
**DETALLE DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA
VERIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA DEL DERRAME DE
PETRÓLEO CRUDO - OCURRIDO EN EL TERMINAL
MULTIBOYAS N.º 2 DE REFINERÍA LA PAMPILLA, EL 15
Y 24 DE ENERO 2022 - EN LA PLAYA COSTA AZUL**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Profesionales que aportaron a este documento:



ÍNDICE DEL CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES.....	2
3.	OBJETIVOS.....	4
3.1.	Objetivo general.....	4
4.	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
5.	MODELO CONCEPTUAL	5
6.	METODOLOGÍA.....	6
6.1.1.	Guías utilizadas para la evaluación	6
6.1.2.	Ubicación de puntos de muestreo	8
6.1.3.	Parámetros y métodos de análisis.....	19
6.1.4.	Equipos utilizados	21
6.1.5.	Criterios de evaluación.....	22
7.	RESULTADOS	26
7.1.	Zona Intermareal	26
7.1.1.	Agua superficial de mar	26
7.1.2.	Sedimento (arena de playa).....	28
7.1.3.	Hidrobiológico	33
7.2.	Zona submareal.....	41
7.2.1.	Agua Superficial	41
7.2.2.	Sedimento	43
7.2.3.	Hidrobiológico	49
8.	DISCUSIÓN.....	51
8.1.	Zona Intermareal	52
8.2.	Zona submareal.....	60
9.	CONCLUSIONES.....	62
10.	RECOMENDACIONES.....	63
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	63

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 6.1.	Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados ...	6
Tabla 6.2.	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la zona intermareal de la playa Costa azul	10
Tabla 6.3.	Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Costa Azul	11
Tabla 6.4.	Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy-muy) en la zona intermareal de la playa Costa Azul.....	13
Tabla 6.5.	Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy-muy) en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco).....	13
Tabla 6.6.	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos en la zona submareal de la playa Costa azul	16
Tabla 6.7.	Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Costa Azul	18
Tabla 6.8.	Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de las playas control (puntos blanco).....	18
Tabla 6.9.	Parámetros evaluados en agua superficial, sedimentos, macrobentos, <i>Emerita analoga</i> y megabentos	19
Tabla 6.10.	Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento, según los ECA vigente y niveles de fondo de las zonas blanco.....	24
Tabla 7.1.	Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Costa Azul	27
Tabla 7.2.	Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal.....	31
Tabla 7.3.	Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal	31
Tabla 7.4.	Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal	41
Tabla 7.5.	Concentraciones de hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAP's) en sedimento submareal.....	44
Tabla 7.6.	Concentraciones de metales en sedimento del punto ubicado en la zona submareal de la playa Costa Azul y en los puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla.....	48
Tabla 8.1.	Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal.....	57
Tabla 8.2.	Características del petróleo crudo derramado – Refinería La Pampilla	58

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Costa Azul	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Costa Azul, afectada por el derrame de petróleo crudo.	6
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Costa Azul	8
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Costa Azul	9
Figura 6.3. Puntos de muestreo de agua submareal ubicados en la playa Costa Azul	15
Figura 6.4. Puntos de muestreo de sedimento submareal ubicados en la playa Costa Azul.	16
Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C ₆ -C ₄₀) en sedimento de la playa Costa Azul comparadas con los NF _{TPH} y NR _{TPH}	29
Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F ₂ en sedimento de la playa Costa Azul.....	30
Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F ₂ en sedimento de la playa Costa Azul.....	30
Figura 7.4. Granulometría de la playa Costa Azul	33
Figura 7.5. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul	34
Figura 7.6. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul	35
Figura 7.7. Distribución batimétrica de la abundancia (A) y biomasa (B) promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco.	36
Figura 7.8. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul.....	37
Figura 7.9. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco	38
Figura 7.10. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul	38
Figura 7.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco	39
Figura 7.12. Vista del punto CA-R1 que muestran la existencia solo de una zona supralitoral.	40
Figura 7.13. Resultados de análisis comunitario de las réplicas del punto CA-R1, A) Número de especies y B) Número de individuos por especie.	41
Figura 7.14. Concentraciones de TPH C ₆ – C ₄₀ en sedimento submareal de la playa Costa Azul.....	44
Figura 7.15. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Costa Azul y en puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla	46
Figura 7.16. Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Costa Azul	49
Figura 7.17. Abundancia de la comunidad de megabentos (<i>Nassarius dentifer</i>) en los puntos ubicados frente a la playa costa Azul.....	50
Figura 7.18. Abundancia de la comunidad de megabentos en el unto blanco frente a playa La Encantada	50
Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo de la playa Costa Azul	51



Figura 8.2. Vista del muestreo de sedimento en el punto Cazu-SD-25 que muestra el color y adherencia al tacto. 54

Figura 8.3. Distribución de TPH C₆-C₄₀ en la playa Costa Azul y el alcance proyectado... 55

Figura 8.4. Relación de fracciones F₁, F₂ y F₃ reportadas en sedimento intermareal..... 56

Figura 8.5. Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Costa azul. 58

Figura 8.6. Presencia de TPH (C₆-C₄₀) en sedimento en los puntos de muestreo submareal. 61



1. INTRODUCCIÓN

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de la Refinería La Pampilla S.A.A. (en adelante, **RELAPASAA**), José Reyes Ruiz (jreyesr@repsol.com), registró la emergencia ambiental con código EA22-00045 en el Sistema de Gestión de Emergencias Ambientales - SGEA del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), referido al derrame de petróleo crudo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*¹, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, departamento Lima, ocurrido el 15 de enero de 2022 a las 17:25:00 horas.

El Ministerio del Ambiente mediante Resolución Ministerial N.º 021-2022-MINAM del 23 de enero de 2022 publicó la Declaratoria de emergencia ambiental² en el área geográfica afectada por el derrame de petróleo crudo ocurrido en el mar de Ventanilla, la cual comprendió la zona marina costera detallada en el Anexo 1 de la misma resolución, dictando dicha medida por el plazo de 90 días hábiles.

Asimismo, la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM mediante la señalada resolución² determinó «que el derrame de petróleo crudo constituía un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica (fauna silvestre y recursos hidrobiológicos), y un alto riesgo para la salud pública»; por lo que consideró establecer una norma aprobó además el Plan de acción inmediato y de corto plazo para la atención de la emergencia ambiental en el área geográfica afectada por el derrame de crudo.

Según la Resolución de Consejo Directivo N.º 00004-2021-OEFA/CD, publicado el 17 de marzo de 2021 en el Diario Oficial El Peruano, que aprueba el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental-PLANEFA 2021, la función evaluadora del OEFA permite proponer, planificar y ejecutar actividades de vigilancia, monitoreo y evaluación ambiental.

En consecuencia, a través de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), mediante el Memorando N° 00299-2022-OEFA/DSEM de fecha 25 de febrero de 2022 y el Memorando N°480-2022-OEFA/DSEM, 24 de marzo de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas y ecosistemas frágiles., afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N° 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido los días 15 y 24 de enero del 2022.

La verificación de limpieza de playas fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)³ que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de

1 Buque de bandera italiana.

2 Resolución Ministerial N° 021-2022-MINAM, «Declaran en emergencia ambiental área geográfica que comprende la zona marina costera y aprueban Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la atención de la emergencia ambiental», con fecha 21 de enero de 2022.

3 De acuerdo al Artículo 24 del Reglamento de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental–OEFA, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 13-2020-OEFA/CD, el cual establece que: «La Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) se realiza mediante acciones técnicas, con la finalidad de establecer la relación causa-efecto entre la alteración de la calidad ambiental y las actividades sujetas a



verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66⁴ del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos - RPAAH, aprobado por Decreto Supremo N° 039-2014-EM y en la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos aprobada mediante Decreto Supremo N.º 005-2021-EM, en el art 66-B.3⁵, indica que los resultados de los muestreos realizados en durante actividades de «Supervisión y resultado de las Acciones de Primera Respuesta por siniestros y/o emergencias ambientales», son comparables con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; con la finalidad de establecer plazos apropiados para que el/la Titular de la Actividad de Hidrocarburos presente el Plan de Rehabilitación, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Competente.

