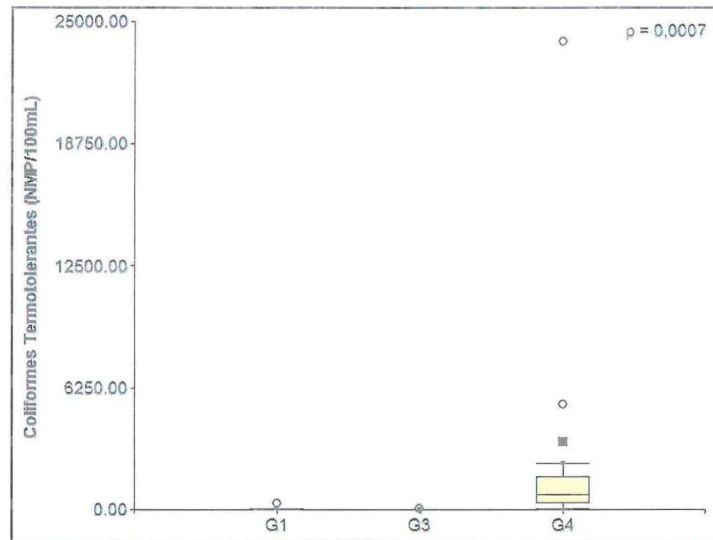


Figura 10-12. Diagrama de cajas con datos de coliformes termotolerantes en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○, ■: outliers)

c) **Coliformes totales**

121. Respecto a los valores de Coliformes totales a nivel de superficie, mostrados en la Figura 10-13, en el G1 y G3 ninguno de los puntos excede la normativa correspondiente. En el G2 Ambos puntos exceden el valor (1000 NMP/100mL) del ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G4, los puntos AMS3-1, AMS3-B, AMS3-C, AMS3-D, AMS3-E, AMS3-2, AMS3-F, AMS3-G, AMS3-H, AMS3-I, AMS3-4 y AMS5-1 exceden el valor (1000 NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). El resto de puntos de cada una de las zonas cumplieron con lo establecido en la normativa de comparación que les corresponde. La Categoría 2 (C3) no considera este parámetro.



G
3
0

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

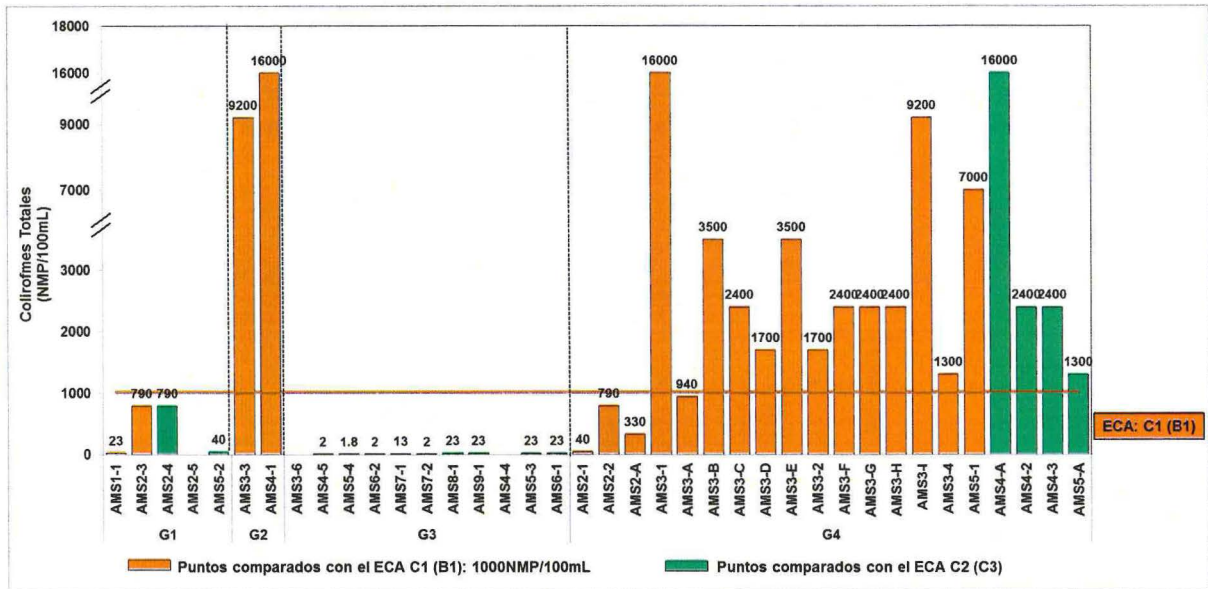


Figura 10-13. Concentración de coliformes totales en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

122. La Figura 10-14 muestra la comparación de coliformes totales a nivel de superficie entre grupos de la bahía, donde se aprecia que el G4 presenta tendencia de valores más altos. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que si existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G1-G2, G1-G4, G2-G3 y G3-G4, donde el G2 y G4 presentan valores significativamente más elevados (ver Anexo B.1).

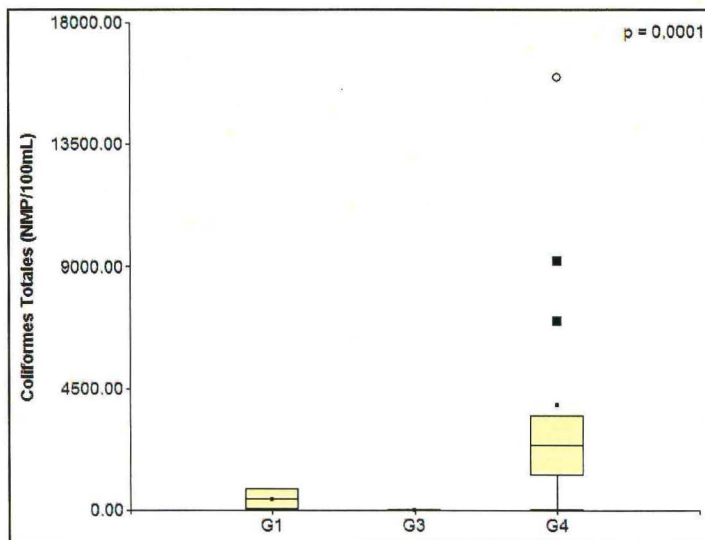


Figura 10-14. Diagrama de cajas con datos de Coliformes totales en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○, ■: outliers)

123. La concentración de coliformes totales a nivel de fondo se muestra en la Figura 10-15, se observa que en el G2 ambos puntos de monitoreo excedieron el valor máximo (1000NMP/100mL) de los ECA Agua Categoría 1 (B1). En el G4, los puntos AMSe-1, AMS3-C, AMS3-D, AMS3-E, AMS3-F, AMS3-2, AMS3-4 y AMS5-1 exceden el valor (1000NMP/100mL) de los ECA Agua Categoría 1 (B1). Los

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

demás puntos estuvieron por debajo de la concentración establecida en la normativa correspondiente. La Categoría 2 (C3) no considera este parámetro.

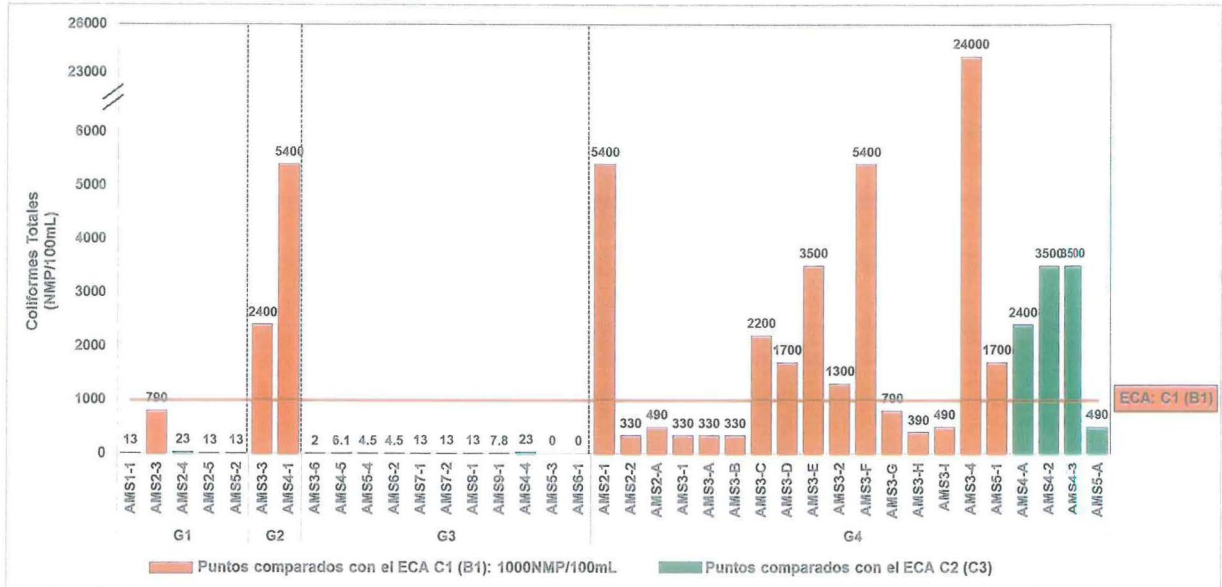


Figura 10-15. Concentración de Coliformes totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

124. En la Figura 10-16 se muestra la comparación de coliformes totales a nivel de fondo entre grupos de la bahía, donde se aprecia que el G4 presenta tendencia de valores más altos. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que si existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G1-G2, G1-G4, G2-G3 y G3-G4, donde el G2 y G4 presentan valores significativamente más elevados (ver Anexo B.1).

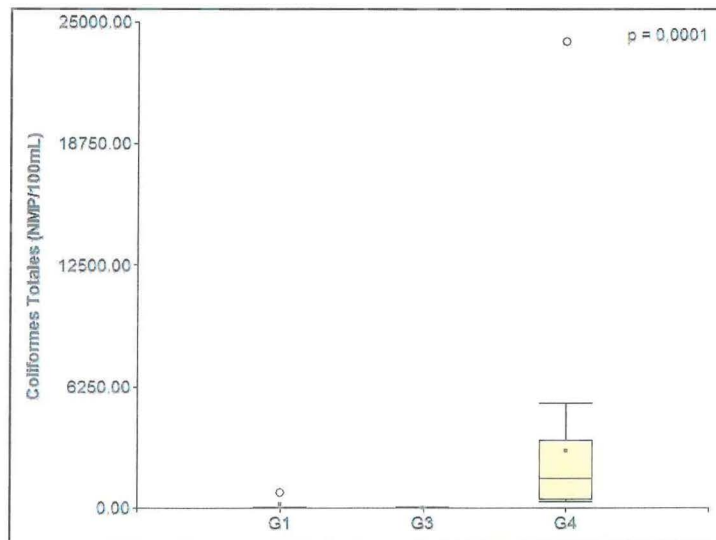


Figura 10-16. Diagrama de cajas con datos de Coliformes totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o: outliers)



G
3
D

d) Sólidos suspendidos totales

125. A nivel de superficie no existen puntos de monitoreo en los que se excedieran los ECA de este parámetro. Por ello, no se consideró necesario graficar los resultados; no obstante, dichos resultados se presentan en el Anexo B.1.
126. Con respecto a los valores de sólidos suspendidos totales a nivel de fondo, mostrados en la Figura 10-17, en el G3 el punto AMS4-5 excedió el valor (70mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G4 los puntos AMS4-A y AMS4-3 excedieron el valor (70mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). Los demás puntos estuvieron por debajo de la concentración establecida en la normativa correspondiente. La categoría 1 (B1) no considera este parámetro.

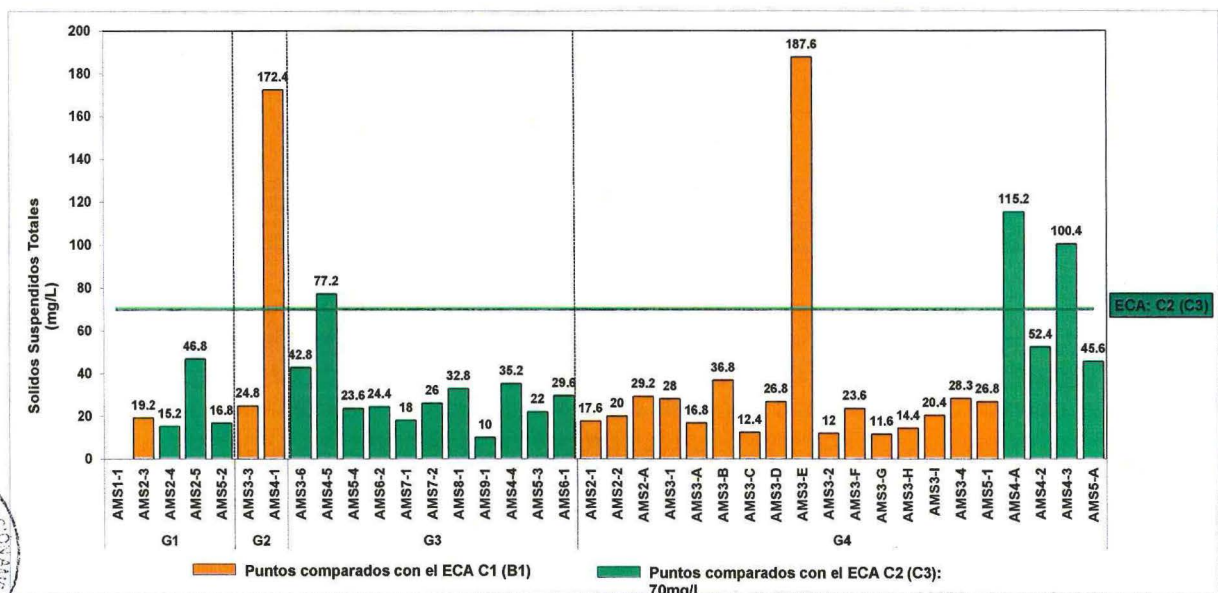


Figura 10-17. Concentración de sólidos suspendidos totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

127. La comparación de sólidos suspendidos totales en fondo entre grupos, muestra que la tendencia a valores más altos en el G4 (Figura 10-18), sin embargo, el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p > 0,05$) (ver Anexo B.1).



6
3
8

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

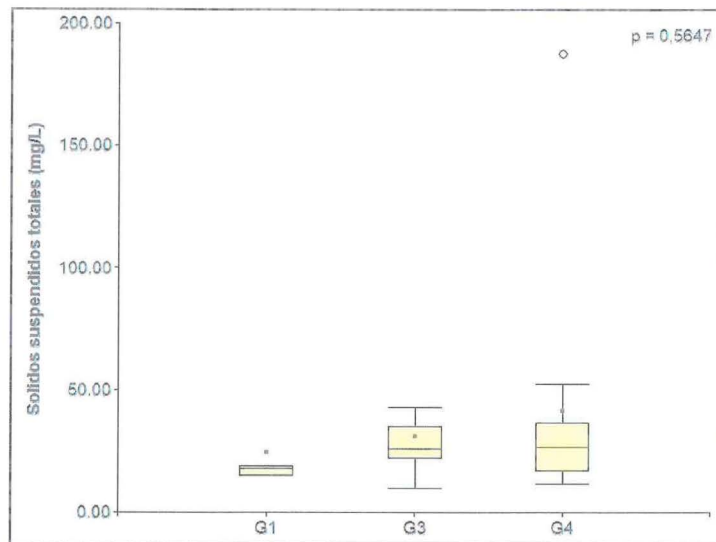


Figura 10-18. Diagrama de cajas con datos de solidos suspendidos totales en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / •: media / o: outliers)

e) Aluminio total

128. Respecto a los valores de aluminio total a nivel de superficie, mostrados en la Figura 10-19 se observa que en el G2 ambos puntos de monitoreo excedieron el valor (0,2 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G4 los puntos AMS2-2, AMS3-1, AMS3-2, AMS3-F, AMS3-I, AMS3-4 y AMS5-1 excedieron el valor establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Los demás puntos estuvieron por debajo de la concentración establecida en la normativa correspondiente. La Categoría 2 (C3) no considera este parámetro.