Esta evaluación fue realizada entre el 25, 26, 29, 30 y 31 de marzo del 2022, que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera (zonas rocosas, arenas, fauna) de la playa Costa Azul realizado por REPSOL debido a la afectación por el derrame de petróleo ocurrido frente a la refinería La Pampilla. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal y submareal del agua superficial, arena, sedimento⁶ (arena de playa y sedimento marino), el estado de la comunidad de macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita análoga* (muy-muy) consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente, los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) establecidos para sedimento en relación a los hidrocarburos de petróleo y otros elementos (asociados a la caracterización del petróleo derramado) en zonas “blanco”, con condiciones similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado.

2. ANTECEDENTES

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de la Refinería La Pampilla S.A.A., José Reyes Ruiz (jreyesr@repsol.com), registró la emergencia ambiental con código EA22-00045 en el Sistema de Gestión de Emergencias Ambientales - SGEA del OEFA,

fiscalización ambiental. Se desarrolla a partir de la identificación de un indicio o evidencia de impacto ambiental negativo.»

- 4 **Decreto Supremo N° 039-2014-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos**
«Artículo 66º.- Siniestros y emergencias En el caso de siniestros o emergencias con consecuencias negativas al ambiente, ocasionadas por la realización de Actividades de Hidrocarburos, el Titular deberá tomar medidas inmediatas para controlar y minimizar sus impactos, de acuerdo a su Plan de Contingencia. Las áreas que por cualquier motivo resulten contaminadas o afectadas por siniestros o emergencias en las Actividades de Hidrocarburos, deberán ser descontaminadas o de ser el caso rehabilitadas en el menor plazo posible, teniendo en cuenta la magnitud de la contaminación, el daño ambiental y el riesgo de mantener esa situación.»
- 5 Art. 66-B.3 *«En caso de que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema, de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder, la Autoridad Competente en Materia de Fiscalización Ambiental determina el plazo para que el/la Titular de la Actividad de Hidrocarburos presente el Plan de Rehabilitación, plazo que no debe exceder de dieciocho (18) meses. El Plan de Rehabilitación es ejecutado, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Competente».*
- 6 Según el «Glosario de Términos de Sitios Impactados» publicado por MINAM el 30 de abril de 2016 en <http://sial.minam.gob.pe/rioja/documentos/glosario-terminos-sitios-contaminados>, el **sedimento** se define como: *«Materiales de depósito o acumulados por arrastre mecánico de las aguas superficiales o el viento depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y depresiones continentales».*



referida al derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*⁷, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, ubicado en el distrito de Ventanilla, provincia Constitucional del Callao, ocurrida el 15 de enero de 2022 a las 17:25:00 horas.

El 24 de enero de 2022, se produjo un segundo derrame de petróleo crudo, mientras se realizaban trabajos previos al retiro del PLEM (*Pipeline End Manifolds*, el extremo del ducto), que es un equipo de colección y distribución submarina desde la refinería a los buques.

En atención a la emergencia, las acciones inmediatas realizadas por la Dirección de Evaluación Ambiental fueron: 1) Realizar una Evaluación Ambiental Focal⁸ realizada entre el 19 enero al 05 de febrero del 2022, cuyo objetivo fue determinar la extensión del área afectada y los impactos generados en la zona marino costera (agua superficial, sedimento y biota) por el derrame de hidrocarburos de petróleo en el mar ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, frente a la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, dicha evaluación identificó el litoral afectado por el derrame de petróleo crudo desde la playa Ventanilla hasta la playa Cascajo ubicada en el distrito Chancay, provincia Huaral, departamento Lima. 2) Primera Evaluación Ambiental de Seguimiento⁹ realizada entre el 17 al 27 de febrero de 2022, a través del monitoreo de parámetros que permitió identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento; así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022, y 3) Segunda Evaluación Ambiental de Seguimiento¹⁰, realizadas entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (Provincia Constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

La Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), mediante el Memorando N° 00299-2022-OEFA/DSEM de fecha 25 de febrero de 2022 y el Memorandum N°480-2022-OEFA/DSEM, 24 de marzo de 2022 y Memorando N° 00658-2022-OEFA/DSEM, de fecha 26 de abril de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas y ecosistemas frágiles., afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N° 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido los días 15 y 24 de enero del 2022.

Por otro lado, RELAPASAA, mediante Escrito Repsol S/N del 01 de febrero de 2022, Carta RLP-GSCMA-057-2022 del 04 de febrero de 2022, , RLP-GSCMA- 155-2022, de fecha 15 de

7 Buque de bandera italiana.

8 INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEAC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

9 REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.

10 REAS-036-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través de parámetros que permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.



febrero de 2022, carta RLP-GSCMA- 213-2022 de fecha 23 de febrero de 2022 carta RLP-GSCMA- 280-2022 del 09 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-365-2022 del 18 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022 y carta RLP-GSCMA-423-2022, de fecha 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 08 de abril de 2022, carta RLP-GSCMA-515-2022, de fecha 13 de abril de 2022; comunicó el avance de las acciones de primera respuesta y la culminación de la limpieza playas de entre los cuales se encuentra la Playa Costa Azul.

En atención a lo solicitado; la Subdirección Técnica Científica realizó la presente evaluación ambiental para verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera y el estado de las comunidades del macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita analoga*) en la playa Costa Azul.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar la evaluación ambiental (agua superficial de mar, arena de playa, sedimentos, el estado de la comunidad del macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita analoga*) a nivel intermareal y submareal en la playa Costa Azul a fin de verificar la limpieza realizada por el administrado Refinería La Pampilla S.A.A., debido a la afectación por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Costa Azul se ubica en el distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, que fue afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, según las cartas emitidas por Repsol define los tramos de tratamiento en divisiones, segmentos¹¹ y ubicaciones puntuales¹² de las playas. (Figura 4.1).

La playa Costa Azul pertenece a la Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino-costero» aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA el 25 de enero de 2016.

La evaluación ambiental se realizó en la zona marino-costera del segmento C-01-A hasta C-02-B¹³ que corresponden a la playa Costa azul.

11 Carta RLP-GSCMA-155-2022, febrero 15 de 2022, define la división y segmentos en las playas en tratamientos.

12 RLP-GSCMA-515-2022, abril 13 de 2022, define la ubicación y el estado actual de los segmentos en las playas.

13 Los segmentos de C-01 se ubican desde C-01A 266239, 8683113; C-01B 265730, 8684146 y C-02 se ubican desde C-02A 265730, 8684146; C-02B 264949, 8686300.

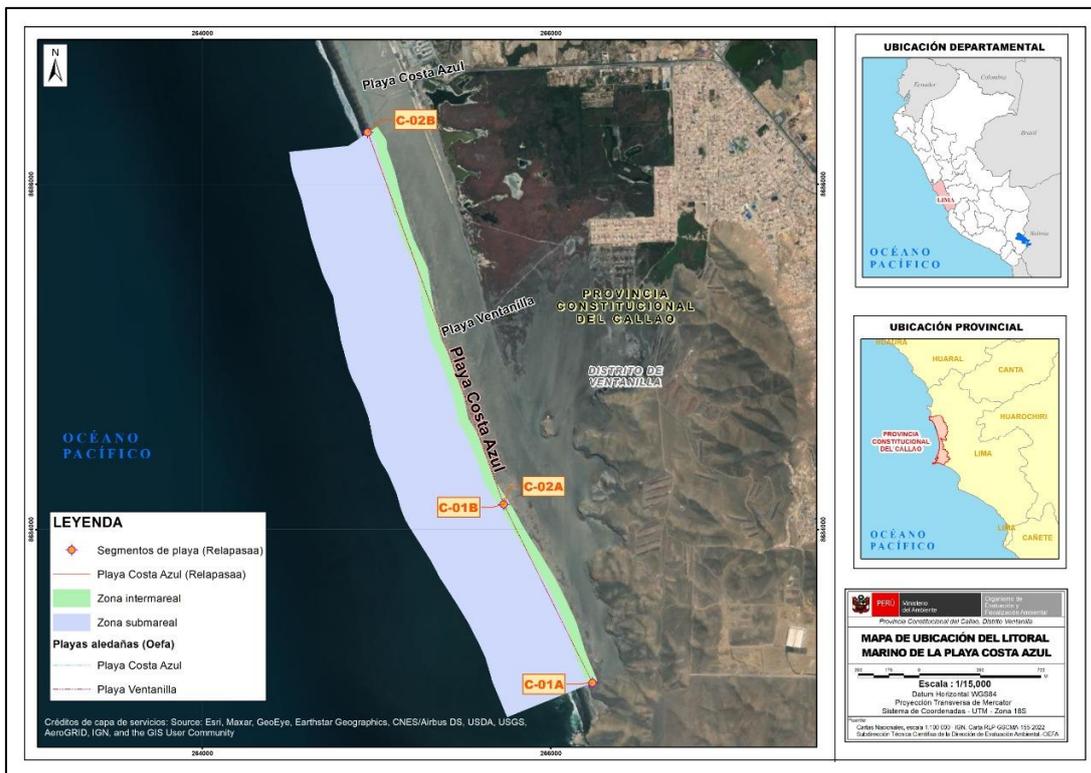


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Costa Azul
Fuente: CSIG-OEFA-2022.