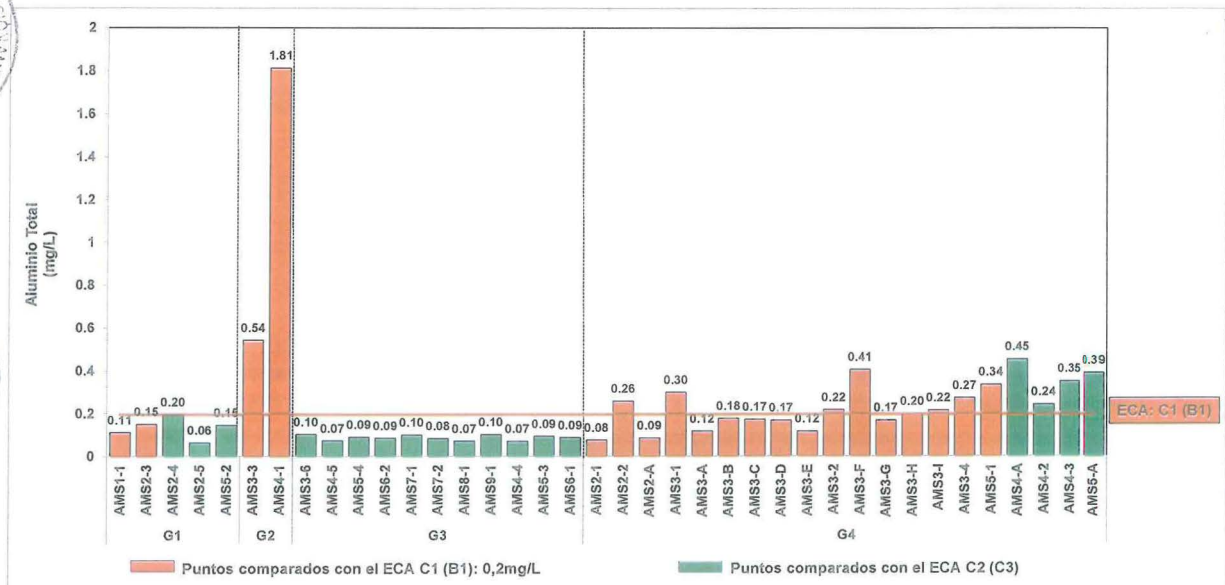


Figura 10-19. Concentración de aluminio total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

129. En la comparación de aluminio total a nivel de superficie entre grupos, el G4 presenta tendencia a concentraciones más altas de aluminio total (Figura 10-20). El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que existen diferencias

significativas entre los grupos de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares: G1-G2, G2-G3 y G3-G4, donde el G2 y G4 presentan valores significativamente más elevados (ver Anexo B.1).

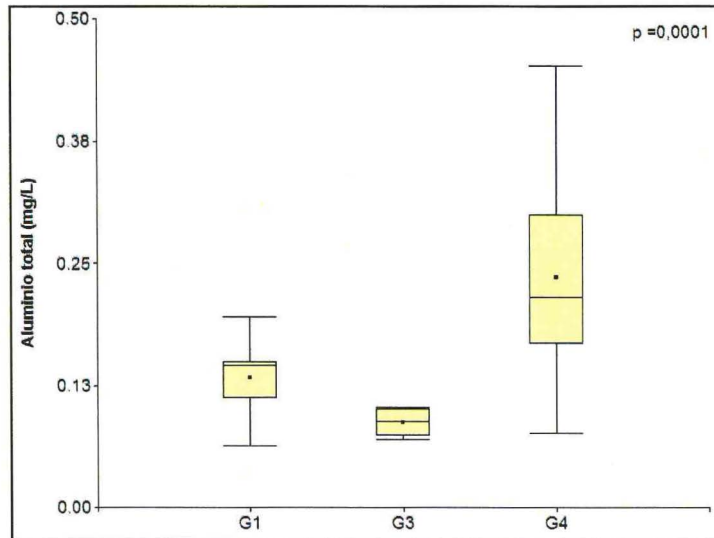


Figura 10-20. Diagrama de cajas con datos de aluminio total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media)

130. Las concentraciones de aluminio total a nivel de fondo se muestran en la Figura 10-21; en el G1 el punto de monitoreo AMS2-3 excedió el valor (0,2 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G2, los puntos AMS3-3 y AMS4-1 excedieron el valor (0,2 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G4, los puntos AMS2-A, AMS3-1, AMS3-B, AMS3-D, AMS3-E, AMS3-F, AMS3-I y AMS5-1 excedieron el valor (0,2 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). La Categoría 2 (C3) no considera este parámetro.

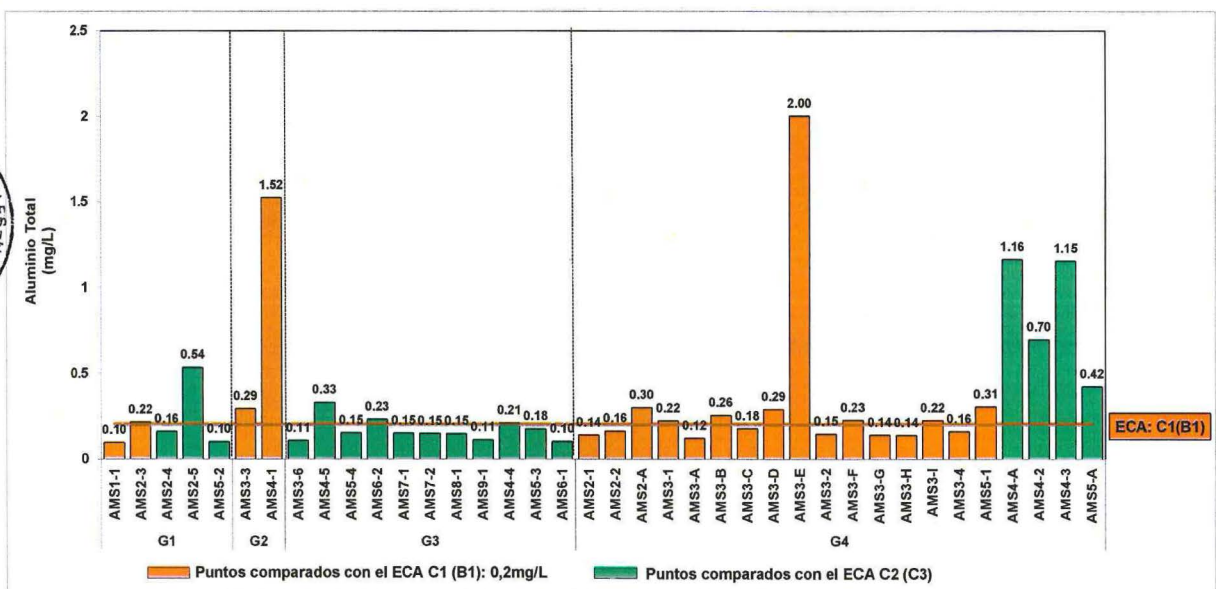


Figura 10-21. Concentración de aluminio total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal



Handwritten blue scribbles.

131. La comparación de aluminio total a nivel de fondo entre zonas, muestra que la zona centro presenta tendencia a valores más elevados de aluminio total (Figura 10-22); sin embargo el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre grupos de la bahía ($p > 0,05$) (ver Anexo B.1).

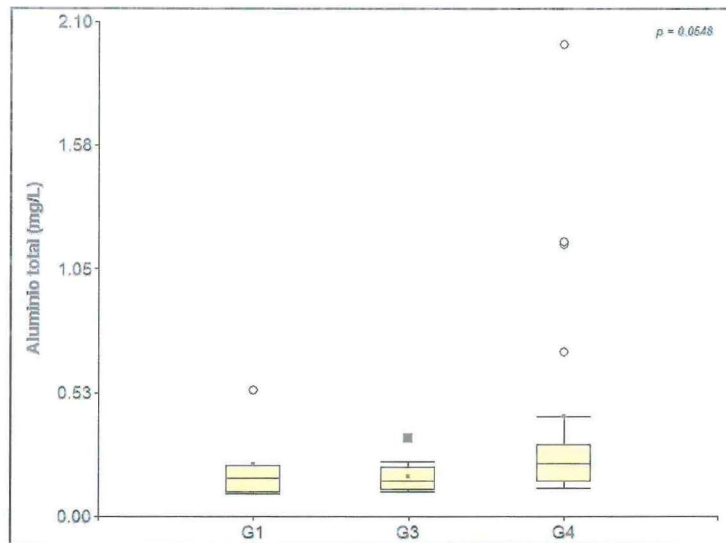


Figura 10-22. Diagrama de cajas con datos de aluminio total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / o, ■: outliers)

f) Boro total

132. En la Figura 10-23 se muestran los valores de las concentraciones de boro total a nivel de superficie; este parámetro excedió el valor (0,5 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1) en todos los puntos evaluados bajo la normativa correspondiente. La Categoría 2 (C3) no considera este parámetro (ver Figura 10-23).



Figura 10-23. Concentración de boro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

133. La comparación de la concentración de boro total a nivel de superficie entre grupos, muestra que el G1 y G4 presentan tendencia a valores más elevados

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

(Figura 10-24). El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p < 0,05$) (ver Anexo B.1).

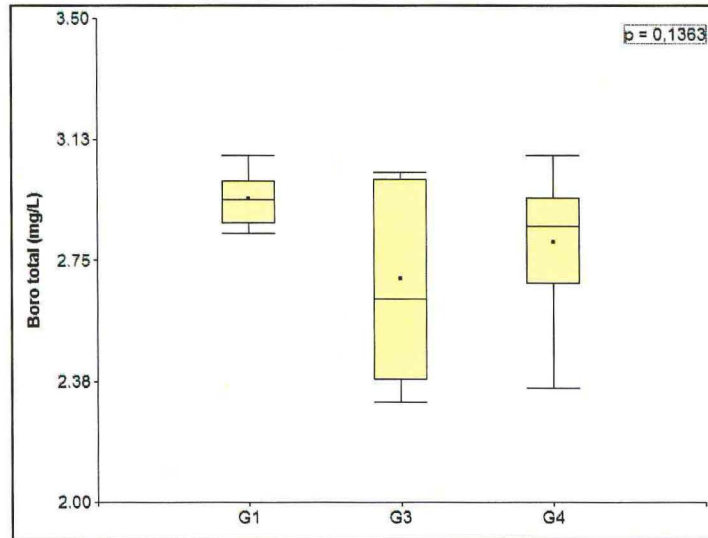


Figura 10-24. Diagrama de cajas con datos de boro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media)

134. En la Figura 10-25 se muestra las concentraciones de boro total a nivel de fondo; donde se observa la misma tendencia que a nivel de superficie, donde todos los puntos comparados con los ECA para agua Categoría 1 (B1) excedieron el valor (0,5 mg/L) establecido en la normativa. La categoría 2 (C3) no considera este parámetro.

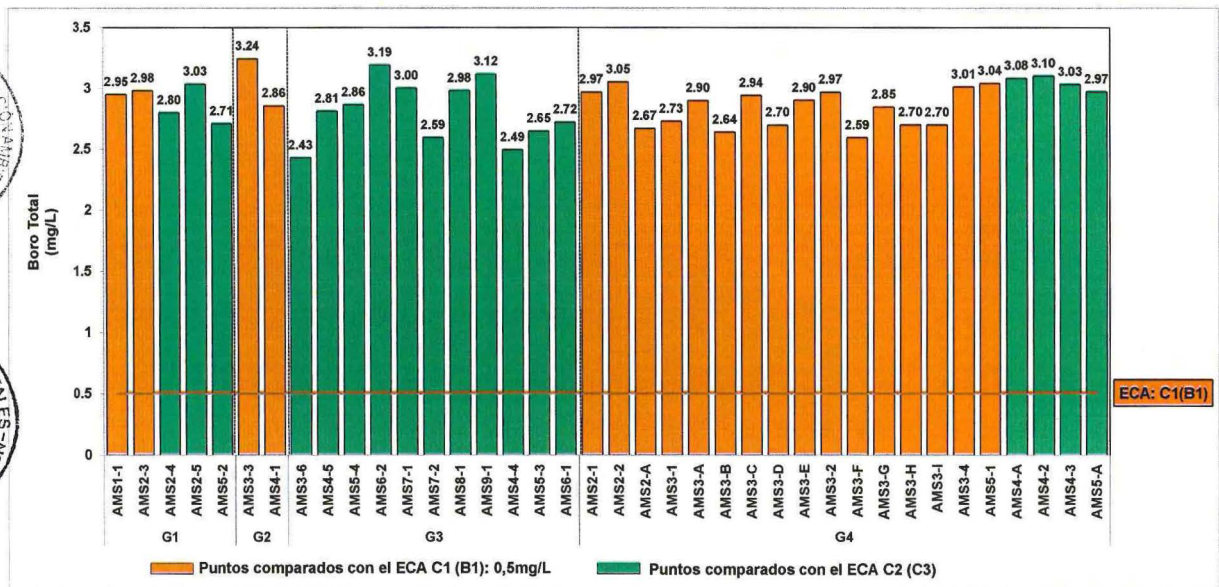


Figura 10-25. Concentración de boro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

135. La comparación de la concentración de boro total a nivel de fondo, muestra que el G3 presenta tendencia de valores más elevados (Figura 10-26) sin embargo el análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre las zonas de la bahía ($p > 0,05$) (ver Anexo B.1).

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

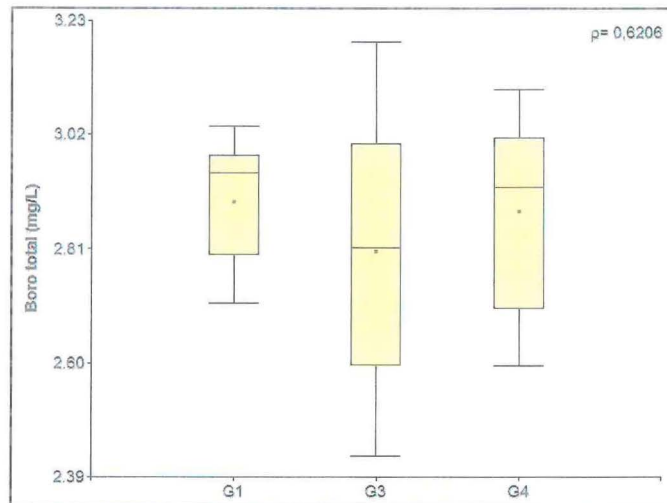


Figura 10-26. Diagrama de cajas con datos de boro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media)

g) Hierro total

136. Respecto a los valores de hierro total a nivel de superficie, estos se muestran en la Figura 10-27; donde se observa que en el G1 solo el punto AMS2-3 excedió el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G2 los puntos AMS3-3 y AMS4-1 excedieron el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). En el G4 los puntos AMS2-2, AMS3-1, AMS3-F, AMS3-I, AMS3-4 y AMS5-1 superaron el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Los demás puntos estuvieron por debajo de la concentración establecida en la normativa correspondiente. La categoría 2 (C3) no considera este parámetro.

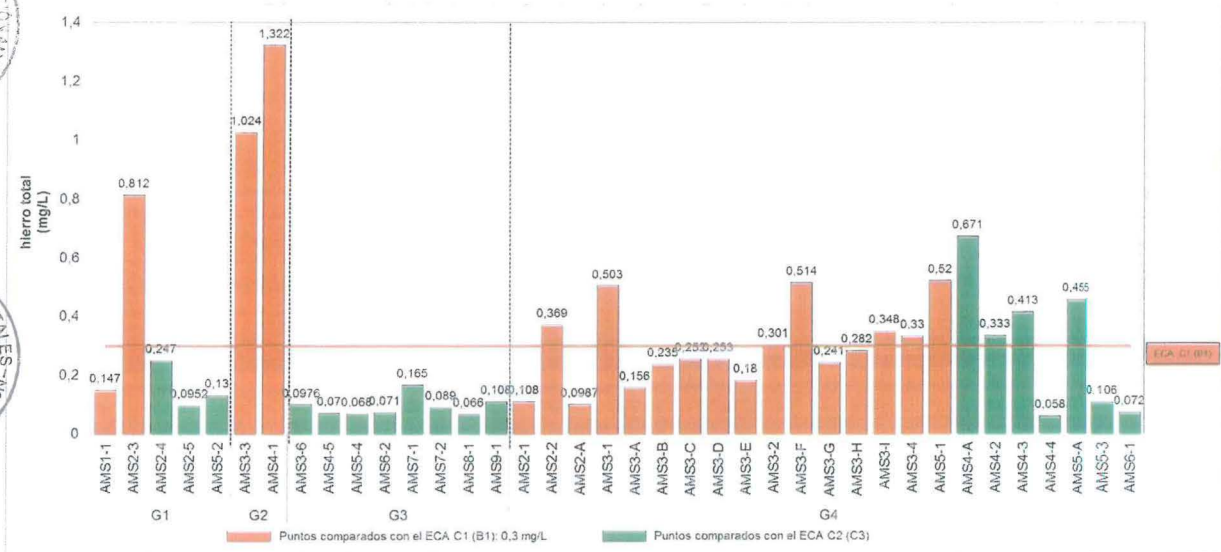


Figura 10-27. Concentración de hierro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

137. La comparación de hierro total a nivel de superficie entre zonas, muestra que el G4 presenta tendencia de valores más elevados (Figura 10-28). El análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que si existe diferencias significativas entre las zonas de la bahía ($p < 0,05$); y de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney existe

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G1-G2, G2-G3 y G3-G4, donde el G2 presenta valores significativamente más elevados (ver Anexo B.1).