5. MODELO CONCEPTUAL

La Figura 5.1 presenta el modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Costa Azul, afectada por el derrame de petróleo crudo.

Se evaluó la línea litoral a lo largo del área afectada por el derrame de petróleo en la playa Costa Azul, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa, pedregosa y rocosa) y submareal. Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento (arena de playa) y sedimento submareal); mediante muestreos en embarcaciones y a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con el apoyo de embarcaciones para la inmersión de buzos en el ambiente submareal, y en la zona intermareal con muestreos sobre modelos de zonación.

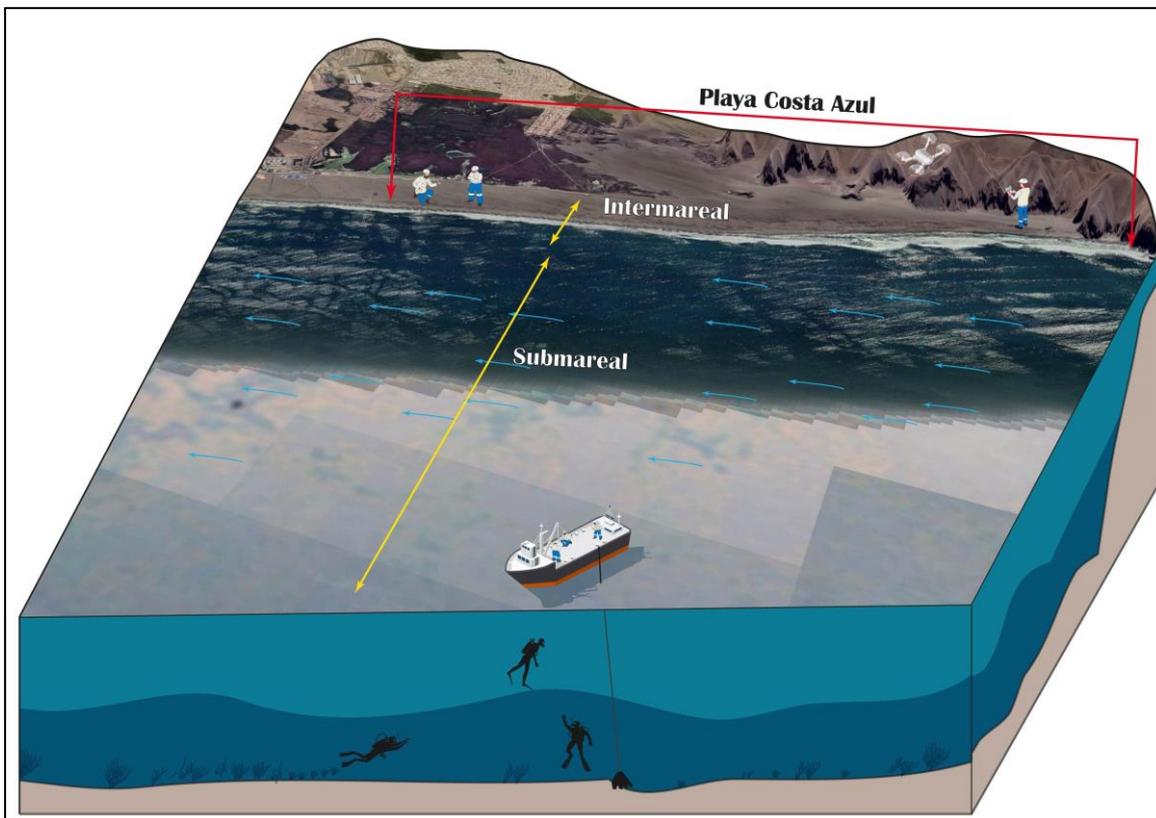


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Costa Azul, afectada por el derrame de petróleo crudo.

6. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología aplicada para verificar la limpieza de los contaminantes asociados al derrame de petróleo en los componentes agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, la zona marino-costera de la playa Costa Azul.

6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua de mar, arena, sedimento, y evaluación de la comunidad del Macrobentos (incluye *E. analoga*) y megabentos marino se detallan en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Agua superficial de mar	Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Sedimentos Submareal e intermareal (arena de playa)	Guía para el muestreo de suelos	Plan de muestreo sección 1.3.1. Muestreo de identificación (MI) Anexo 2: Patrones de muestreo para definir la localización de puntos de muestreo en suelos contaminados	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Perú
	Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001)	Capítulos 4	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure (SOP)</i> . #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016	Capítulo 11	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	NOAA. Shoreline Assessement Manual 4ta Edition	5. Shoreline Assessment Process and Activities	-	Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)	Estados Unidos
Macrobentos (incluye <i>E. analoga</i>)	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater	Section 10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection	Guía internacional	American Public Health Association (APHA)	Estados Unidos 2012
Megabentos	Methods for the Study of marine benthos	Section 4-4.1: Diving systems: Hookah systems y Section 4-4.3: Data collection and recording	Guía internacional	Hellenic Centre for Marine Research	Reino Unido 2005

6.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

6.1.2.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de la playa Costa Azul fue evaluada en un total de 8 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada de 400 m entre un punto y otro para la caracterización espacial del agua de mar a nivel intermareal de la playa (Figura 6.1).



Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Costa Azul

En la zona intermareal se muestrearon 24 puntos de sedimento (arena de playa) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEC, a nivel superficial considerando una profundidad de 0 – 5 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C₆-C₄₀), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F₁ (C₆-C₁₀), fracción media F₂ (C₁₀-C₂₈) y fracción F₃ de cadena larga (C₂₈-C₄₀); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en compósitos para caracterizar la playa.

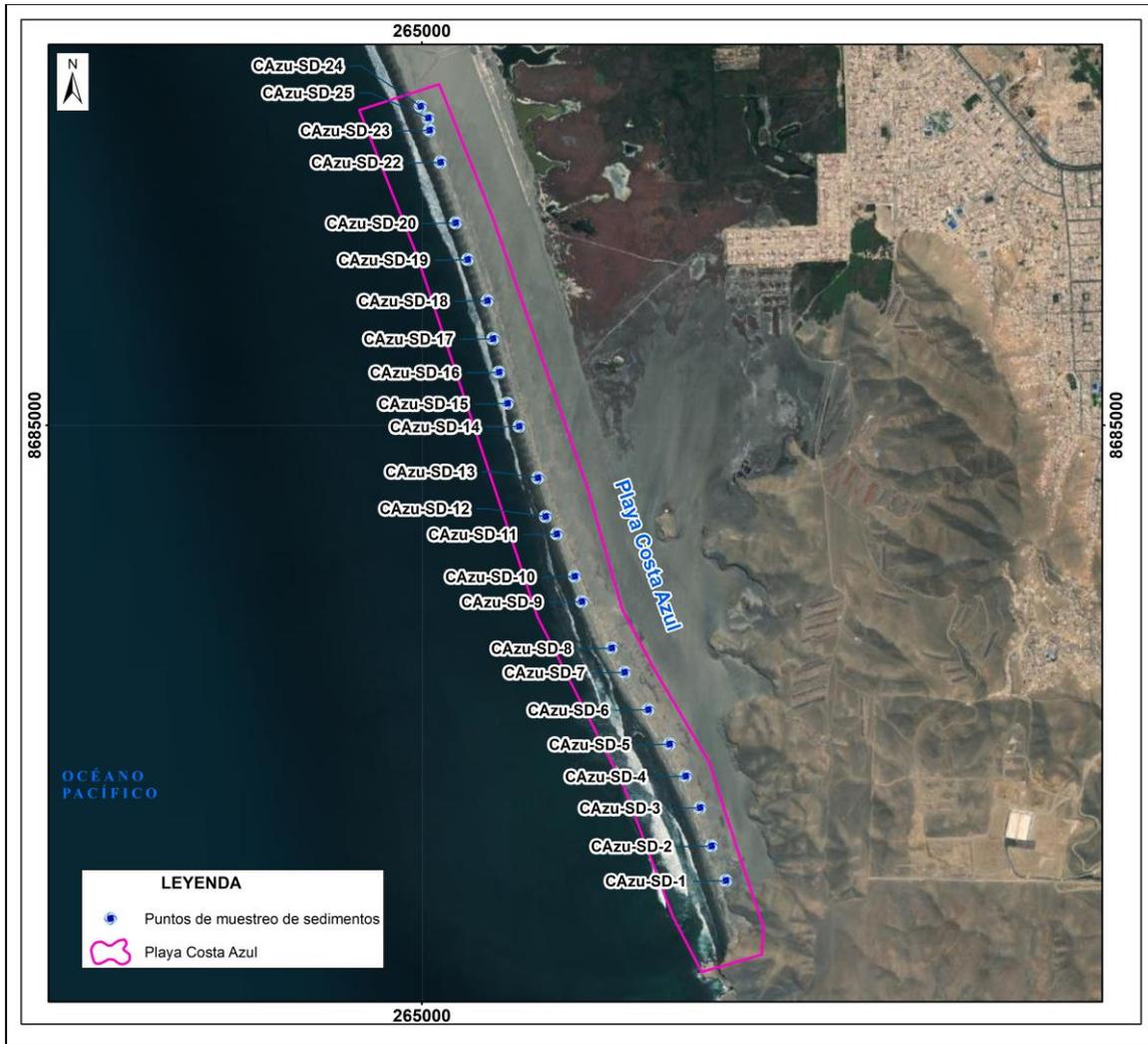


Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Costa Azul

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 4 puntos en intermareal (3 playas de arena y 1 orilla rocosa) y 2 puntos en el ambiente submareal (Figura 6.3).

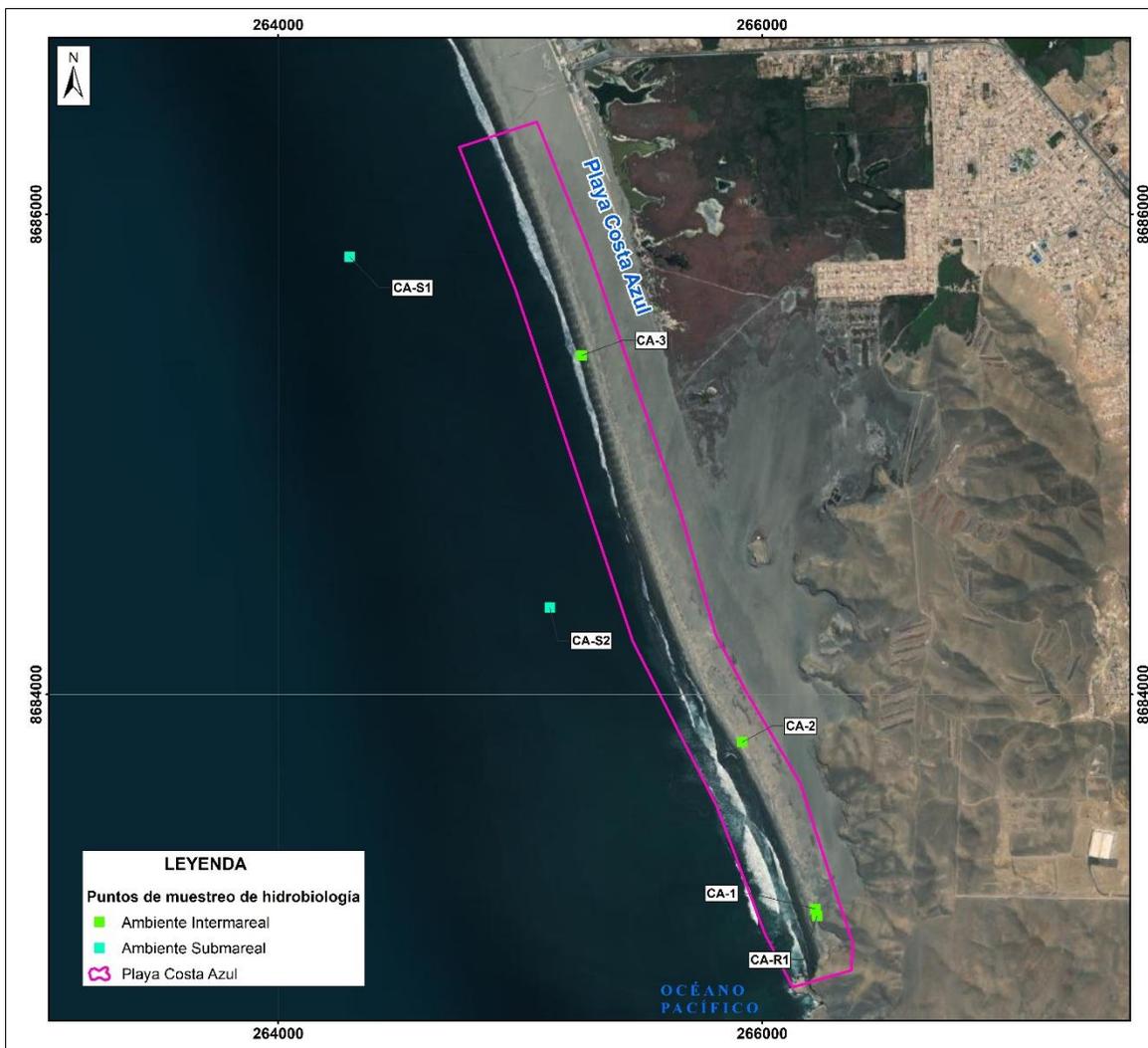


Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Costa Azul

En la Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y arena en la zona intermareal de la playa Costa Azul.

Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la zona intermareal de la playa Costa azul

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	CAzu-AS-1	266221	8683115	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado en el extremo sur de la playa, ubicado aproximadamente a 1,7 km al norte de la refinería La Pampilla en línea recta
2	CAzu-AS-2	266074	8683551	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado aproximadamente a 460 m al norte del punto CAzu-AS-1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
3	CAzu-AS-3	265871	8683926	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado aproximadamente a 450 m al norte del punto CAzu-AS-2
4	CAzu-AS-4	265642	8684293	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado aproximadamente a 450 m al norte del punto CAzu-AS-3
5	CAzu-AS-05	265525	8684699	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado aproximadamente a 450 m al norte del punto CAzu-AS-4
6	CAzu-AS-06	265402	8685105	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado en dirección oeste del extremo sur del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, aproximadamente a 440 m al norte del punto CAzu-AS-5
7	CAzu-AS-07	265206	8685587	0	Playa Costa Azul, punto intermareal ubicado en dirección oeste del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, aproximadamente a 530 m al norte del punto CAzu-AS-6
8	CAzu-AS-08	265059	8686025	0	Playa Costa Azul, punto ubicado en el extremo norte de la playa y en dirección oeste del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, y aproximadamente a 170 m del punto CAzu-AS-07

Fuente: DEAM

Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Costa Azul

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	CAzu-SD-1	266224	8683152	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
2	CAzu-SD-2	266166	8683293	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,13 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
3	CAzu-SD-3	266120	8683448	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,30 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
4	CAzu-SD-4	266062	8683576	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,43 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
5	CAzu-SD-5	265997	8683706	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,57 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
6	CAzu-SD-6	265912	8683846	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,73 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
7	CAzu-SD-7	265816	8683998	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 2,90 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
8	CAzu-SD-8	265764	8684096	0	Punto de muestreo, ubicado en la playa Costa Azul, a 3 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería la Pampilla)
9	CAzu-SD-9	265644	8684285	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,25 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
10	CAzu-SD-10	265615	8684387	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,31 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
11	CAzu-SD-11	265543	8684559	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,50 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
12	CAzu-SD-12	265498	8684630	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,58 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
13	CAzu-SD-13	265467	8684787	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,74 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
14	CAzu-SD-14	265392	8684996	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 3,96 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
15	CAzu-SD-15	265345	8685089	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,07 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
16	CAzu-SD-16	265311	8685216	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,20 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
17	CAzu-SD-17	265286	8685352	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,33 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
18	CAzu-SD-18	265264	8685506	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,49 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
19	CAzu-SD-19	265184	8685673	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,67 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
20	CAzu-SD-20	265136	8685822	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 4,83 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
21	CAzu-SD-22	265075	8686068	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 5,10 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
22	CAzu-SD-23	265031	8686198	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 5,23 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
23	CAzu-SD-24	264995	8686295	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 5,34 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
24	CAzu-SD-25	265026	8686248	0	Ubicado en la playa Costa Azul, a 5,28 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)

Fuente: DEAM

En la Tabla 6.4 y 6.5 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la playa Costa Azul y de los puntos blanco (playa Chica, La Encantada, La Herradura y Cocoy).

Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy-muy) en la zona intermareal de la playa Costa Azul

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	CA-R1	266227	8683079	0	Playa Costa Azul, intermareal rocoso ubicado en el extremo sur de la playa, a 1,9 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
2	CA-1	266220	8683108	0	Playa Costa Azul, intermareal arenoso ubicado en el extremo sur de la playa, a 1,93 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
3	CA-2	265918	8683802	0	Playa Costa Azul, intermareal arenoso a 2,7 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)
4	CA-3	265253	8685412	0	Playa Costa Azul, intermareal arenoso a 4,4 km aproximadamente al norte del Muelle del Calamar (frente a la Refinería La Pampilla)

Fuente: DEAM

Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy-muy) en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco)

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	BE-1	283696	8647741	0	Playa La Encantada, intermareal arenoso ubicado frente a la parte sur de los Pantanos de Villa, Chorrillos
2	BrP-1	278113	8652408	0	Playa La Herradura, intermareal rocoso ubicado a 900 m al suroeste de la zona de playa, ingresando por el paso La Araña
3	BP-1	213443	8758705	0	Playa Cocoy, intermareal arenoso ubicado a 2 km al oeste del humedal Paraiso
4	BrSP-1	213952	8758835	0	Playa Cocoy, intermareal rocoso ubicado a 0,49 km al este del punto BP-1 y 1,5 km del humedal Paraiso



N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
5	BrE-1	213900	8758875	0	Playa Cocoy, intermareal rocoso ubicado a 60 m al sureste del punto BrSP-1
6	BSP-1	215988	8765594	0	Playa Chica, intermareal arenoso ubicado a 1,4 km al norte del extremo norte del humedal Paraiso

Fuente: DEAM

6.1.2.2. Zona Submareal

En las proximidades a la zona intermareal de la playa Costa Azul se evaluó 1 punto de muestreo (MS-14) a nivel submareal; sin embargo, también se consideraron 11 puntos de muestreo que se ubicaron al oeste de la zona submareal de la playa mencionada, de los cuales 9 fueron en superficie y 2 en fondo en la misma columna de agua (debido a haberse encontrado indicios organolépticos de presencia de hidrocarburos en la Evaluación ambiental de seguimiento¹⁴) según se observa en la Figura 6.3.

14 REAS-035-2022-STE. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.



Figura 6.4. Puntos de muestreo de agua submareal ubicados en la playa Costa Azul

Para la evaluación de los sedimentos en la zona submareal de la playa Costa Azul se evaluó un punto de muestreo (MS-14); asimismo, se consideraron 11 puntos de muestreo que se ubicaron al noroeste de la refinería la Pampilla. La Figura 6.4 muestra la ubicación de los puntos evaluados.



Figura 6.5. Puntos de muestreo de sedimento submareal ubicados en la playa Costa Azul.

En la Tabla 6.6 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial y sedimentos en la zona submareal de la playa Costa Azul.

Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos en la zona submareal de la playa Costa azul

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L					
		Este (m)	Norte (m)				
1	MS-9	264933	8682980	13,5	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 1 km al oeste de la playa Ventanilla (extremo sur).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L					
		Este (m)	Norte (m)				
2	MS-10	264171	8682883	17,3	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 2 km al oeste de la playa Ventanilla (extremo sur); a 1 km del punto MS-9
3	MS-11	263154	8682894	17,9	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 3 km al oeste de la playa Ventanilla (extremo sur); a 1 km del punto MS-10
4	MS-12	262141	8682940	24,2	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 4 km al oeste de la playa Ventanilla (extremo sur); a 1 km del punto MS-11
5	MS-13	261121	8682926	32,1	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 5 km al oeste de la playa Ventanilla (extremo sur); a 1 km del punto MS-12
6	MS-14	265167	8684883	8,1	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 0,1 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-15
7	MS-15	264129	8684938	16,5	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 1 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-14
8	MS-16	263176	8684944	23,4	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 2 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-15
9	MS-16F	263176	8684944	23,4	X		Punto en fondo submareal, ubicado aproximadamente a 2 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-15, a 22,4 m de profundidad.
10	MS-17	262368	8684887	26,7	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 3 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-16
11	MS-17F	262368	8684887	26,7	X		Punto en fondo submareal, ubicado aproximadamente a 3 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-16, a 25,7 m de profundidad.
12	MS-18	261187	8684861	33,3	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 4 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-17

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L					
		Este (m)	Norte (m)				
13	MS-19	260097	8684873	38,8	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 5 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-18
14	MS-19A	258750	8684613	46,0	X		Punto submareal, ubicado aproximadamente a 6 km al oeste de la playa Ventanilla; a 1 km del punto MS-19

* La profundidad aplica para la toma de muestras de sedimento

Fuente: DEAM

En las Tablas 6.7 y 6.8 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la zona submareal de la playa Costa Azul y de los puntos blanco (playa Chica, La Encantada, La Herradura y Cocoy).

Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Costa Azul

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	CA-S1	264295	8685822	0	Punto submareal ubicado al lado Norte de Playa Costa Azul, a aproximadamente a 700 m de la línea de costa. Fondo Blando
2	CA-S2	265122	8684362	0	Punto submareal ubicado al lado Sur de Playa Costa Azul, a aproximadamente 400 m de la línea de costa. Fondo Blando

Fuente: DEAM

Tabla 6.8. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de las playas control (puntos blanco)

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	BE-S1	283623	8647466	0	Punto submareal ubicado frente a Playa La encantada, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de la línea de costa. Fondo Blando
2	BrP-S1	278213	8652764	0	Punto submareal ubicado al lado Sur de Playa La Herradura, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de los acantilados. Fondo Blando
3	BP-S1	213457	8758982	0	Punto submareal ubicado frente a Playa Cocoy, distrito de Huacho, a aproximadamente 250 m de la línea de costa. Fondo Blando
4	BSP-S1	215824	8765490	0	Punto submareal ubicado frente a Playa Chica, distrito de Huacho, a aproximadamente



N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
					160 m de la línea de costa. Fondo Mixto

Fuente: DEAM

6.1.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.9 se presentan los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, arena, sedimentos y macrobentos de la playa Costa Azul.

Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial, sedimentos, macrobentos, *Emerita analoga* y megabentos

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua de mar – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	8	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	8	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	8	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc)	8	EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020	
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	8	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	
Sedimentos	Arena de playa – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	24	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ PERU S.A.C.
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno,	24	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
		Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno			
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)	24	EPA Method 3050 B Rev2 / EPA Method 6020 B. Rev.2	
		Análisis granulométrico	4	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	
Agua salina	Agua de mar – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	14	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	14	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1- Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafreno, Acenafileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3- cd)pireno, Naftaleno, Pireno	14	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	14	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc)	14	EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020	
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	14	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Sedimentos	Sedimentos – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (Fracciones F1, F2 y F3)	12	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ PERU S.A.C
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	12	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)	12	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2	
		Análisis granulométrico	12	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS PERU
Hidrobiología	Hidrobiología – Zona Intermareal	Macrobentos (macroinvertebrados bentónicos)	1	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
		Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> (muy muy)	3	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
	Hidrobiología – Zona Submareal	Megabentos	2	Methods for the Study of marine benthos - 2013	<i>In situ</i>

Fuente: Anexo 4: Informes de ensayo

Agua Salina:

Informes de ensayo: IE-22-4672, IE-22-4684, IE-22-4795, IE-22-7440, IE-22-4813, IE-22-4846, IE-22-7437, IE-22-4848, IE-22-7438, IE-22-5102, IE-22-5060, IE-22-7441, IE-22-5094, IE-22-5096, IE-22-5097, IE-22-5098, IE-22-5059 emitidos por ALAB E.I.R.L.