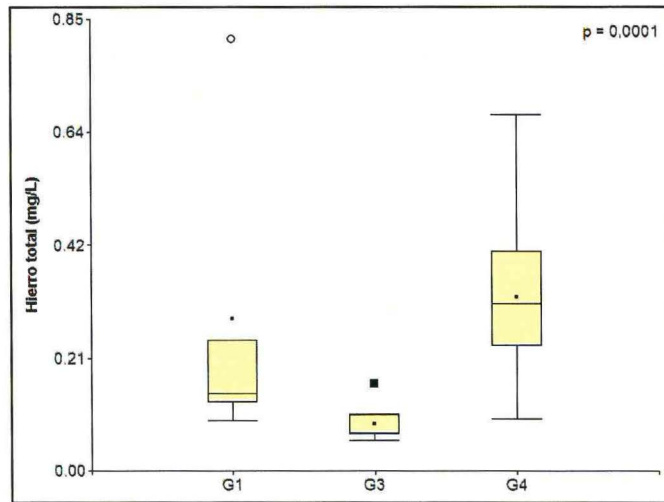


Figura 10-28. Diagrama de cajas con datos de hierro total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○,■:outliers)

138. En la Figura 10-29 se muestra las concentraciones de hierro total a nivel de fondo; donde se observa que en el G1, el punto AMS2-3 superó el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1), en el G2 se excedió el valor de la normativa correspondiente en ambos puntos. El G4 se excedió el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1) en los puntos AMS2-A, AMS3-1, AMS3-B, AMS3-C, AMS3-D, AMS3-E, AMS3-F, AMS3-I y AMS5-1. Los demás puntos estuvieron por debajo de la concentración establecida en la normativa correspondiente. El ECA para agua Categoría 2 (C3) no considera este parámetro.



6
3
B

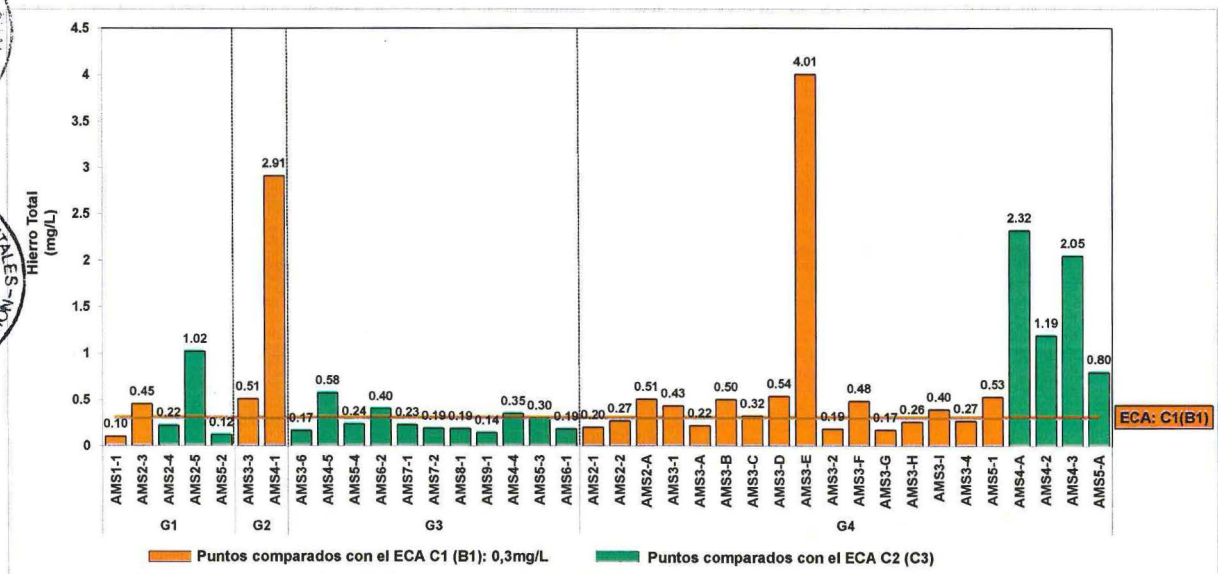


Figura 10-29. Concentración de hierro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

139. La comparación de hierro total a nivel de fondo entre grupos, muestras que el G4 presenta tendencia de valores más elevados (Figura 10-30). El análisis de

varianza de Kruskal-Wallis indica que existen diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p < 0,05$) y de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los pares G2-G3 y G3-G4, donde el G2 y G4 presentan valores significativamente más elevados (ver Anexo B.1).

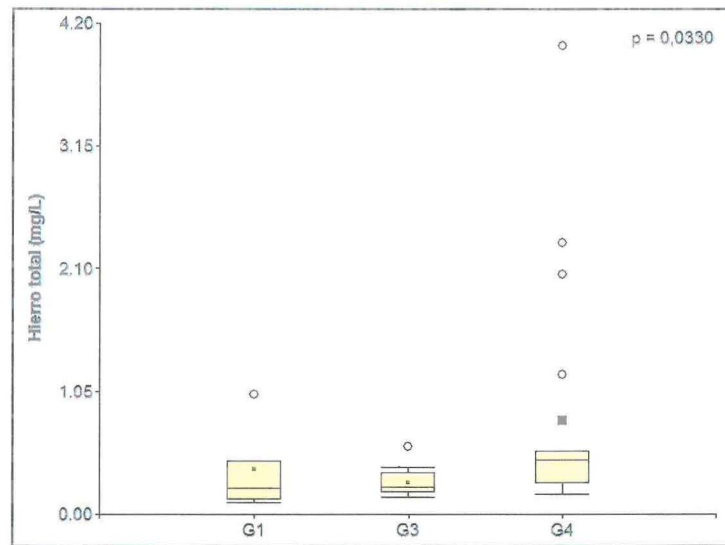


Figura 10-30. Diagrama de cajas con datos de hierro total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○,■:outliers)

h) Plomo total

140. Respecto a los valores de plomo total a nivel de superficie, ningún punto de monitoreo excedió los valores establecidos en las norma correspondientes.

141. En la Figura 10-31 se muestra las concentraciones de plomo total a nivel de fondo; donde se observa que para la Categoría 1 (B1) en ningún punto se encontró valores que excedan la normativa. En el G1, el punto AMS2-5 excedió el valor (0,03 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G3, los puntos AMS4-5, AMS6-2, AMS7-1, AMS7-2 AMS9-1, AMS4-4, AMS5-3 y AMS6-1 excedieron el valor (0,03 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G4 ningún punto excedió los valores establecidos en la normativa correspondiente.



Handwritten blue ink marks, possibly initials or a signature.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

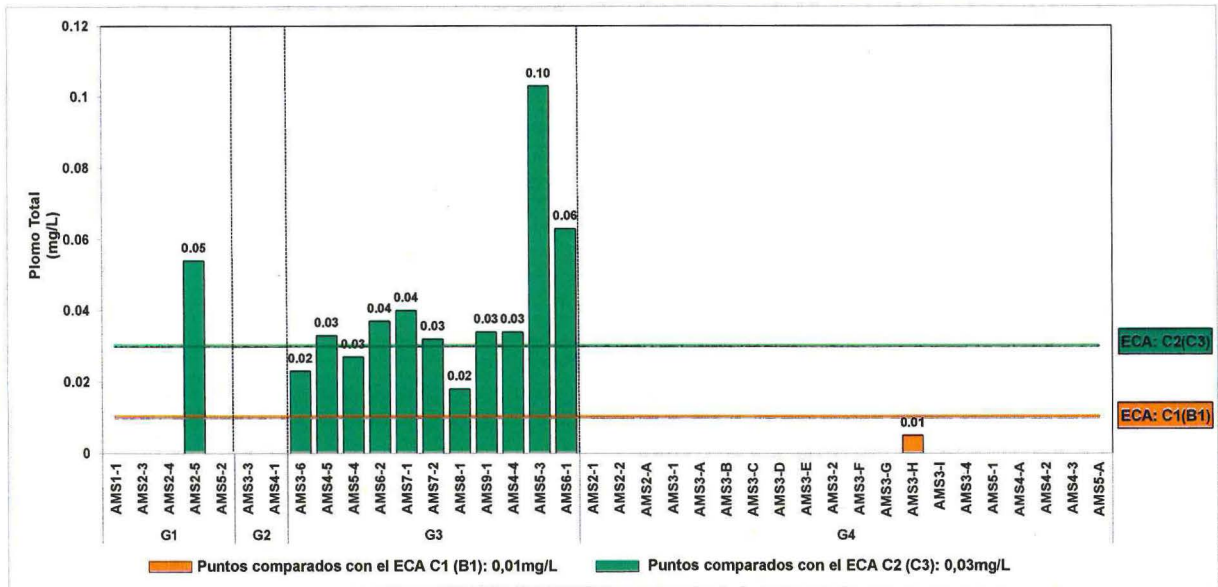


Figura 10-31. Concentración de plomo total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

142. La comparación de plomo total a nivel de fondo entre grupos no se realizó debido a que el parámetro estuvo ausente en la mayoría de puntos de monitoreo.

i) Zinc total

143. En la Figura 10-32 se observan los valores de zinc total a nivel de superficie, donde ningún punto superó el valor establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Por otro lado, solo el punto AMS5-2 excedió el valor (0,12 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3).



G
3
g

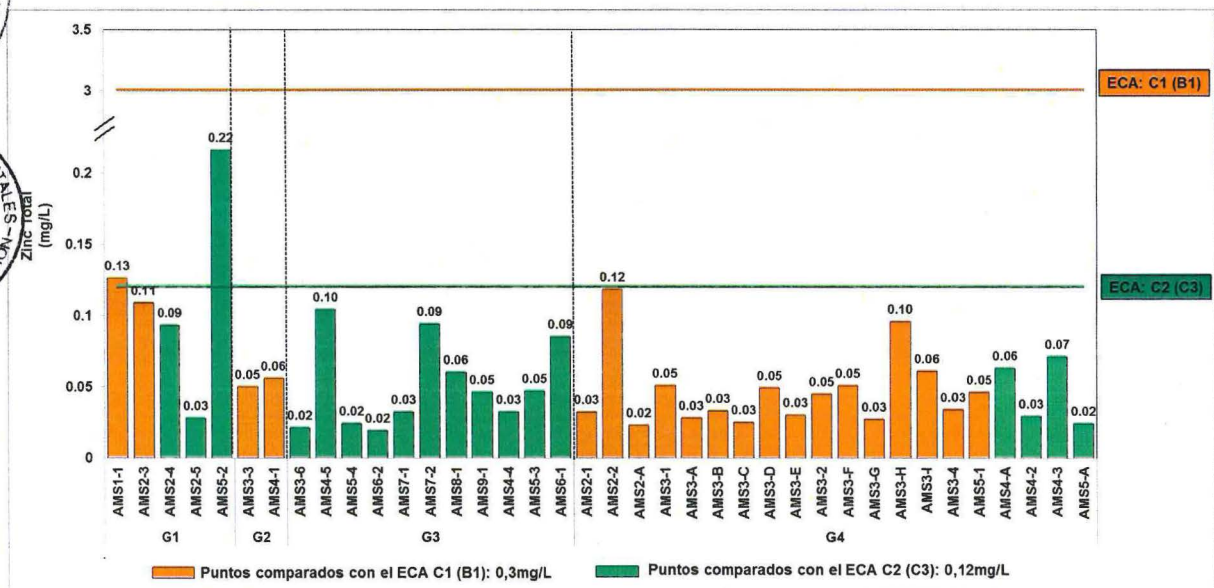


Figura 10-32. Concentración de zinc total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal

144. La comparación de zinc total a nivel de superficie entre grupos, muestra que el G1 presenta tendencia de valores más elevados (Figura 10-33), sin embargo el

análisis de varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p > 0,05$) (ver Anexo B.1).

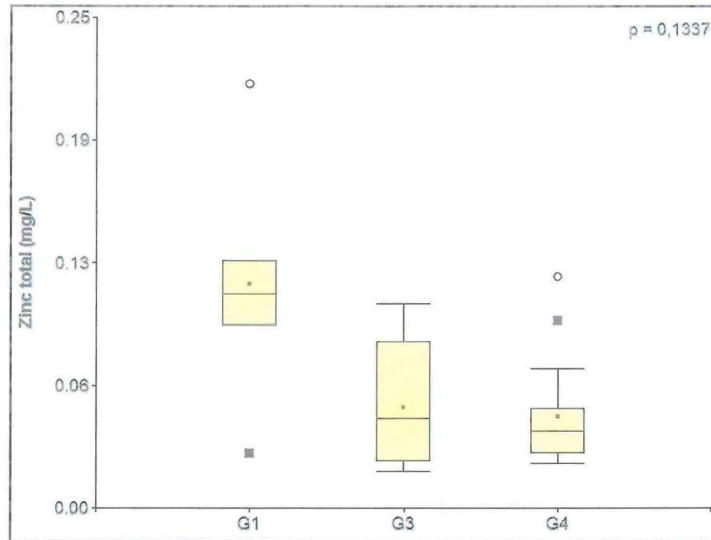


Figura 10-33. Diagrama de cajas con datos de zinc total en agua de mar a nivel de superficie en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○,■:outliers)

145. Los valores de zinc total a nivel de fondo se muestran en la Figura 10-34; para el G3, los puntos AMS8-1 y AMS6-1 excedieron el valor (0,12 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 2 (C3). En el G4 los puntos AMS4-A, AMS4-2 y AMS5-A excedieron el valor (0,12 mg/L) establecido en la normativa. Todos los demás puntos no excedieron la normativa de comparación que les corresponde.

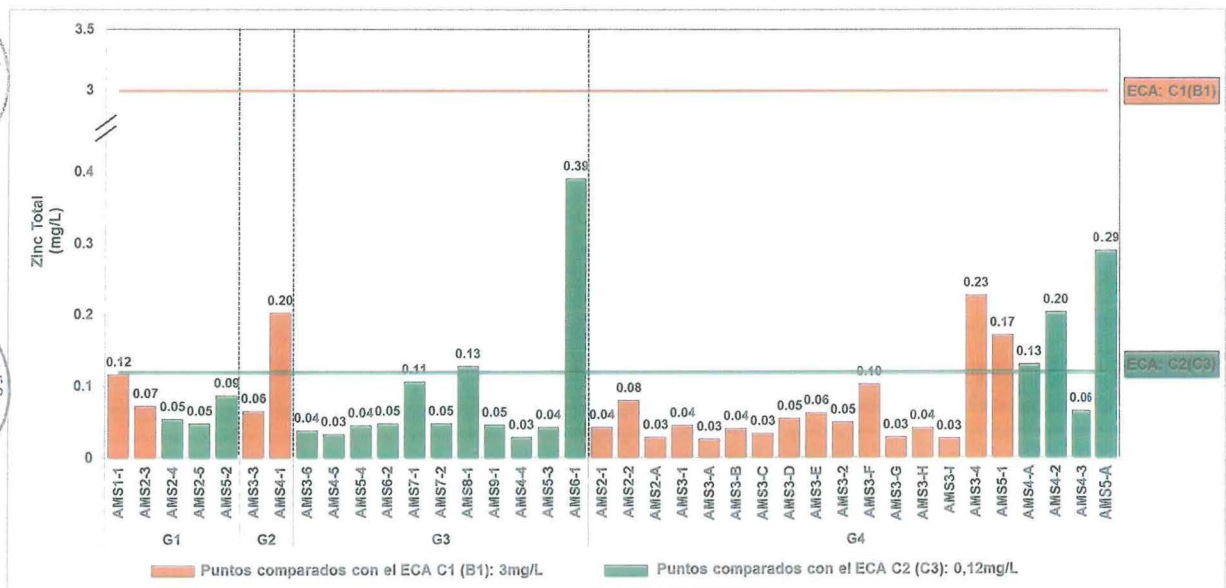


Figura 10-34. Concentración de zinc total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal

146. La comparación de zinc total a nivel de superficie entre grupos, muestra que todas las zonas presentan tendencias semejantes de concentraciones de este parámetro, con una mayor variabilidad en la el G3 (Figura 10-35). El análisis de

varianza de Kruskal-Wallis indica que no existe diferencias significativas entre los grupos de la bahía ($p > 0,05$) (ver Anexo B.1).

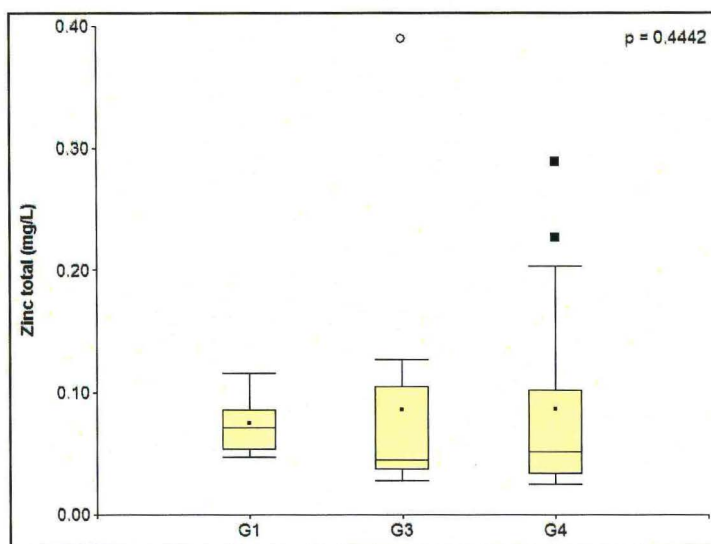


Figura 10-35. Diagrama de cajas con datos de zinc total en agua de mar a nivel de fondo en el ambiente submareal. (p: p-value Prueba Kruskal-Wallis / ●: media / ○, ■: outliers)

10.1.2 Ambiente Intermareal

147. A continuación, se presenta los resultados de los parámetros ambientales obtenidos en el ambiente intermareal de la bahía de Supe, los cuales se comparan con los ECA para agua de las categorías correspondientes.



148. Por motivos de orden y síntesis se presentan solo los parámetros cuyos valores no cumplen con la normativa correspondiente. Adicionalmente en el caso del parámetro aceites y grasas, según los ECA para agua Categoría 1 (B1) se considera este parámetro como "ausencia de película visible", haciéndolo incompatible con los valores cuantitativos obtenidos durante este estudio. Sin embargo, los resultados obtenidos también son descritos.



149. Cabe recordar, que el punto AMIS-6 es el punto de referencia que servirá para analizar los demás puntos del ambiente intermareal. Además, como se puede apreciar en la Tabla 10-5, en este punto solo el Boro total excedió el valor para los ECA para agua Categoría 1 (B1): otras actividades; por lo tanto, la barra de los gráficos de este parámetro solo servirá como referencia para los valores obtenidos en los demás puntos. Asimismo, se consideró la presencia de los puntos de vertimientos para el análisis de resultados de los puntos del intermareal más cercanos a estos.

150. En la tabla 10-5 se muestra la aplicación del estándar (categoría y subcategoría) a cada uno de los puntos de monitoreo y el resumen de los parámetros ambientales que excedieron la normativa correspondiente. Para verificar los valores de concentraciones de cada parámetro, revisar el Anexo B.2.

G
J
D

Tabla 10-5. Resumen de parámetros que se excedieron los puntos de agua de mar en ambiente intermareal

Código de punto de monitoreo	Parámetros que incumplen el estándar	ECA para agua (DS: 015-2015-MINAM)
		Categoría (sub categoría)
AMIS-1	Al, B, Fe	Categoría 1-B: B1 Contacto primario
AMIS-2	AyG, CTT, CT, Al, B, Fe	
AMIS-3	CTT, CT, Al, B, Fe	
AMIS-4	AyG, CTT, CT, Al, B, Fe	
AMIS-5	AyG, B	
AMIS-6*	B	

AyG: Aceites y Grasas; B: Boro, Al: Aluminio, Fe: Hierro, CTT: Coliformes termotolerantes, CT: Coliformes totales.

*Punto de referencia

a) Aceites y grasas

151. Este parámetro se registró en los puntos de monitoreo AMIS-2, AMIS-4 y AMIS-5. El valor más elevado se presentó en el punto AMIS-5, el cual podría estar asociado al elevado valor encontrado en el punto de vertimiento ASVS-8 (Ver Anexo B.4, y Anexo E – Fotografías N°8 y N°12), el cual presentó el valor más alto de ese parámetro (42,7) para los puntos de vertimiento. El punto de referencia no registró presencia de aceites y grasas.

b) Coliformes termotolerantes

152. Respecto a los valores de coliformes termotolerantes, los puntos AMIS-2, AMIS-3 y AMIS-4 excedieron el valor (200NMP/100mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1) (Figura 10-36). El punto AMIS-4 presentó el valor más elevado, cabe recordar que este punto se encuentra 80 m de la salida del vertimiento ASVS-8, el cual presenta una concentración mayor a 160000 NMP/100mL.

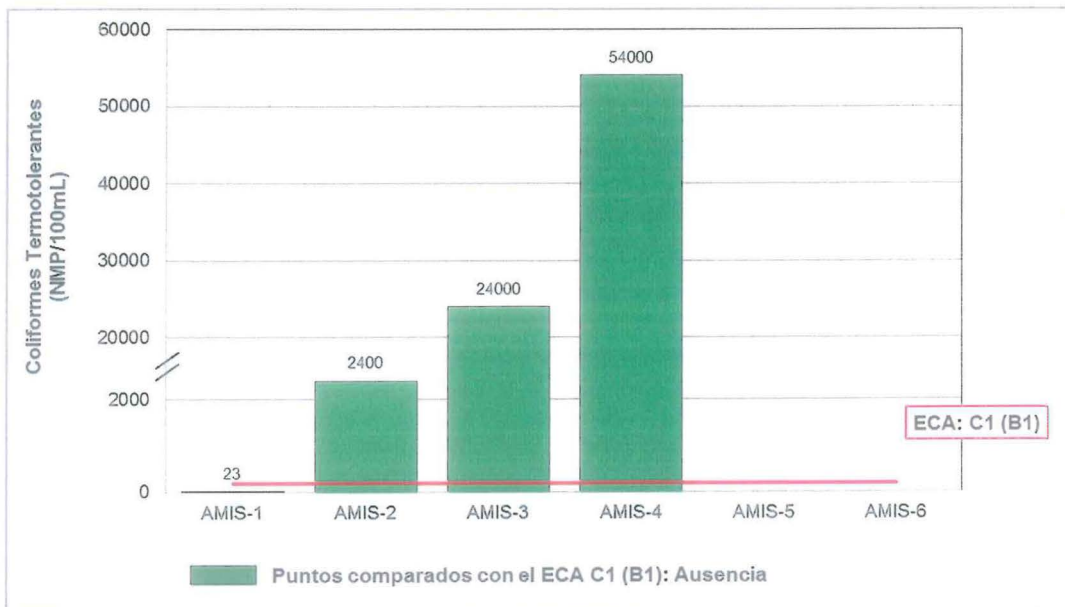


Figura 10-36. Concentración de coliformes termotolerantes en agua de mar en el ambiente intermareal



Handwritten blue ink marks, possibly initials or a signature.

c) Coliformes totales

153. Respecto a los valores de coliformes totales, los puntos AMIS-2, AMIS-3 y AMIS-4 excedieron el valor (200 NMP/100 mL) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1); El resto de puntos, incluido AMIS-6, presentaron valores por debajo del límite de detección de la metodología aplicada por el laboratorio encargado del análisis (Figura 10-37). El punto AMIS-4 nuevamente presentó el valor más elevado, cabe recordar que este punto se encuentra 80 m de la salida del vertimiento ASVS-8, el cual presenta un valor mayor a 160 000 NMP/100mL, siendo esta la posible fuente del valor elevado hallado en el punto AMIS-4.

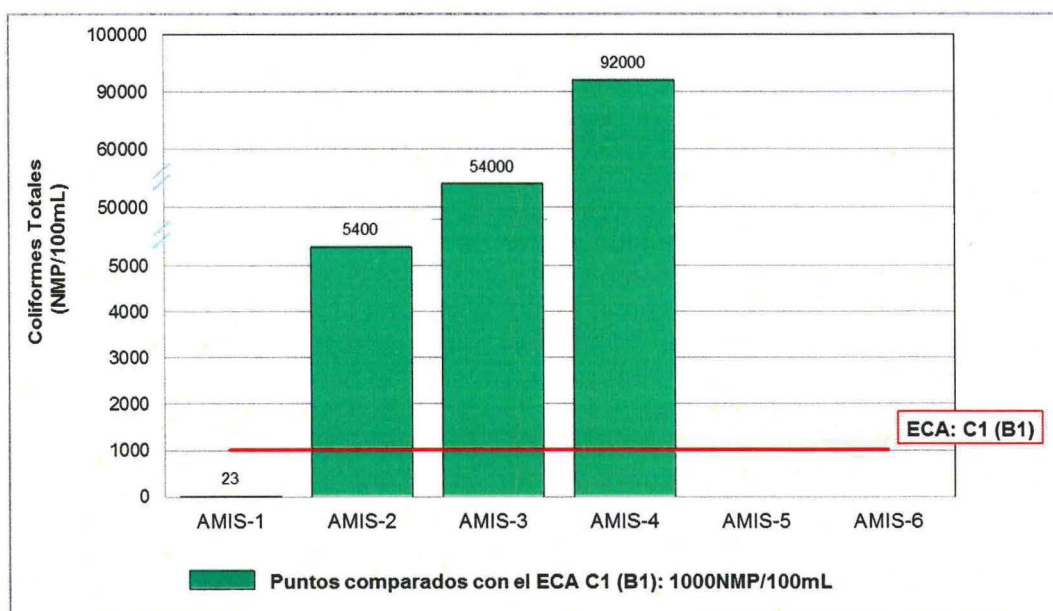


Figura 10-37. Concentración de coliformes totales en agua de mar en el ambiente intermareal

d) Aluminio total

154. Los resultados de aluminio total, muestran que los puntos AMIS-1, AMIS-2, AMIS-3 y AMIS-4 excedieron el valor (0,2 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Teniéndose así una mayor concentración de este parámetro hacia el norte de la bahía, cabe resaltar que en todos los puntos de vertimientos se observó la presencia de este parámetro. Los puntos AMIS-5 y AMIS-6 (punto de referencia) presentaron concentraciones menores al ECA (Figura 10-38).

G
3
8

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

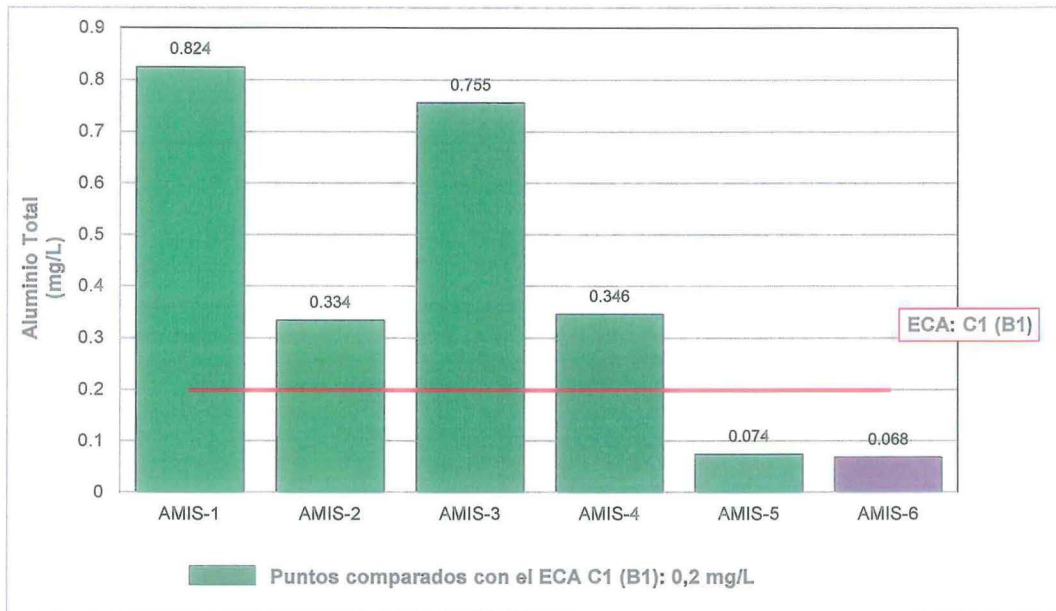


Figura 10-38. Concentración de aluminio total en agua de mar en el ambiente intermareal

e) Boro total

155. Respecto a los valores de boro total, todos los puntos excedieron el valor (0,5 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). (Figura 10-39).

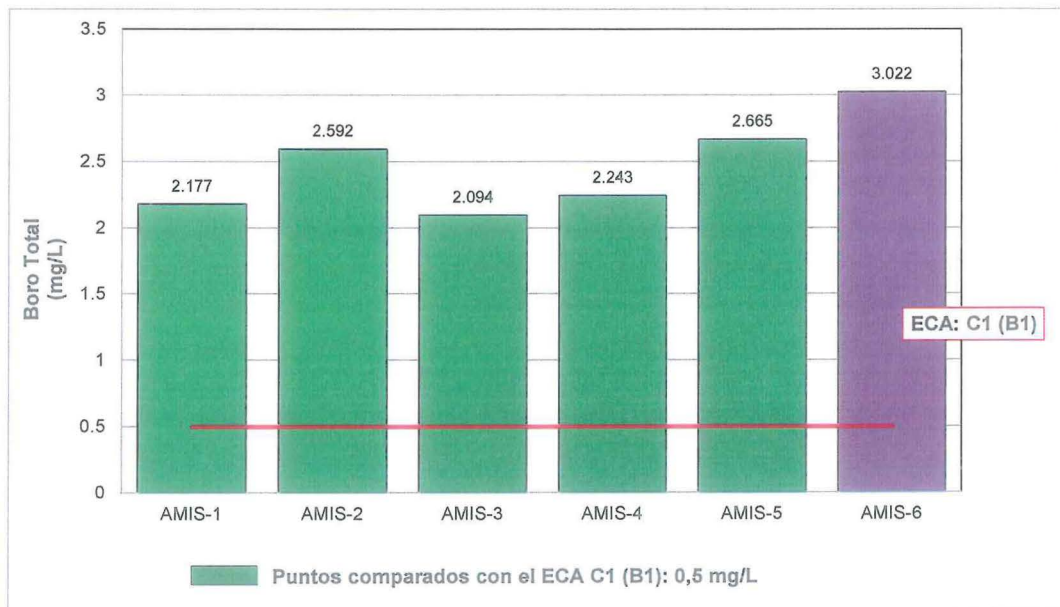


Figura 10-39. Concentración de boro total en agua de mar en el ambiente intermareal

f) Hierro total

156. Respecto a los valores de hierro total, muestran que los puntos AMIS-1, AMIS-2, AMIS-3 y AMIS-4 excedieron el valor (0,3 mg/L) establecido en los ECA para agua Categoría 1 (B1). Los puntos AMIS-5 y AMIS-6 (punto de referencia) presentaron

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

los valores más bajos en toda la bahía (Figura 10-40). Cabe mencionar que todos los puntos de vertimiento tuvieron valores altos para este parámetro.

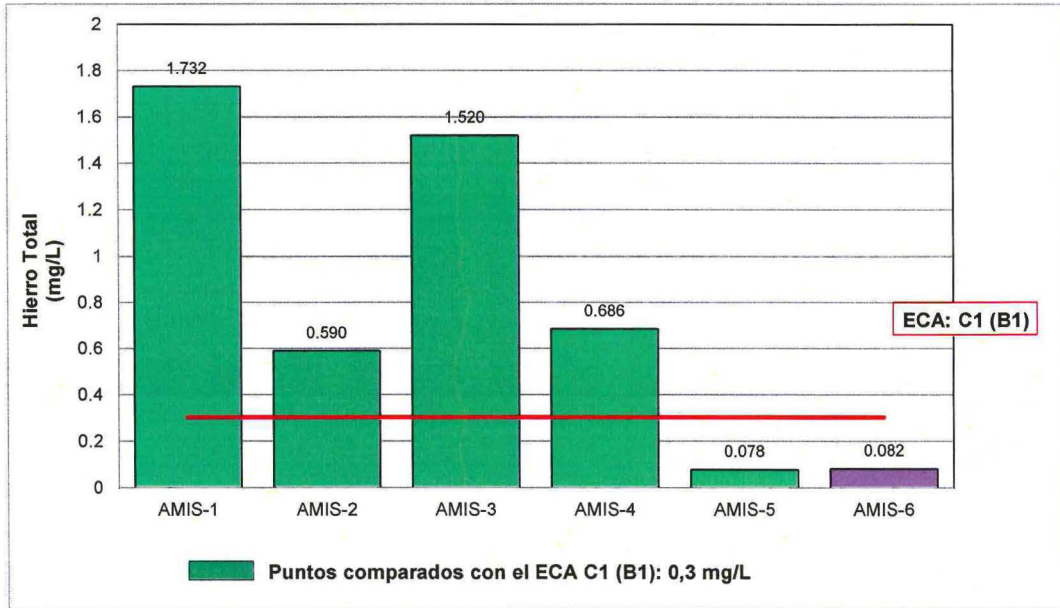


Figura 10-40. Concentración de hierro total en agua de mar en el ambiente intermareal



6
3
8

10.2 Calidad de sedimento

157. Los resultados se presentan de acuerdo con los dos tipos de ambientes: submareal e intermareal. En concordancia con lo descrito en la metodología y por motivos de orden y síntesis, se presentan solo a los parámetros cuyos valores no cumplen con la normativa de comparación.