Sedimentos

Informes de ensayo: SAA-22/00241, SAA-22/00248, SAA-22/00309, SAA-22/00316, SAA-22/00317, SAA-22/00319, SAA-22/00326, SAA-22/00327 emitidos por AGQ Perú S.A.C.;

Informes de ensayo: 23502/2022, 23445/2022, 23506/2022, 24882/2022 emitidos por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 083-2022-OEFA/OTEC, 087-2022-OEFA/OTEC

6.1.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los Reportes de campo N.º RC-020-2022-STECC, RC-021-2022-STECC y RC-022-2022-STECC.



6.1.4.1. Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de agua superficial de mar y sedimento intermareal (arena de playa) y submareal se detallan en el Anexo 5: Resultados de laboratorio sistematizados; estos fueron digitalizados y sistematizados en una base de datos, consignando la información recogida por cada punto de muestreo. Se utilizaron figuras de barras con los valores de los parámetros evaluados, a fin de comparar e identificar concentraciones que incumplan valores de los Estándares de calidad Ambiental (ECA) para Agua 2017, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM; y el nivel de fondo determinado previamente para sedimento intermareal (arena de playa) y submareal.

La presentación de las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) fue realizada según la interpolación espacial de *Kriging*, en puntos donde se observaron mayores concentraciones de TPH en relación a los puntos muestreados en la playa. Esta interpolación fue realizada con fines de visualización de las concentraciones de hidrocarburos en la playa.

En el caso de los datos biológicos, los resultados de laboratorio de *E. analoga* sirvieron para elaborar figuras de barras e histogramas de frecuencias de acuerdo a Sánchez (1988). Para la abundancia y biomasa, considerando que se evaluaron 3 transectos por cada punto, se trabajó con individuos promedio por cada distancia de muestreo a lo largo de los transectos; en el caso de frecuencia de tallas, estas se trabajaron con el total de individuos por cada distancia de muestreo a lo largo de los transectos de cada punto. Asimismo, para las proporciones por sexo, se trabajó mediante el cálculo de porcentajes de sexo/estadio, considerando la escala propuesta por Osorio et al. (1967). Respecto a los datos de macrobentos y megabentos, se elaboraron figuras de abundancias de individuos en cada punto de muestreo, considerando las réplicas correspondientes para cada punto y comunidad.

6.1.5. Criterios de evaluación

A nivel intermareal

La clasificación de la playa Costa Azul para la zona intermareal, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero» aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA, fue establecida en la Categoría 1: «Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario» (en adelante, Cat. 1 B1). Por lo tanto, los resultados obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua vigente aprobado por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Referencialmente se compararon con los ECA de la Categoría 2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat. 2 C2), Categoría 2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat. 2 C3), y Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en



adelante, Cat. 4 E3) para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁵ que la categoría Cat.1 B1 no incluye valores para su comparación (ver Tabla 6.10).

Los resultados del análisis de sedimentos se compararon con los valores de nivel de fondo de hidrocarburos de petróleo (y fracciones F1, F2 y F3) y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) en zonas "blanco": playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC.

A nivel submareal

Para la zona submareal hasta los 500 m perpendicular de la orilla del ambiente intermareal (establecido según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero», RJ N° 030-2016-ANA) se comparó con la Categoría Cat. 2 C3 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras para la zona submareal». Y referencialmente, se comparó con las categorías Cat. 1 B1 «Poblacional y Recreacional; Contacto Primario», Cat. 2 C2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» y Cat. 4 E3 «Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas costeros y marinos» para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁵ que fueron analizados y que la categoría Cat.2 C3 no presenta valores de comparación (ver Tabla 6.10).

Por otro lado, se compara con los ECA de la categoría Cat.2 C3 considerando que RELAPASAA, en su Instrumento de Gestión Ambiental vigente¹⁶, asume el compromiso de cumplimiento del ECA Agua 2017 la Cat. 2 C3 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» para los monitoreos mensuales en puntos de control en su zona de operaciones en ambiente marino.

Los resultados del análisis de sedimento submareal se compararon con los valores de nivel de fondo de hidrocarburos de petróleo y metales totales, determinados para sedimento en puntos ubicados a nivel submareal en zonas denominadas "blanco": playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC.

En la Tabla 6.10 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal.

15 Los parámetros analizados para agua superficial así como para sedimento intermareal y submareal fueron determinados en función de la relación con la actividad productiva/ económica en evaluación y en función de la composición del crudo de petróleo derramado que caracterizada por RELAPASAA, según el Anexo F, Tabla I facilitada por REPSOL.

16 Informe Técnico Sustentatorio (ITS) «Modificación del Programa de Monitoreo Ambiental de la Refinería la Pampilla», aprobado mediante R.D. N° 182-2020-MINEM/DGAAH de fecha 24 de julio de 2017.



Tabla 6.10. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal, según los ECA vigente y niveles de fondo

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Nivel de Fondo	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de fondo	
			Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario		C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras		
			Zona Intermareal		Zona Submareal		
Agua Superficial de Mar	Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	-	2,0	-	
	TPH	mg/L	0,5*	-	0,5*	-	
	TPH (Fracción aromática)	mg/L	0,007***	-	0,01	-	
	BTEX	Benceno	mg/L	0,05*	-	0,05*	-
		Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001*	-	0,0001*	-
	PAH	Antraceno	mg/L	0,0004*	-	0,0004*	-
		Fluoranteno	mg/L	0,001*	-	0,001*	-
	Metales Totales	Níquel	mg/L	0,02	-	0,074	-
Vanadio		mg/L	0,1	-	0,1**	-	
Sedimento	TPH (C ₆ -C ₄₀)	mg/kg PS	-	<0,30	-	73,62	
	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs)	Acenafteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Acenaftileno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (a) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (e) pireno	mg/kg PS	-	< 0,030	-	< 0,030
		Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Criseno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,0040	-	< 0,0040
		Fenantreno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Fluoreno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Naftaleno	mg/kg PS	-	< 0,003	-	< 0,003
		Pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
	Metales Totales	Aluminio	mg/kg PS	-	7543	-	9581
		Antimonio	mg/kg PS	-	0,06	-	0,105

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Nivel de Fondo	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de fondo
			Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario		C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	
			Zona Intermareal		Zona Submareal	
	Arsénico	mg/kg PS	-	7,09	-	11,42
	Bario	mg/kg PS	-	15,8	-	40,74
	Berilio	mg/kg PS	-	0,21	-	0,28
	Boro	mg/kg PS	-	6,2	-	10,16
	Cadmio	mg/kg PS	-	0,11	-	2,2
	Calcio	mg/kg PS	-	14236	-	12468
	Cobalto	mg/kg PS	-	3,71	-	4,87
	Cobre	mg/kg PS	-	7,91	-	15,15
	Cromo	mg/kg PS	-	8,64	-	15,04
	Estaño	mg/kg PS	-	1,03	-	1,765
	Estroncio	mg/kg PS	-	54,77	-	83,06
	Fósforo	mg/kg PS	-	1159	-	1879
	Hierro	mg/kg PS	-	12403	-	13958
	Litio	mg/kg PS	-	9,14	-	17,62
	Magnesio	mg/kg PS	-	4451	-	5165
	Manganeso	mg/kg PS	-	185,5	-	177,5
	Mercurio	mg/kg PS	-	-	-	0,0793
	Molibdeno	mg/kg PS	-	0,28	-	0,7
	Niquel	mg/kg PS	-	3,64	-	5,707
	Plomo	mg/kg PS	-	7,56	-	16,64
	Potasio	mg/kg PS	-	1007	-	1431
	Selenio	mg/kg PS	-	1,79	-	2,59
	Sodio	mg/kg PS	-	2081	-	4545
	Talio	mg/kg PS	-	0,04	-	0,49
	Titanio	mg/kg PS	-	507,7	-	691,6
	Vanadio	mg/kg PS	-	33,01	-	42,48
	Zinc	mg/kg PS	-	35,23	-	52,09

- No aplica

* Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático E3: Ecosistemas costeros y marinos

** Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario

*** Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras

Para la evaluación de comunidades hidrobiológicas, tanto en ambiente intermareal y submareal, los resultados obtenidos en la playa Costa Azul fueron comparados con los



obtenidos en los puntos de muestreo de las zonas blanco ubicados al norte, en las playas Coccoy y playa Chica (distrito Huacho, provincia Huaura), y al sur en las playas La Encantada y La Herradura (distrito Chorrillos, provincia Lima).