10.2.1 Ambiente submareal

158. A continuación, se detallan los grupos de análisis establecidos y el análisis de resultados de los parámetros que incumplieron con la normativa referencial por cada grupo de análisis, con la finalidad de evaluar la calidad de sedimento en el ambiente submareal de la bahía de Supe.

10.2.1.1 Formación de grupos de análisis

159. De acuerdo con el análisis de agrupación de cluster y la combinación con la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo (análisis de clúster – vecino más cercano), se obtuvo la formación de 4 grupos con características comunes. Para la generación del clúster se utilizaron los siguientes parámetros: sulfatos, sulfuros, materia orgánica, arsénico, cobre, cromo, plomo, zinc, aluminio, bario, calcio, cerio, estroncio, fósforo, hierro, manganeso, magnesio, potasio, sodio, titanio y vanadio. En la Tabla 10-6 se observan los puntos que forman los grupos de análisis.

Tabla 10-6. Grupos formados mediante el análisis de agrupación de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

Grupos	Puntos de monitoreo
G1	SMS3-1, SMS3-3, SMS3-A, SMS3-B, SMS3-C, SMS3-D, SMS3-E, SMS3-F, SMS3-G, SMS3-I, SMS4-1, SMS5-1
G2	SMS7-2
G3	SMS2-1, SMS2-2, SMS2-3, SMS2-4, SMS2-5, SMS2-A, SMS3-2, SMS3-4, SMS3-H, SMS4-2, SMS4-4, SMS4-A, SMS5-2, SMS7-1, SMS8-1
G4	SMS3-6, SMS4-3, SMS4-5, SMS5-3, SMS5-4, SMS5-A, SMS6-1, SMS6-2

Fuente: elaboración propia

160. La agrupación realizada por el clúster resalta el punto de monitoreo SMS7-2 (G2), como un punto con características muy distintas a los otros. El punto SMS7-2 se encuentra ubicado en el extremo noroeste de la bahía.

161. En la Figura 10-41, se puede observar las agrupaciones realizadas para el componente de sedimentos marinos, considerando las concentraciones de los parámetros ambientales y la ubicación de los puntos.



6
3
0

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"



Figura 10-41. Formación de grupos de acuerdo con el análisis de cluster y la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia

10.2.1.2 Parámetros ambientales

162. Como se mencionó anteriormente, los resultados de sedimento marino fueron comparados con el valor ISQG y PEL de la norma canadiense. El total de los resultados se muestran en el Anexo B.5, donde se puede observar los valores obtenidos y su comparación con el valor guía utilizado de referencia.
163. La Tabla 10-7, muestra los parámetros que excedieron los valores de las normativas referenciales utilizadas. Se muestra que cuatro metales excedieron los valores determinados para el ISQG, sin embargo ninguno de estos parámetros excedió los valores para el PEL. Al respecto, los valores excedidos se presentaron solamente en 5 puntos de monitoreo, de los cuales tres pertenecen al G4.

Tabla 10-7. Puntos de monitoreo donde se excedió de los valores de la norma de referencia

Grupos	Código de punto de monitoreo	Parámetros que exceden el estándar		Total parámetros excedidos	
		ISQG	PEL	ISQG	PEL
G2	SMS7-2	As, Cu	-	2	0
G3	SMS4-A	Cd	-	1	0
G4	SMS5-4	As	-	1	0
	SMS5-A	As, Pb	-	2	0
	SMS6-1	As, Cu	-	2	0

As: Arsénico, Cd: Cadmio, Cu: Cobre, Hg: Mercurio, Pb: Plomo, Zn: Zinc
Fuente: Elaboración propia

164. A continuación, se presenta el análisis de los resultados para los parámetros de calidad de sedimento según el agrupamiento de clúster previamente realizados. Cabe mencionar que se presentan los resultados solo de los parámetros que exceden la normativa de comparación, así como los resultados de materia orgánica y sulfuros (no cuentan con normas ni guías de referencia) con la finalidad de relacionar mejor los resultados.

a) Materia orgánica

165. La Figura 10-42 muestra la concentración de materia orgánica en sedimento. Para tener un valor de referencia para este parámetro, se realizó el promedio del total de los valores y se trazó una línea en la figura como referencia. Los grupos que resaltan por estar sobre el promedio son: el G2 y el G4 ambos ubicados hacia el noroeste de la bahía; el G1 destacan los puntos SMS3-F y SMS4-1, mientras que en el G3 destaca el punto SMS2-4.

166. En esta figura también se puede observar la concentración de sulfuros, la cual se relacionaría a la concentración de materia orgánica en zonas con condiciones anóxicas. Sin embargo, debido a que ambas variables no cumplen con el supuesto de normalidad, se realizó la comparación de ambas mediante el coeficiente de correlación de Spearman, el cual muestra que la relación entre las dos variables no es muy alta (0,52), no obstante es significativa ($p < 0,05$).

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

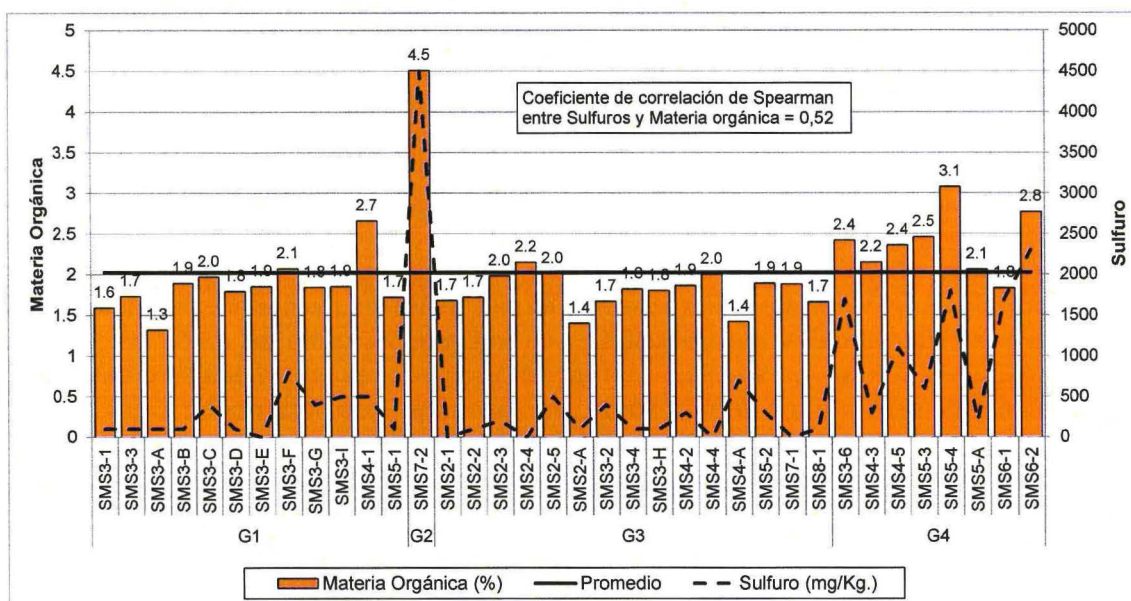


Figura 10-42. Concentración de materia orgánica y sulfuros en sedimento en el ambiente submareal

b) Arsénico total

167. El arsénico estuvo presente en varios de los puntos de monitoreo, sin embargo solo excedió el valor ISQG de la norma canadiense en cuatro de los 36 puntos de monitoreo. El valor más alto se encontró en el punto SMS6-1 seguido de los puntos SMS5-A y SMS5-4, ambos del grupo G4; destaca también el punto SMS7-2 ubicado en el grupo G2. Estos valores se muestran en la Figura 10-43.

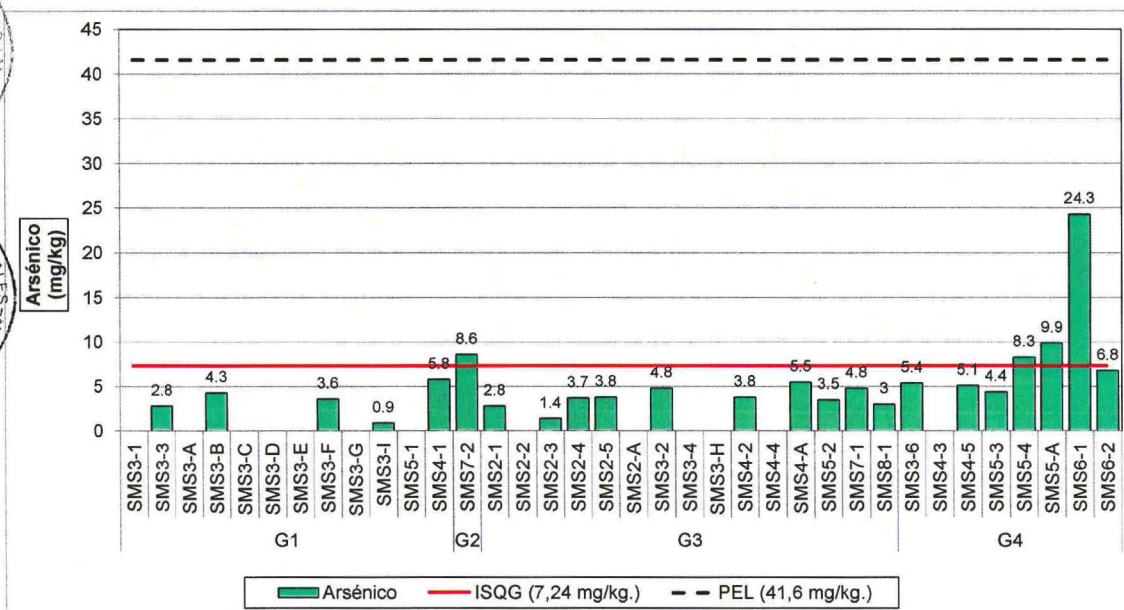


Figura 10-43. Concentración de arsénico en sedimento en el ambiente submareal

c) Cadmio total

168. El cadmio estuvo presente en menos puntos de monitoreo en relación al arsénico y solo excedió el valor ISQG de la norma canadiense en un punto (SMS4-A) de

los 36 puntos de monitoreo, este punto se ubica en el G3. En este caso la mayoría de los valores obtenidos (en 28 de los 36 puntos) fueron menores al valor del límite de detección del método utilizado por el laboratorio. Estos valores se muestran en la Figura 10-44.

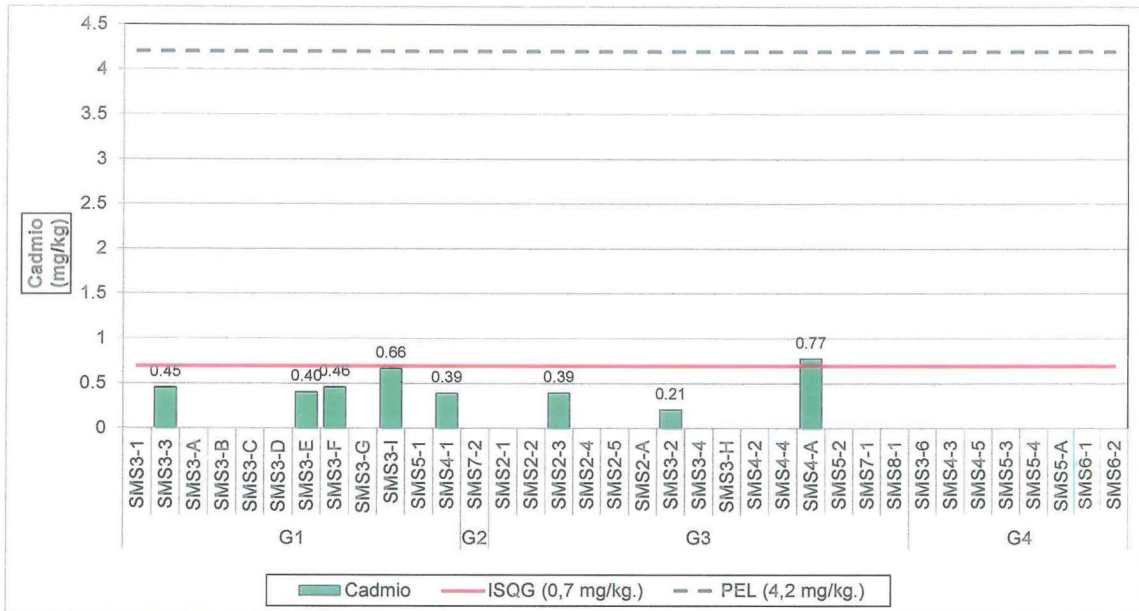


Figura 10-44. Concentración de cadmio en sedimento en el ambiente submareal

d) Cobre total

169. Para el caso de las concentraciones de cobre en sedimento, todos fueron inferiores al límite de detección del método; sin embargo, solo los puntos de monitoreo SMS7-2 (G2) y SMS6-1 (G4) fueron mayores al valor ISQG. (ver Figura 10-45).

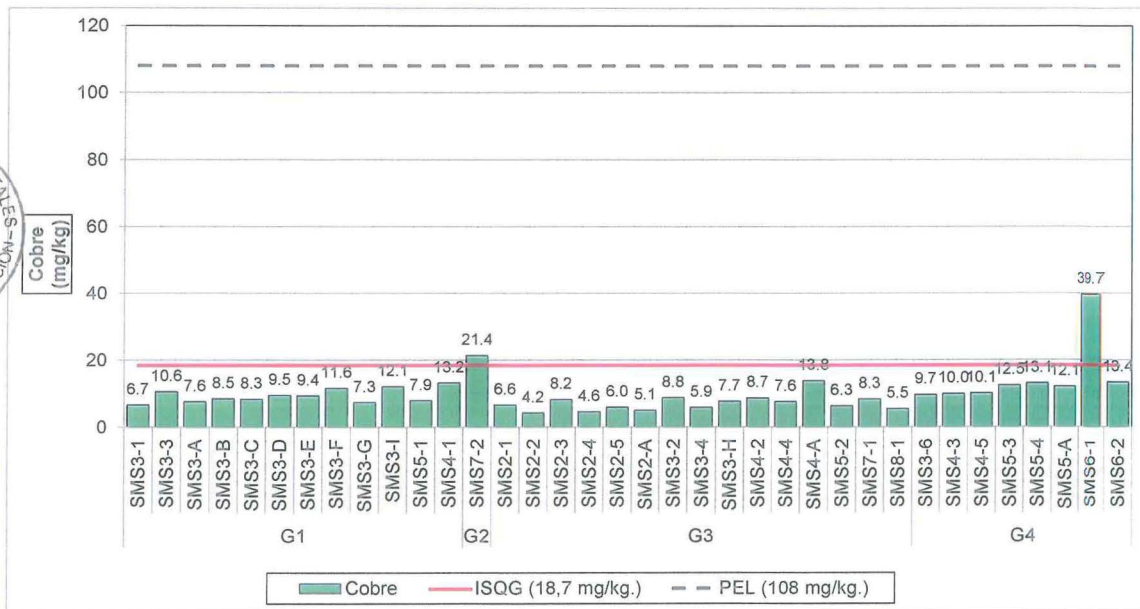


Figura 10-45. Concentración de cobre en sedimento en el ambiente submareal



G
J
B

e) Plomo total

170. Los resultados de plomo en sedimento submareal se muestran en la Figura 10-46, donde se observa que las concentraciones fueron mayores en el punto de monitoreo SMS5-A (G4) siendo el único que excedió el valor ISQG; sin embargo, hay que resaltar que los valores más altos se encontraron en los G2 y G4.

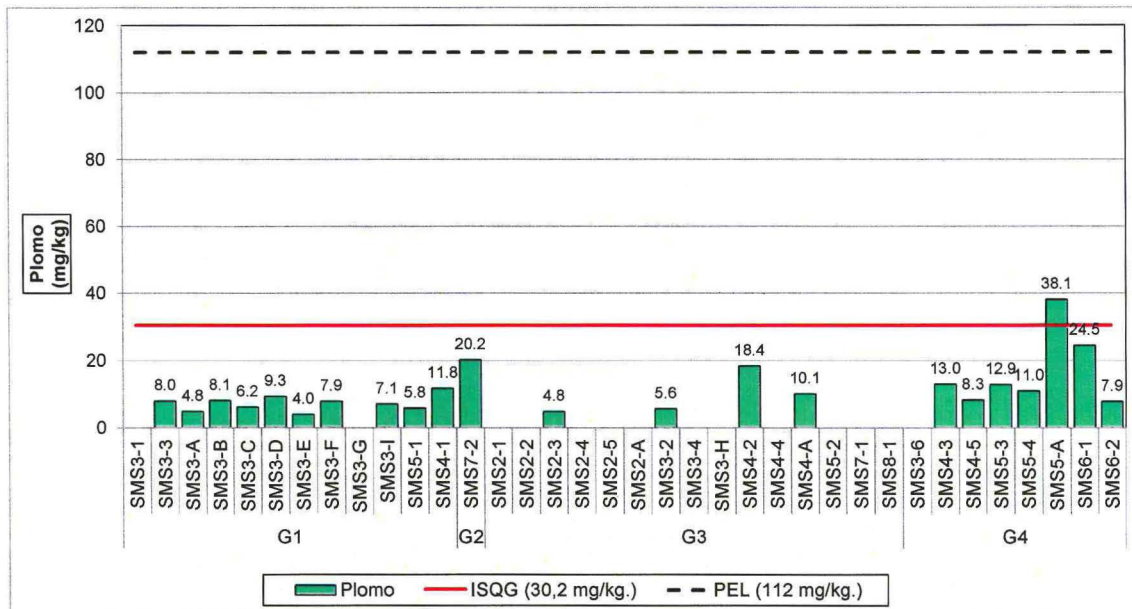


Figura 10-46. Concentración de plomo en sedimento en el ambiente submareal

10.2.2 Ambiente intermareal

171. Ningún valor obtenido en el ambiente intermareal excedió los valores establecidos en la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG, índices ISQG y PEL). No obstante, los valores obtenidos para arsénico, cobre, cromo y zinc en el punto de monitoreo SMS-4 fueron más elevados a diferencia de los demás puntos de monitoreo, los cuales en su mayoría tuvieron valores por debajo del límite de detección para los parámetros evaluados. El detalle de los valores de todos los parámetros se puede verificar en el Anexo B.6.



6
3
8

10.3 Fitoplancton

172. A continuación se detallan los resultados obtenidos del análisis de la comunidad de fitoplancton marino en el ambiente submareal de la bahía de Supe.

10.3.1 Composición y riqueza de especies

173. Durante el monitoreo se identificó un total de 40 especies, distribuidas en cuatro Divisiones: Bacillariophyta representada por 21 especies (52,5%), Miozoa con 16 especies (40,0%), Ochrophyta con dos especies (5,0 %) y Euglenophyta con una especie (2,5 %). La Figura 10-47 presenta gráficamente el número de especies identificadas de acuerdo con el grupo taxonómico al que pertenecen (División); la relación completa de especies se presenta en el Anexo B.7.

174. En general el grupo Bacillariophyta estuvo presente en todos los puntos de monitoreo -siendo el más diverso- dominando también en términos de diversidad en la mayoría de puntos evaluados. No obstante, este grupo compartió el dominio en diversidad con el grupo Miozoa en los puntos: HMS2-4, HMS3-1, HMS3-2, HMS3-D, HMS3-G y HMS9-1. El grupo Ochrophyta se presentó en los puntos: HMS2-1, HMS2-A, HMS3-2, HMS3-B, HMS3-D, HMS3-G, HMS4-4 y HMS5-2; mientras que el grupo Euglenophyta solo se presentó en el punto HMS3-3.

175. La mayor riqueza se presentó en los puntos de monitoreo HMS3-G con 16 especies y los puntos HMS2-A y HMS3-D con 15 especies cada una; mientras que los puntos con menor número de especies fueron los puntos HMS4-1, HMS4-3 y HMS7-1 con tres especies (ver Figura 10-47). El promedio de especies por punto en toda la bahía de Supe fue de 8 especies.

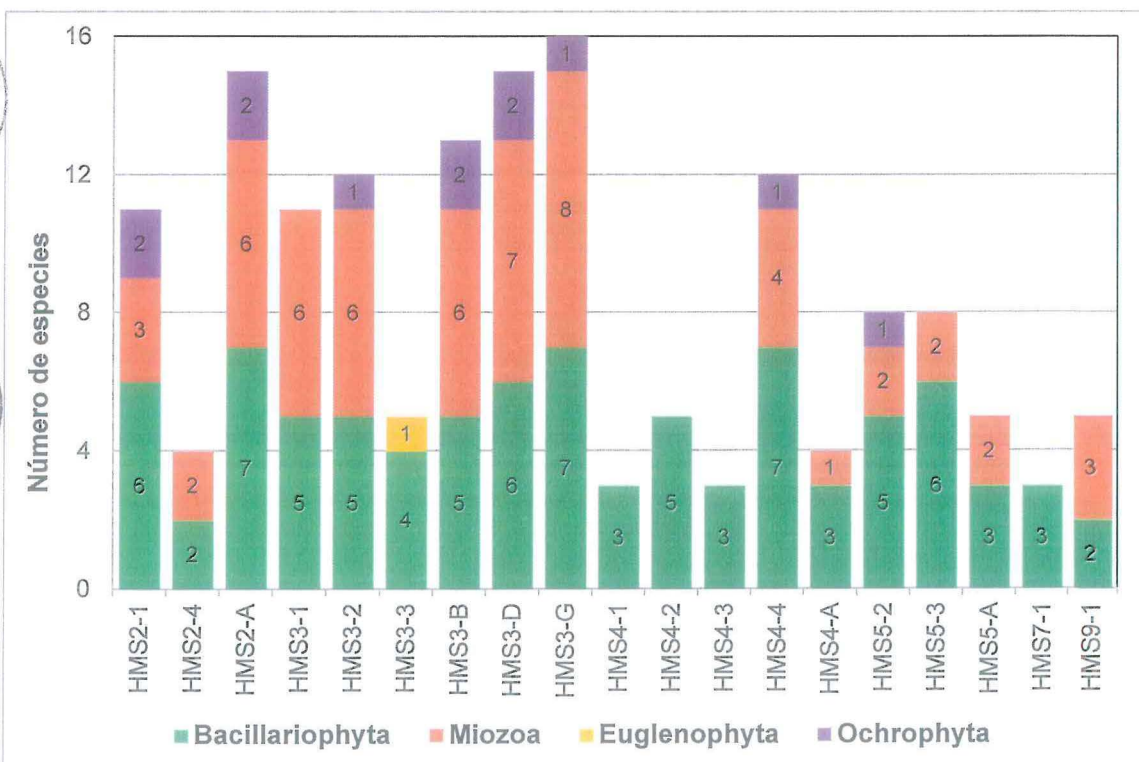


Figura 10-47. Número de especies de la comunidad de fitoplancton por cada División en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe



Handwritten blue ink marks and signatures.

10.3.2 Abundancia

176. Se registró en total 106,44 org/ml en todas las estaciones muestreadas. La mayor densidad se presentó en los puntos, HMS3-G y HMS4-1 con 12,2 org/ml y 11,7 org/ml, respectivamente. El promedio de densidad por punto de monitoreo para toda la bahía de Supe fue de 5,6 org/ml (ver Anexo B.7).
177. El grupo dominante fue Bacillariophyta, el cual presentó una mayor densidad en todos los puntos de monitoreo; seguida del grupo Miozoa que presentó la mayor densidad en el punto HMS3-G con 2,56 org/ml (ver Figura 10-48).
178. Los menores valores de densidad se encontraron en los puntos de monitoreo HMS2-4, HMS3-3, HMS4-2, HMS4-3, HMS5-3 y HMS9-1. (ver Figura 10-48).

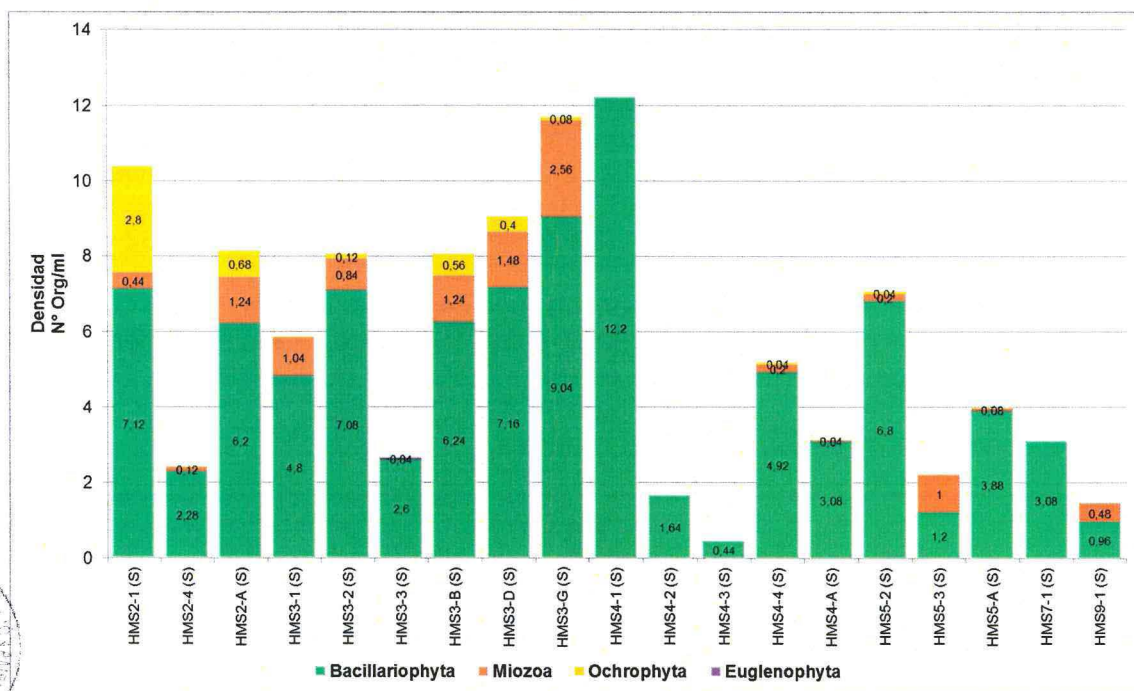


Figura 10-48. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por División en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe

10.3.3 Índices de diversidad alfa

179. El índice de diversidad verdadera (número de Hill) N1, presentó los mayores valores en los puntos de monitoreo HMS2-1 y HMS3-1 con el valor de 8,8 y 8,5 especies efectivas, respectivamente. El valor más bajo de este índice se presentó en el punto de monitoreo HMS5-A con el valor de 2,8 especies efectivas (ver Tabla 10-8 y Figura 10-49).

Tabla 10-8. Índices de diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe

Estación	Simpson (λ)	N1	Estación	Simpson (λ)	N1
HMS2-1	0,1938	8,5	HMS4-2	0,14	8,3
HMS2-4	0,3203	6,1	HMS4-3	0,1797	7,5

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

HMS2-A	0,2852	6,1	HMS4-4	0,3157	5,3
HMS3-1	0,2611	8,8	HMS4-A	0,2001	5,9
HMS3-2	0,2241	7,4	HMS5-2	0,2871	4,7
HMS3-3	0,2116	6,4	HMS5-3	0,3726	5,3
HMS3-B	0,296	6,1	HMS5-A	0,5181	2,8
HMS3-D	0,3618	6,2	HMS7-1	0,3563	3,9
HMS3-G	0,3033	7,2	HMS9-1	0,3299	4,8
HMS4-1	0,4956	2,7	-	-	-

180. Respecto al índice de dominancia de Simpson, los mayores valores se presentaron en los puntos HMS5-A y HMS4-1 con un valor de 0,5181 y 0,4956 respectivamente. Los valores más bajos de dominancia se presentaron en los puntos de monitoreo HMS2-1, HMS4-2 y HMS4-3 con valores de 0,1938; 0,1400 y 0,1797 respectivamente. Los valores de dominancia tuvieron una relación inversa a los valores hallados de diversidad (ver Tabla 10-8 y Figura 10-49).



Figura 10-49. Distribución de la diversidad verdadera (N1) y la dominancia (Simpson) del fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe.

10.3.4 Índices de diversidad beta

181. Para el cálculo de los índices de diversidad beta, el cual busca la comparación de comunidades a escala temporal o espacial, se realizó el análisis de similitud, el cual desarrolló a través de un dendograma basado en la matriz de similitud de Bray-Curtis (Clarke y Warwick, 2001); este análisis agrupa a los puntos de monitoreo de acuerdo con la composición de especies del fitoplancton. Adicionalmente se realizó la prueba SIMPROF para evaluar la significancia de la formación de los grupos hallados (Clarke y Warwick, 2001).

182. Los resultados obtenidos según la prueba SIMPROF, no muestran agrupaciones significativas ($p > 0,05$) a partir de una base de datos de abundancia de fitoplancton en cada uno de los puntos de monitoreo
183. La similaridad total entre los puntos de monitoreo de la bahía de Supe fue de 22,7%. Asimismo, el análisis de similaridad muestra una agrupación con 52,42% de similaridad de las comunidad fitoplanctonica en los puntos de monitoreo (HMS3-D, HMS3-G, HMS2-1, HMS2-A, HMS3-B, HMS3-1 Y HMS3-2) más costeros (hasta 500 m) (ver Figura 10-50). Los puntos de monitoreo SM-01, SM-11 y SM-44 no se asociaron a ningún grupo. La similaridad total entre los puntos de monitoreo de la bahía de Supe fue de 27%

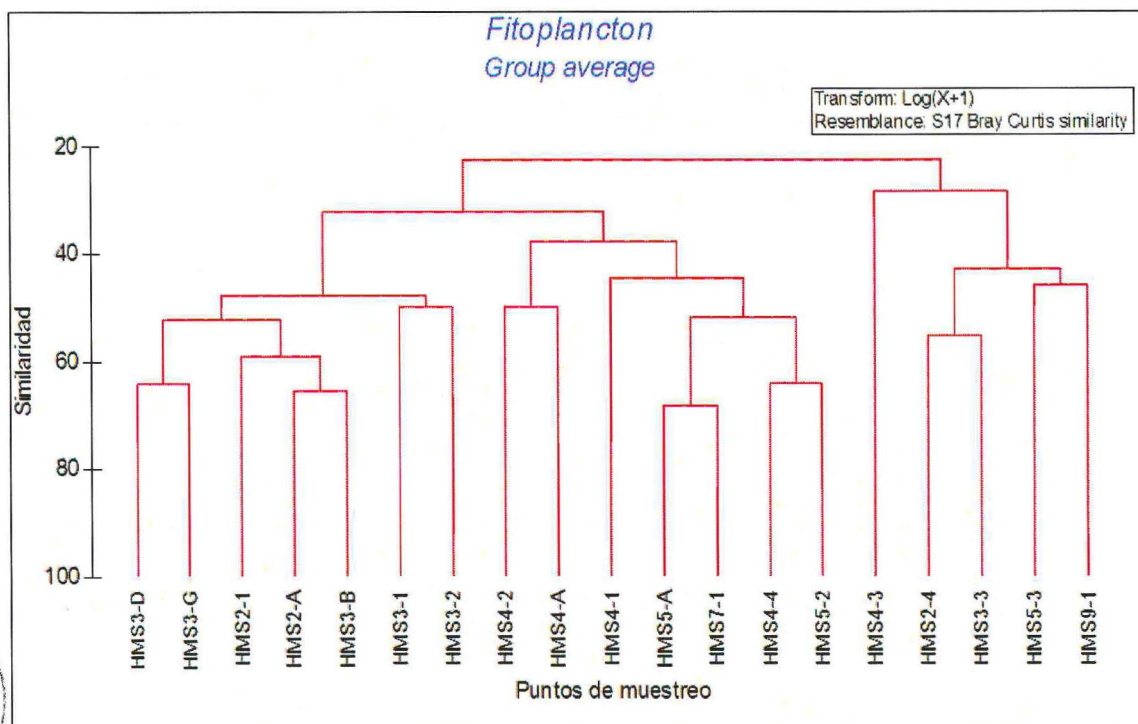


Figura 10-50. Dendrograma de similaridad de la comunidad de fitoplancton en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe.

10.3.5 Análisis BIO-ENV

184. Se realizó la prueba BIO-ENV para identificar los patrones de las características del agua marina que mejor pudieran explicar la estructura biótica observada. Las variables tomadas en cuenta fueron sometidas previamente a un análisis de correlación de Pearson por parejas y graficadas de acuerdo con la dispersión de puntos para evitar variables redundantes al implementar el análisis Bio-Env (Clarke y Warwick, 2001).
185. Las parámetros de calidad ambiental para agua se presentan en la Tabla 10-9. Sin embargo para el análisis del Bio-Env se excluyeron los valores de conductividad, silicio total, estroncio total y hierro total; debido a que estos parámetros tuvieron altos valores de correlación de Spearman ($> 0,95$) con los valores de salinidad, aluminio total, potasio total y manganeso total. No obstante se conservaron estos últimos por presentar una mejor relación con la estructura biótica (Ver B.8).