Para la elección de puntos blancos se eligió playas que formen parte de un mismo ecosistema que mantenga condiciones ambientales macroecológicas similares, tales como la temperatura superficial del mar, la latitud, distribución de especies, productividad primaria, entre otros, los cuales previamente fueron utilizados por estudios que definen a toda la región Lima como parte de una sola unidad biogeográfica (Spalding et al., 2007, Ibanez-Erquiaga et al., 2018, Moreno et al., 2021). De acuerdo a ello, los puntos blancos y todas las playas verificadas se ubican dentro de la ecorregión Humboltiana (Spalding et al., 2007). Otro criterio utilizado es el alcance del hidrocarburo derramado, considerando la dirección predominante de las corrientes marinas frente a la costa central de Perú, el hidrocarburo no tendría presencia en las playas del sur del Callao, como es el caso de playa La Encantada y la Herradura, ambas ubicadas en el distrito de Chorrillos; en el caso de las playas blanco Coccoy y Chica, sus ubicaciones distantes al evento del derrame presentan condiciones adecuadas (libres de hidrocarburos) para hacer las comparaciones respectivas con las playas que correspondan. Otro criterio útil es la disponibilidad de información previa de otros estudios que documentan el comportamiento y estado de las comunidades biológicas evaluadas en estas áreas o cercanas a las playas blanco (Tarazona et al., 1986; Sanchez, 1988; Arguelles et al., 2010, Ibanez-Erquiaga et al., 2018).

Finalmente, se tomaron muestras puntuales de sedimento para el análisis de TPH y granulometría en los puntos blanco de las playas arenosas, a fin de tener la certeza de la ausencia de TPH en estas.

7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de calidad de agua superficial de mar y de sedimento, en la zona intermareal y submareal, realizada entre el 25 y 30 de marzo de 2022 en la playa Costa Azul. También se presentan los resultados de la evaluación del macrobentos y *Emerita analoga* en la zona intermareal; mientras que en la zona submareal se evaluó a la comunidad de megabentos.

7.1. Zona Intermareal

7.1.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros físico químicos en el agua de mar de la playa Costa Azul se detallan en el Anexo 5.

Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa Costa Azul, los valores de potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (O.D.) y conductividad eléctrica (C.E.) cumplieron con los ECA para agua 2017 Cat. 1 B1 y referencialmente con la Cat.4 E3 (Tabla 8.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 6,78 unidades de pH y 7,8 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 8, 8 mg/L mayor a 4 mg/L establecido por el ECA en mención.

**Tabla 7.1.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Costa Azul

N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Parámetros			
		Fecha	Hora	T (°C)	pH (unidad de pH)	O.D. (mg/L)	C.E. (mS/cm)
1	CAzu-AS-1	25/03/2022	11:10	18,0	7,73	8,83	54,1
2	CAzu-AS-2	25/03/2022	12:00	18,3	7,63	8,97	51,8
3	CAzu-AS-3	25/03/2022	12:50	18,7	6,78	8,75	52,0
4	CAzu-AS-4	25/03/2022	13:35	21,5	7,73	8,62	52,7
5	CAzu-AS-05	25/03/2022	10:45	17,2	7,77	9,60	50,8
6	CAzu-AS-06	25/03/2022	12:00	17,8	7,80	8,14	43,0
7	CAzu-AS-07	25/03/2022	12:30	17,8	7,78	9,41	52,5
8	CAzu-AS-08	25/03/2022	13:10	19,0	7,79	8,77	51,4
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat. 1 B1	-	6,0 - 9,0	≥ 5	-
			Cat. 4 E3	-	6,8 - 8,5	≥ 4	-

Fuente: Anexo 3: RC-020-2022-STEC

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua de mar de la zona intermareal de la playa Costa Azul reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA Cat.1 B1 (Ausencia de película visible) y referencialmente con el ECA Cat.4 E3 (5,0 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C₆-C₄₀)

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃. En la playa Costa Azul se reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para Agua, 2017, Cat.4 E3 (0,5 mg/L) que fue comparado debido a que el ECA Cat. 1B1 no contempla un valor de comparación para el parámetro.

BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)

El análisis de BTEX (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno, xilenos y tolueno) en agua de mar de la playa Costa Azul reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0050 en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua, 2017, Cat.4 E3 para Benceno (0,05 mg/L), única categoría que contempla dicho parámetro del grupo de BTEX.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)¹⁷ en agua de mar de la playa Costa Azul, en los que se registraron valores

¹⁷ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h), antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno y Pireno.



menores a los límites de cuantificación analítico L.C.M. <0.00010 mg/L para cada uno de los compuestos en todos los puntos de muestreo.

Los HAP's con estándar de comparación referencial con la Cat.4 E3 son Antraceno (0,0004 mg/L), Benzo(a) pireno (0,0001 mg/L) y Fluoranteno (0,001 mg/L), los mismos que al reportarse en concentraciones menores al L.C.M. cumplieron con los ECA mención.

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

Los resultados de fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de mar de la playa Costa Azul registró valores menores al límite de cuantificación $<0,00180$ mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA Agua (2017) Cat.2 C2 (0,007 mg/L).

Metales totales

Se analizaron 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales el boro superó el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 8 puntos muestreados. Además, se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA Agua Cat. 1 B1 debido a considerarse parámetros de interés¹⁸ para la evaluación.

La concentración de níquel (Ni) y vanadio (V) en las muestras colectadas de agua de mar de la playa Costa Azul en todos los puntos de muestreo se encontraron por debajo del límite de cuantificación ($< 0,0004$ mg/L y $< 0,0003$ mg/L, respectivamente), cumpliendo con el ECA Agua Cat. 1 B1 (Ni: 0,02 mg/L, V: 0,1 mg/L).

Los resultados analíticos de todos los parámetros de las muestras colectadas de agua de mar de la playa Costa Azul se encuentran en el Anexo 5.

7.1.2. Sedimento (arena de playa)

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales del petróleo – TPH

La determinación analítica en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa) de la playa Costa Azul reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en 5 de los 24 puntos muestreados, con concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) superiores al nivel de fondo (NF_{TPH}: $<0,30$ mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH}: $<0,30$ mg/kg), tal como se muestra en la Figura 7.1.

¹⁸ Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).

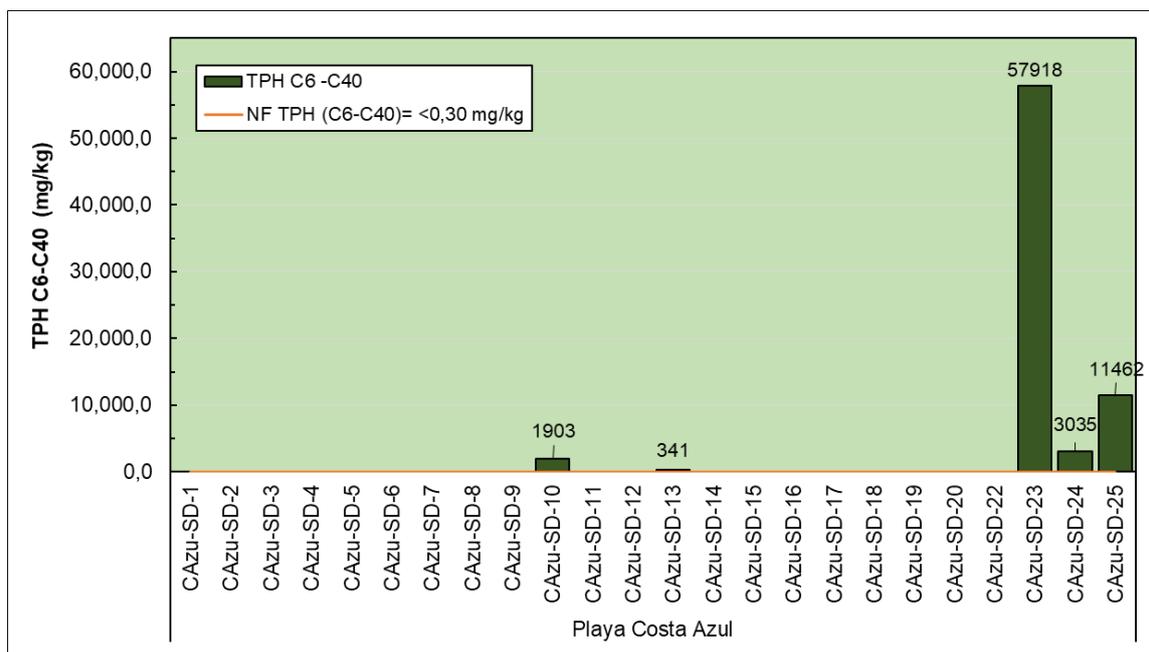


Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C₆-C₄₀) en sedimento de la playa Costa Azul comparadas con los NF_{TPH} y NR_{TPH}

Fracciones de hidrocarburos F₁, F₂ y F₃

Se determinaron 3 fracciones de hidrocarburos de cadena carbonada corta C₆-C₁₀ en la fracción F₁, de cadena carbonada entre C₁₀-C₂₈ en la fracción F₂ y de cadena larga C₂₈-C₄₀ como fracción F₃.