Tabla 10-9. Parámetros de calidad ambiental utilizados para el Bio-Env

N°	Variables	N°	Variables
1	pH	14	Bario total
2	Temperatura	15	Boro total
3	Conductividad*	16	Calcio total
4	OD	17	Estroncio total*
5	Salinidad	18	Fosforo total
6	SST	19	Hierro total*
7	Coliformes fecales	20	Litio total
8	Coliformes fecales totales	21	Magnesio total
9	N-Nitrito	22	Manganeso total *
10	N-Nitrato	23	Potasio total
11	P-Fosfato	24	Sodio total
12	Silicio Total	25	Zinc total
13	Aluminio total*	-	-

(*) Parámetros excluidos debido a la alta correlación de Spearman.

186. La Tabla 10-10 muestra el resultado a partir del Bio-Env de las 10 mejores combinaciones de las 25 variables fisicoquímicos y de calidad del agua del mar a nivel de superficie con relación a la información biótica. Se determinó que la combinación de las variable fisicoquímica no se correlaciona ($R = 0,281$) con la configuración de la comunidad de fitoplancton hallada en el presente estudio.

Tabla 10-10. Resultado del Bio-Env mediante el coeficiente de correlación armónico por rangos de Spearman (Pw)

Correlación	T (°C)	S‰	Nitrito	Nitrato	Ba total	Li total	Mg total	Na total
0.281	X						X	X
0.276	X				X	X	X	X
0.275	X				X	X	X	
0.272	X		X				X	X
0.272	X	X		X			X	
0.272	X		X		X	X	X	
0.272	X							X
0.271	X					X	X	X
0.269	X			X			X	
0.269	X	X		X			X	X

Si: silicio total, P: fosforo total, Mn: manganeso total, Pb: plomo total, OD: oxígeno disuelto



Handwritten blue scribbles and marks on the left margin.

10.3.6 Presencia de fitoplancton potencialmente tóxico

187. De acuerdo con la bibliografía revisada (Sars et al., 2002; Lembeye, 2006) se identificaron las especies formadoras de floraciones algales nocivas (potencialmente tóxicas); en base a esta información, se identificaron tres de estas especies en la bahía de Supe, las cuales son: *Dinophysis caudata*, *Protoperidinium crassipes*, y *Pseudo-nitzschia* sp.

188. Las especies potencialmente tóxicas se encontraron solo en los puntos de monitoreo HMS2-4, HMS3-B, HMS3-D, HMS3-G, HMS4-4 y HMS5-2. Cabe resaltar que en los puntos de monitoreo HMS3-D y HMS3-G se presentaron las densidades más altas de las especies potencialmente tóxicas, destacando *Dinophysis caudata*, y *Protoperidinium crassipes* (ver Tabla 10-11). Sin embargo las especies dominantes en términos de densidad fueron *Actinocyclus* sp. y *Coscinodiscus* sp., las cuales no son especies potencialmente tóxicas.

Tabla 10-11. Abundancia de especies potencialmente tóxicas identificadas solo en los puntos de monitoreo de la bahía de Supe

Especies potencialmente tóxicas	HMS2-4	HMS3-B	HMS3-D
<i>Dinophysis caudata</i>	0,08	0,36	0,16
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp,	0	0	0
Abundancia Total	0,08	0,36	0,16
Especies potencialmente tóxicas	HMS3-G	HMS4-4	HMS5-2
<i>Dinophysis caudata</i>	0,16	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0,16	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp,	0	0,08	0,04
Abundancia Total	0,32	0,08	0,04



6
3
9

11. DISCUSIÓN

189. Una fuente importante de perturbación identificada en la bahía de Supe, fueron los vertimientos que se descargan en las playas de la bahía; el alcance de esta situación, se evidenció durante el monitoreo, a través de la observación de un incremento en el caudal de los vertimientos identificados en la zona norte, generando así, un cambio en el color del agua de mar desde la línea costera hacia la zona sur de la bahía. De este modo, se pudo evidenciar el alcance y la dirección que ejercen estos vertimientos sobre la bahía (ver Anexo E – Registro Fotográfico, Foto N° 52 y N° 53). Así mismo, otras posibles fuentes de afectación en la bahía, serían las actividades pesqueras (realizadas en las chatas) y los efluentes marinos autorizados, es por ello que se ubicaron puntos de monitoreo en sus áreas de influencia para determinar su alcance.
190. Todos estos factores pueden afectar la calidad ambiental de la bahía de Supe, no obstante, los vertimientos que impactan en la playa de la bahía, pueden afectar directamente la calidad del ambiente intermareal. Ante ello, se consideró el punto AMIS-6 como punto de referencia¹³ para la comparación con los otros puntos en dicho ambiente; los resultados obtenidos en este punto, corroboraron que este presenta la mejor calidad ambiental, siendo el único en presentar todos los parámetros (con excepción del boro) dentro de lo establecido por los ECA para agua.
191. Los puntos de monitoreo (AMIS-1, AMIS-2 AMIS-3 y AMIS-4) ubicados en el ambiente intermareal, presentaron algunos parámetros (aceites y grasas, coliformes termotolerantes, coliformes totales, aluminio, hierro y cobre) que excedieron los ECA para agua; esta situación se podría deber a la cercanía de estos con los puntos de vertimiento ASVS-8 y ASVS-7 ubicados en el litoral de la bahía, en los cuales se presentan –entre otros– los mismos parámetros en concentraciones elevadas (ver anexo B.4). Además, esta condición se respaldaría en el análisis de las imágenes satelitales (Figura 10-3) y lo observado durante el monitoreo (ver párrafo 189), los cuales muestran que las plumas de dispersión originadas en los vertimientos, se dirigen principalmente hacia los puntos ubicados en el ambiente intermareal. Es necesario mencionar que en el punto AMIS-5, solo se observó la presencia de aceites y grasas y boro.
192. En el ambiente intermareal, el valor más alto obtenido del parámetro aceites y grasas¹⁴ se registró en el punto de monitoreo AMIS-5; esta concentración se explicaría por su cercanía al muelle de Supe (zona sur) y principalmente al punto de vertimiento ASVS-8, el cual presentó el valor más alto (42,7 mg/L) registrado para los puntos de vertimiento. Es necesario mencionar que el punto de monitoreo AMIS-5 se encuentra ubicado en la playa Servimar, donde se realizan actividades de recreación y varamiento de botes (Ver Anexo E - Registro fotográfico, foto N° 13).

¹³ La elección de este punto como referencia, fue principalmente por la ausencia de actividades industriales, vertimientos y otras fuentes de afectación ambiental, siendo el uso recreativo la única actividad antrópica de la zona.

¹⁴ El parámetro "aceites y grasas" se establece de forma cualitativa en los ECA para Agua Categoría 1 (B1), de esta manera, el nivel de referencia o comparación, se limita a la "ausencia de película visible" para establecer el cumplimiento –o no– de la norma; por consiguiente, se vuelve incompatible con los valores cuantitativos obtenidos durante esta evaluación. Sin embargo esta condición no limita el análisis.

193. Respecto a la calidad del agua de mar en el ambiente submareal, la primera condición a tomar en cuenta, serían las corrientes marinas locales, las cuales cumplen un papel importante en la dispersión o retención de contaminantes presentes en el cuerpo marino, por lo que su estudio es de vital importancia en la evaluación de la calidad de los ambientes marinos (Guillen et al., 1980). Esta información se puede corroborar con los estudios realizados por el Imarpe (Jacinto et al., 1998) en la bahía de Supe, donde se ha determinado que existe una corriente con dirección noroeste en la zona externa de la bahía, mientras que en la ensenada ubicada en la zona interna dentro de la bahía, los flujos son variados, dando la impresión de un remolino que corre en sentido horario, lo que promovería la retención de contaminantes en esta zona.
194. Es por lo anterior, y de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente evaluación, que muchos de los parámetros que exceden la normativa de comparación, respecto a la calidad del agua, se encuentran principalmente asociados a los puntos ubicados en la zona interna de la bahía (puntos de monitoreo pertenecientes a los grupos G2 y G4). Es en esta zona donde además de haber actividad pesquera industrial (chatas) y el área donde se reportan los efluentes autorizados (ubicados a partir de los 500 metros), la mezcla de agua ocasionada por las corrientes podría arrastrar los contaminantes y redistribuirlos en esta zona.
195. Conforme a los instrumentos de gestión ambiental, comprendidos en el periodo 2009 – 2010, se presentan valores que incumplieron con la normativa establecida (DS N° 002-2008-Minam) en el ambiente submareal, estos parámetros según los instrumentos revisados fueron: aceites y grasas y sólidos suspendidos totales (TASA, 2009), oxígeno disuelto (Ecofish, 2009) y DBO (Ecofish, 2009; 2010). No obstante, conforme los resultados obtenidos en la presente evaluación, de estos cuatro parámetros, solo el oxígeno se ve más alterado (incumpliendo el valor establecido en los ECA para agua en cuatro puntos a nivel de superficie y en la media de los puntos a nivel de fondo). En necesario acotar que estas bajas concentraciones de oxígeno a nivel de superficie y de fondo en la bahía, ya se observaban en el año 1998, conforme a la "Evaluación de la calidad del medio marino de la bahía de Supe-Paramonga" realizada por el Imarpe para ese mismo año (Jacinto et al., 1998).
196. Con respecto a los sólidos suspendidos totales, se registraron valores altos solo en los puntos ubicados en la zona norte (G4) de la bahía, lo cual podría ser consecuencia del sedimento proveniente del río Pativilca y los vertimientos, arrastrados por las corrientes subsuperficiales. En el caso de los aceites y grasas¹⁵ y la DBO, cumplieron con los ECA para Agua C1:B1 y C2:C3 para los puntos ubicados en el ambiente submareal. En los grupos G1 y G3 (más alejados de la bahía), la influencia que podrían tener los vertimientos es menos evidente, notándose una mayor influencia de los ríos Supe y Pativilca (Ver Figura 10-1 y Figura10-2).
197. Sobre la influencia de los ríos sobre la bahía, de manera general, Guillen et al. (1980) menciona que los ríos que desembocan en la zona marino-costera del Perú podrían ser una fuente importante de contaminantes, afectando de este modo, la



G
J
P

¹⁵

Al no encontrarse "película visible", este parámetro cumplió con los ECA para Agua Categoría 1 (B1). Del mismo modo, las concentraciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación establecido por el método usado por el laboratorio (ver Anexo B.1)

calidad del agua marina circundante; la magnitud de este factor dependería –en mayor parte– de las actividades desarrolladas en el entorno de los ríos, las cuales pueden afectar la calidad de las aguas a través de sus vertimientos. Ante ello, los ríos Supe y Pativilca que descargan sus aguas en el entorno de la bahía de Supe, donde los puntos de monitoreo se establecieron antes de la desembocadura en ambos ríos (ASVS-1 y ASVS-2 respectivamente), se presentaron valores que superaron los ECA para agua Categoría 3 (D1), siendo estos: aluminio total, hierro total, manganeso total, coliformes termotolerantes y coliformes totales.

198. Condiciones similares fueron observadas en estudios previos; uno de ellos es el "Diagnóstico de calidad de agua de la cuenca de los ríos Fortaleza, Pativilca y Supe" elaborado por Cepes (1983), el cual señala que los ríos Supe y Pativilca presentaban concentraciones elevadas de metales en agua, tales como: hierro, arsénico, cromo, níquel, plomo y manganeso. De igual manera, el estudio "Análisis de la situación de salud 2014" realizado por el Gobierno Regional de Lima (2014), encontró similar fenómeno en el río Pativilca para casi los mismos parámetros (hierro, manganeso y arsénico).
199. Los resultados obtenidos en aguas continentales en los estudios mencionados, podrían corresponder a los resultados presentados en sedimentos en ambos ríos por Rivera et al., (2011), el cual menciona la presencia de algunos parámetros (arsénico, cobre, molibdeno y níquel) que excedieron el estándar internacional aplicado referencialmente (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2012).
200. Respecto a la evaluación de los sedimentos marinos, un aspecto importante a considerar, sería la fuerte afinidad que tienen los metales por los sedimentos más finos (limo y arcilla), los cuales son depositados en ambientes hidrodinámicamente más estables. En profundidades someras (menores a 10 metros), las condiciones no favorecen el depósito de sedimento fino, lo cual se relacionaría con una menor concentración de metales (Calderón & Valdés, 2012; Valdés et al., 2005). Este aspecto podría presentarse en la bahía de Supe, puesto que, ya en estudios anteriores se habría determinado la presencia de sedimentos arenosos que predominan en la mayor parte de la plataforma continental; la cual también se asociaría al bajo contenido de materia orgánica (Delgado & Gomero, 1995; Igarza, 2012). Esto último se corroboró en los resultados encontrados en esta evaluación, donde la textura arenosa en el sedimento marino predomina en todos los puntos de monitoreo (ambiente intermareal y submareal) (ver Anexo B.5 y B.6). De igual forma, esto también se puede relacionar a la baja proporción de materia orgánica en el sedimento marino hallada en estos puntos (Ver Anexo B.5 y B.6)
201. Es por lo anterior, que los sedimentos marinos del ambiente intermareal (playas), en ningún punto de monitoreo se encontraron parámetros -entre ellos, los metales- que superen los valores establecidos en la guía canadiense de referencia; sin embargo en el punto AMIS-4 se observó los mayores valores para algunos parámetros (arsénico, cobre, cromo y zinc), lo cual, debido a su cercanía, podrían estar relacionados a las descargas del vertimiento ASVS-8.
202. De igual manera, respecto a los sedimentos marinos del ambiente submareal de la bahía de Supe, se observó (en 5 de los 36 puntos evaluados) la presencia de algunos metales (arsénico, cadmio, cobre, plomo) que superaron los valores ISQG de la guía canadiense de referencia, sin embargo –y en general- no se observó un patrón de distribución particular. Del mismo modo, la baja proporción de materia



orgánica puede estar relacionada a la textura arenosa encontrada en todos los puntos de monitoreo (ver Anexo B.5 y B.6).

203. Las concentraciones de arsénico en sedimentos del ambiente submareal que sobrepasaron los valores establecidos en la guía de referencia, estuvieron distribuidos en forma lineal desde el punto SMS5-A (ubicado en la zona central de la bahía), pasando por el SMS6-1 y SMS5-4, hasta el punto SMS7-2 (uno de los más alejados de la bahía). Durante la presente evaluación, las concentraciones de este parámetro en agua continental y en vertimientos fueron bajas, sin embargo se ha reportado anteriormente concentraciones que superan la normativa en los ríos Supe y Pativilca tanto en agua (Cepes, 1983) como en sedimento (Rivera & Chira, 2011).
204. Respecto al cadmio en sedimentos en el ambiente submareal, se pueden observar concentraciones elevadas en el grupo G1 (cercano a los vertimientos), sin embargo, solo el punto SMS4-A (G3) superó la guía de referencia (CCME, 2002), el cual se encuentra cerca a las chatas y efluentes declarados de la actividad industrial pesquera. Es necesario mencionar, que según los estudios revisados (Gobierno regional de Lima, 2014; Rivera & Chira, 2011), el cadmio no se registró anteriormente en concentraciones importantes.
205. En el caso del cobre en sedimentos en el ambiente submareal, este metal superó la guía de referencia en los puntos SMS6-1 y SMS7-2 (G4 y G2 respectivamente), ubicados en la zona externa de la bahía, lo cual podría relacionarse a las descargas del río Pativilca. Si bien durante la presente evaluación la concentración de cobre (en el río Pativilca) no superó la normativa -ECA para Agua Categoría 3 (D1)-, existen antecedentes de la presencia de este parámetro en sedimentos de este río (Rivera & Chira, 2011).
206. Finalmente, las concentraciones de plomo en sedimentos en el ambiente submareal que superaron la guía de referencia (CCME, 2002), se dio solo en el punto SMS5-A (G4), el cual se encuentra próximo a los puntos de vertimiento ASVS-5 y ASVS-6 que presentaron las mayores concentraciones para este parámetro (ver Anexo B.4).
207. Con respecto al estado del fitoplancton -base de la cadena trófica marina- es necesario el conocimiento en detalle de su estructura comunitaria (abundancia – expresada en densidad–, riqueza específica y composición taxonómica) para evaluar la calidad del ecosistema marino. En relación a las mayores densidades de fitoplancton obtenidas en esta evaluación, estas se observaron en los puntos de monitoreo cercanos a la zona litoral; sin embargo, su promedio se consideraría relativamente bajo (5,60 org/ml), debido a que serían valores mucho menores a los encontrados durante otros eventos El Niño en la costa central del Perú, en los cuales se registraron valores que van desde 200 a 1500 cel/ml¹⁶ en el Callao (Delgado, 1995; Ochoa & Gomez, 1988) y más de 15000 cel/ml en Ancón (Tarazona et al., 1999).
208. Como dato adicional, en la "Evaluación de la calidad del medio marino en la bahía de Supe" realizada por el Imarpe (1997), se reportaron volúmenes entre 0,5 ml/m³ a 2,4 ml/m³ con un promedio de 1,3 ml/m³ (Jacinto et al., 1998), estos resultados



¹⁶ Existe una equivalencia entre las unidades Org/mL y Cel/mL. Adicionalmente los resultados de las densidades reportadas en estudios anteriores fueron transformados de cel/L a cel/mL para realizar las comparaciones respectivas.

serían similares a los encontrados en otras bahías del Perú. No obstante, debido que el estudio del Imarpe presenta diferentes unidades a las utilizadas en esta evaluación, no se podría realizar la comparación al no existir una equivalencia específica.

209. En cuanto al número de especies (riqueza específica), se encontraron 40 de ellas distribuidas en todos los puntos de monitoreo; sin embargo, se presentó mayor riqueza en los puntos de monitoreo cercanos a la zona del litoral; además, esta fue mayor a la encontrada en otros estudios realizados en la zona (28 especies) (Jacinto et al., 1998). Asimismo, con respecto a la dominancia de estas especies, las diatomeas fueron el grupo dominante (lo cual coincide con lo hallado anteriormente en la bahía de Supe) encontrándose en mayores densidades las diatomeas *Actinocyclus* sp. y *Coscinodiscus* sp; sin embargo, en la "Evaluación de la calidad del medio marino de la bahía de Supe" realizada por el Imarpe, se indica una dominancia de la diatomea *Skeletonema costatum* (Jacinto et al., 1998). Esta diferencia en la dominancia de especies, puede deberse a la variabilidad natural del ecosistema costero, ya que las especies dominantes durante la presente evaluación son típicas de la zona nerítica¹⁷ del ecosistema marino (Chang et al., 2008; Ochoa, Gomez, Sanchez, & Delgado, 1999).
210. Si bien la evaluación se realizó durante el evento El Niño 2016, la composición (taxonómica) de especies no concuerda con lo encontrado a lo largo de la costa peruana durante otros eventos El Niño¹⁸ (Ochoa & Gomez, 1988; Rojas de Mendiola, Gomez, & Ochoa, 1985). De igual forma difiere con reportes realizados durante condiciones normales (sin evento El Niño) durante el verano de 1996 (Ayón et al., 1996), donde se menciona la presencia de especies indicadoras de aguas costeras frías (*Protoberidinium obtusum*) en la costa central.
211. El cluster no presentó agrupaciones significativas, mostrando alta variabilidad de la comunidad fitoplanctónica. En cuanto a la relación a las variables fisicoquímicas y de calidad de agua, no se determina una correlación significativa con el patrón de la comunidad fitoplanctónica. Esto se explicaría por la presencia de especies cosmopolitas (*C. furca*, *C. tripos*, *C. fusus* y *D. caudata*) que se encuentran presentes en condiciones ambientales de amplio espectro, tal como se reportó en estudios de fitoplancton durante el verano 1999 y 2000 (Chang et al., 1999; Delgado et al., 2001).
212. Otro aspecto importante, sería la presencia de floraciones algales nocivas, puesto que, como menciona Sar et al., (2002), una floración algal nociva se da por la proliferación de una especie potencialmente tóxica, la cual alcanza valores mayores de 10^6 cel/l. Al respecto, durante esta evaluación se encontró algunas especies potencialmente tóxicas como *Dinophysis caudata*, *Protoberidinium crassipes*, y *Pseudo-nitzschia* sp.; sin embargo sus densidades totales fueron bajas (ver Anexo B.7), por lo cual no se considerarían floraciones algales nocivas.

¹⁷ Es la zona marítima cercana a la costa, pero que no tiene contacto directo con el litoral, abarcando desde los 10 metros de profundidad hasta los 200 metros bajo nivel del mar.

¹⁸ Se ha determinado la presencia de especies indicadoras durante eventos El Niño, las cuales son arrastradas por las masas de agua cálidas provenientes del norte.

12. CONCLUSIONES

213. Las posibles fuentes identificadas durante la presente evaluación que afectarían la calidad ambiental de la bahía de Supe serían: los vertimientos y las actividades ligadas a la pesca (chatas); sin embargo, serían los vertimientos no autorizados, ubicados en las playas de la bahía los que tendrían una mayor influencia en la degradación de la calidad del agua, sobre todo –por su cercanía– en el ambiente intermareal; del mismo modo, este factor afectaría la calidad del ambiente submareal, pero de una manera menos evidente. Asimismo, un factor importante a tomar en cuenta, serían las corrientes en la zona interna de la bahía, las cuales propiciarían la retención y distribución de los factores (contaminantes) que puedan afectar la bahía de Supe.
214. Las condiciones ambientales del agua en el ambiente intermareal de la bahía de Supe, muestran la existencia de parámetros que exceden los ECA para agua (Categoría1: B1), entre ellos tenemos los coliformes termotolerantes y totales, aluminio, boro y hierro. Además, se presentaron concentraciones de aceites y grasas en algunos puntos, pero no se pudieron comparar con el ECA, por presentar un estándar cualitativo para este parámetro.
215. La zona norte de la bahía, respecto a calidad de agua en el ambiente intermareal (AMIS-1, AMIS-2, AMIS-3 y AMIS-4), presentaría una mayor afectación, puesto que el mayor número de parámetros que exceden los ECA para agua (Categoría1: B1) se encontrarían en esta zona; esto se debería a su ubicación próxima a los vertimientos no autorizados identificados. Por otro lado, el punto AMIS-5 ubicado al sur de la bahía, se podría considerar como el de mejor calidad en el ambiente intermareal por sus similares condiciones ambientales (a excepción de aceites y grasas) al punto AMIS-6, considerado como un punto donde la actividad antrópica es mínima.
216. Las condiciones ambientales del agua en el ambiente submareal de la bahía de Supe, muestran la existencia de parámetros que exceden los ECA para Agua (Categoría1: B1 y Categoría2: C3), entre ellos tenemos al oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, aluminio, boro, hierro, plomo, zinc, coliformes termotolerantes y totales. Sin embargo, de todos estos parámetros, las concentraciones de boro no parecen estar ligadas a alguna actividad antrópica en particular, debido a que, en la literatura especializada, los valores hallados son considerados normales para agua de mar.
217. La zona que presenta mayor afectación en el ambiente submareal de la bahía, con respecto a la calidad de agua, sería la que involucra a los puntos ubicados en la zona interna de la bahía (G2 y G4), debido a que en esta zona se encuentra el mayor número de parámetros que incumplen los ECA para Agua (Categoría1: B1 y Categoría2: C3) -significativamente más elevados comparados a los G1 y G3-. Por consiguiente, los puntos ubicados en la zona externa sur y norte de la bahía (G1 y G3) presentarían mejor calidad ambiental (mejor conservados), debido a la ausencia de parámetros que incumplen los ECA para agua a nivel de superficie y un número reducido de parámetros que no cumplen –referencialmente- esta normativa a nivel de fondo.
218. Las condiciones ambientales del sedimento en el ambiente submareal de la bahía de Supe, muestran (en 5 de 36 puntos) la presencia de arsénico, cadmio, cobre y plomo que excedieron solo el valor ISQG de la norma canadiense (no se excedió



4
3
8

el valor PEL), estos puntos se ubican en la zona central externa de la bahía; por lo cual, esta condición se debería a la descarga de los ríos Supe y Pativilca y en menor medida a los vertimientos. Los sedimentos del ambiente intermareal no presentaron parámetros que excedan los valores establecidos por la norma correspondiente. En general, las bajas concentración de materia orgánica y metales en sedimento, puede estar relacionado a la presencia de sedimentos de textura arenosa en toda la bahía.

219. La comunidad de fitoplancton evidenció densidades, número de especies (riqueza) y diversidad bastante bajas, asimismo, esta estuvo dominada por las diatomeas. Estos resultados no permitieron apreciar un patrón que ayude a asociarlos a las actividades desarrolladas en la bahía. Por otro lado se encontró presencia de algas productoras de toxinas en algunos puntos de monitoreo; sin embargo, al estar presentes en bajas concentraciones, estas no llegaron a formar floraciones algales nocivas.



13. RECOMENDACIONES

220. Remitir el presente informe a Dirección de Supervisión del OEFA, para conocimiento y atención correspondiente.



h
j
j

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayón, P., Sánchez, S., Girón, M., Villanueva, P., & Delgado, E. (1996). Composición y distribución de plancton en el litoral peruano en el verano de 1996. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú*, 122, 69–78.
- Cabrera, C. (1999). Compatibilidad ambiental de la industria de harina de pescado en Paracas - Pisco. *Revista Del Instituto de Investigación*, 2 N°3, 7.
- Cabrera Carranza, C. (2002). *Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de Recuperación*. UNMSM.
- Calderón, C., & Valdés, J. (2012). Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 47(1), 121–133.
<https://doi.org/10.4067/S0718-19572012000100011>
- Canadian Council of Ministers of the Environment, C. (2012). Canadian Environmental Quality Guidelines. *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 1999.
- CCME. (2002). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. Retrieved from
file:///C:/CECOSERVER/CEcosDocs/CEcosProjects/CaZotero/Cstorage/Csedqg_protocol-0665151494/sedqg_protocol.pdf
- Cepes. (1983). *Diagnóstico de calidad de agua de la cuenca de los ríos Fortaleza, Pativilca y Supe*.
- Chang, F., Delgado, E., Villanueva, P., Aronés, K., Nakazaki, C., Quesquén, R., & Tenorio, J. (2008). *MONITOREO Y ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS EN TRES ÁREAS SELECCIONADAS FRENTE A LA COSTA PERUANA*.
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. . (2006). PRIMER ver. 6: user manual/tutorial.– PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke, R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical Analysis and Interpretation.
- De la Lanza, G., Hernández, S., & Carvajal, L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés Editores.
- Delgado, C., & Gomero, R. (1995). Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú*, 110, 5–31.

- Delgado, R. (1995). *Variación Estacional del Fitoplancton en el área del Callao durante el Niño 1987 (10-200 mn)*. Ricardo Palma.
- Digesa. (2009). *Informe de monitoreo de cuerpo receptor de la bahía de Supe*.
- Environmental Protection Agency. (2006). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*. EPA QA/G-9S. Office of Environmental Information. Washington, U.S.
- García Sifuentes, C. O., Pacheco Aguilar, R., Valdez Hurtado, S., Márquez Ríos, E., Lugo Sánchez, M. E., & Ezquerro Brauer, J. M. (2009). Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos. *CyTA - Journal of Food*, 7(1), 67–77. <https://doi.org/10.1080/11358120902850412>
- GEF-ONUDI-IMARPE-IFOP. (2002). *Proyecto Manejo Integrado Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt, Informe de avance – octubre, 2002, Modulo I – Productividad*.
- Gobierno regional de Lima, G. (2014). *Análisis de situación de Salud 2014*. Lima.
- Guillen, O., Asthu, V., & Aquino, R. (1980). La contaminación marina en el Perú. *Informe*, 77, 70.
- Hammer, Ø. (2012). *Paleontological Statistics: Reference Manual*.
- Igarza, M. del C. (2012). *Materia Orgánica sedimentaria reciente del Margen Continental Peruano (Tumbes 03°45 . 01 â€™ S -81°07 . 29 â€™ W – San Juan 15°04 . 75 â€™ S - 75°44 . 00 â€™ W) : su origen y su preservación*. UNMSM.
- Jacinto, M., Jorge, C., Octavio, M., Sánchez, S., & Solis, J. (1998). *Evaluación de la calidad del medio marino en la bahía Supe - Paramonga en enero 1997. Informe Progresivo IMARPE*. Callao.
- Lembeye, G. (2006). Florecimientos algales nocivos en aguas australes. *Avances En El Conocimiento Oceanográfico de Las Aguas Interiores Chilenas*, 99–103.
- Lopez, L., Manzano, M., Hurtado, M., Valdez, P., Hernández, Ó., & Zatarian. (2016). *Fitoplancton : pequeños centinelas del océano*.
- Minagri. (2008). *Programa de Servicios de apoyo para acceder a los mercados rurales (PROSAAMER), Valles Supe, Pativilca y Fortaleza. Boletín del estudio de rentabilidad*.
- Minem. (1998). *Evaluación ambiental territorial y de planeamiento para la reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la cuenca del río Pativilca*. Lima.
- Morón, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa

peruana. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú*. Retrieved from
<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/1008>

Municipalidad de Barranca, M. (2008). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Barranca 2008-2018*.

Ochoa, N., & Gomez, O. (1988). Variación Espacio-Temporal del fitoplancton frente a Callao, Perú en 1986. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú, Extraordin*, 51–57.

Ochoa, N., Gomez, O., Sanchez, S., & Delgado, R. (1999). Diversidad de diatomeas y dinoflagelados marinos del Perú. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú*, 18, 1–14.

Produce. (2014). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2014 – Capitulo IX. Oficina General de Tecnología de la Información Estadística. IIMA*.

Rivera, H., & Chira, J. (2011). Geodisponibilidad de metales pesados en sedimentos de los ríos Supe y Pativilca, departamento de Lima. *Revista Del Instituto de Investigación*, 14, 29–36.

Rojas de Mendiola, B., Gomez, O., & Ochoa, N. (1985). Efectos del fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton. In W. Arntz, A. Landa, & J. Tarazona (Eds.), *"El Niño" Su impacto en la Fauna Marina* (pp. 33–40). Instituto del Mar del Perú.

Sar, E., Ferrario, M., & Reguera, B. (2002). *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. (E. Sar, M. Ferrario, & B. Reguera, Eds.) (1st ed.).

Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication. MD computing computers in medical practice* (Vol. 14).
<https://doi.org/10.1145/584091.584093>

Tarazona, J., Indacochea, A., Valle, S., Córdova, C., Ochoa, N., Serrano, W., & Peña, T. (1999). Impacto de "El Niño 1997-98" sobre el ecosistema marino somero de la costa central del Perú. *Revista Peruana de Biología, Vol. Extra*, 18–31.

Valdés, J., Vargas, G., Sifeddine, A., Ortlieb, L., & Guiñez, M. (2005). Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23°S), Northern Chile: Geochemical and statistical approach. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), 1558–1568.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.024>

Walsh Perú, S. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental y social - Prospección sísmica 2D y 3 D – Lote Z-49, preparado para Petro – Tech Peruana S.A.*



G
S
g

15. ANEXOS

Anexo A	:	Mapas de ubicación y puntos de monitoreo
Anexo A.1	:	Mapa de ubicación de la bahía del Supe
Anexo A.2	:	Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de agua de mar y sedimento de la bahía de Supe – ambiente submareal
Anexo A.3	:	Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de agua de mar y sedimento de la bahía de Supe – ambiente intermareal
Anexo A.4	:	Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de agua continental del entorno de la bahía de Supe
Anexo A.5	:	Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de vertimientos de la bahía de Supe
Anexo A.6	:	Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de fitoplancton de la bahía de Supe
Anexo B	:	Sistematización de resultados de laboratorio y análisis estadístico.
Anexo B.1	:	Sistematización calidad de agua - Submareal
Anexo B.2	:	Sistematización calidad de agua - Intermareal
Anexo B.3	:	Sistematización calidad de agua - Continental
Anexo B.4	:	Sistematización calidad de agua - Vertimiento
Anexo B.5	:	Sistematización calidad de sedimento - Submareal
Anexo B.6	:	Sistematización calidad de sedimento - Intermareal
Anexo B.7	:	Sistematización de fitoplancton
Anexo B.8	:	Análisis estadísticos
Anexo C	:	Hojas de registro de datos de campo
Anexo C.1	:	Hojas de campo de calidad de agua
Anexo C.2	:	Hojas de campo de calidad de sedimento
Anexo C.3	:	Hojas de verificación de equipos
Anexo D	:	Cadenas de custodia
Anexo D.1	:	Cadenas de custodia de calidad de agua
Anexo D.2	:	Cadenas de custodia de calidad de sedimento
Anexo D.3	:	Cadenas de custodia de fitoplancton
Anexo E	:	Registro fotográfico
Anexo F	:	Certificado de calibración de equipos de monitoreo
Anexo G	:	Certificado de acreditación de laboratorios
Anexo H	:	Informes de ensayo de laboratorio
Anexo H.1	:	Informes de ensayo de calidad de agua
Anexo H.2	:	Informes de ensayo de calidad de sedimento
Anexo H.3	:	Informes de ensayo de fitoplancton
Anexo I	:	Resoluciones de autorización de vertimientos