La concentración de hidrocarburos F₁ estuvo por debajo del límite de cuantificación (L.C.<0,30 mg/kg) en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, debajo de los niveles de fondo (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg) y niveles de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg).

Las concentraciones de las fracciones F₂ y F₃, en 5 de los 24 puntos muestreados superaron los NF_{TPH} (<0,50 mg/kg) y NR_{TPH} (<0,50 mg/kg), tal como se muestran en la Figura 7.2 y Figura 7.3, donde se observa predominancia de cadenas de secuencia carbonada larga F₃ y en menor proporción de cadenas carbonadas de la fracción F₂.

Particularmente, en puntos ubicados en la zona norte de la playa (CAZU-SD-23, CAZU-SD-24 y CAZU-SD-25) registraron mayores concentraciones de fracciones F₂ y F₃ con respecto al resto de la playa.

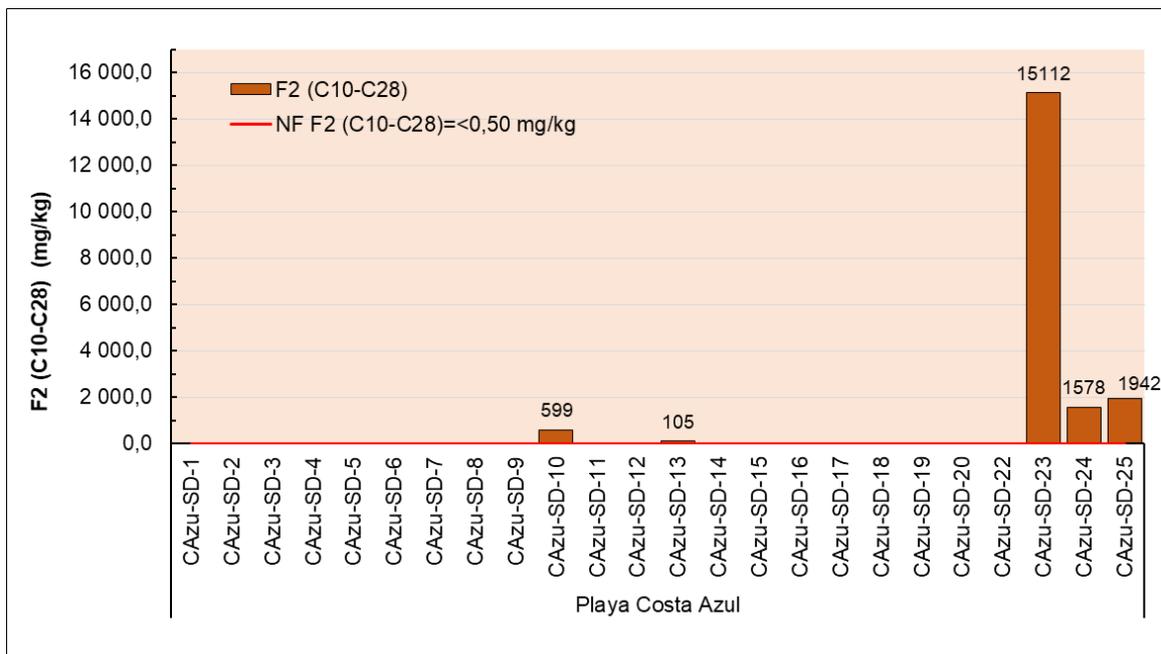


Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F₂ en sedimento de la playa Costa Azul

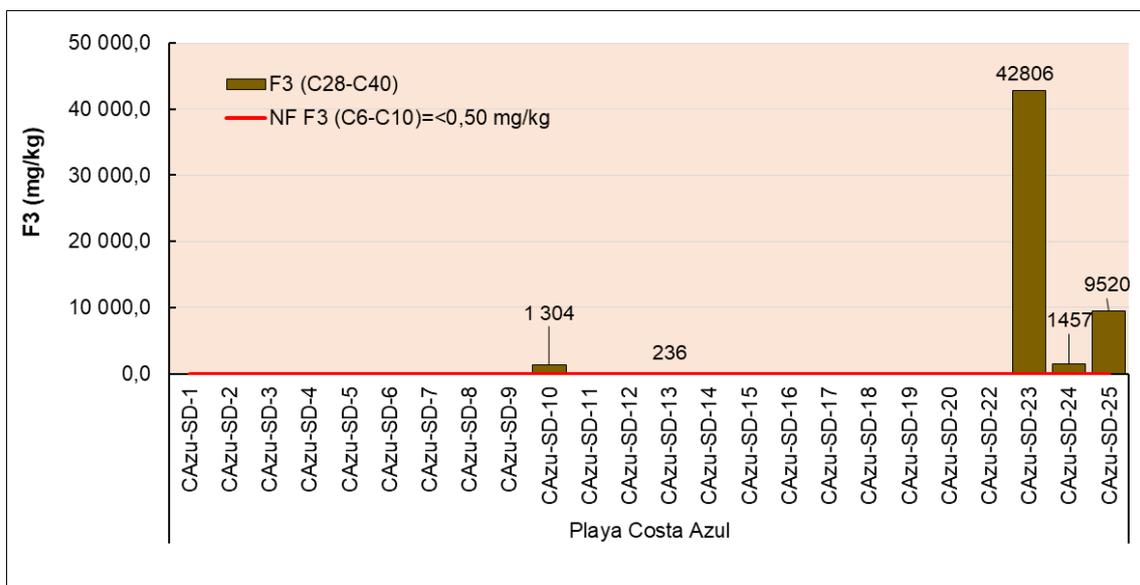


Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F₂ en sedimento de la playa Costa Azul

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

Las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) determinados en las muestras colectadas de sedimento de la playa Costa Azul se detallan en la Tabla 7.2, estas fueron valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros los puntos de muestreo CAzu-SD-1 al CAzu-SD-22; mientras que para los puntos CAzu-SD-23, CAzu-SD-24 y CAzu-SD-25 registraron concentraciones que superaron los NF y NR de los parámetros antraceno,



benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno y pireno, según se detalla en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal

Parámetro	Unidad	Punto de muestreo			Nivel de Fondo	Nivel de Referencia
		CAzu-SD-23	CAzu-SD-24	CAzu-SD-25		
Acenafteno	mg/kg PS	0,027	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	0,163	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	0,131	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	0,060	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	0,161	0,080	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (e) pireno	mg/kg PS	0,108	0,206	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	0,216	0,717	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,822	1,39	0,114	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	0,563	0,061	0,232	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	0,094	0,051	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	0,985	0,240	0,319	< 0,005	< 0,005

Supera el nivel de fondo y nivel de referencia de cada parámetro.

Metales totales

Se determinó un total de 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia, respectivos debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación considerando la caracterización del crudo¹⁹ por parte del administrado.

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo¹⁹ señalado. Del análisis se reportó que en los 24 puntos muestreados se presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF:3,64 mg/kg y NR:4,39 mg/kg); mientras que, en 22 de los 24 puntos de muestreo (excepto CAzu-AS-19 y CAzu-SD-20) las concentraciones de vanadio superaron los niveles de fondo (NF: 33,01 mg/kg) y referencia (NR: 47,06 mg/kg), tal como se observa en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal

¹⁹ Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Puntos de muestreo	Metales Totales								
	Cadmio Total	Calcio Total	Cobre Total	Fósforo Total	Hierro Total	Níquel Total	Plomo Total	Sodio Total	Vanadio Total
	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
CAzu-SD-1	0,27605	6,865	32	997	21,428	7,39	22,3	1,577	86
CAzu-SD-2	0,35135	6,601	29	1,071	33,187	7,9	42,4	1,088	151
CAzu-SD-3	0,39438	6,854	32	1,214	37,826	8,26	61,3	1,628	169
CAzu-SD-4	0,24891	5,970	24	654	14,486	5,46	17	1,235	47
CAzu-SD-5	0,26274	6,615	30	880	20,646	7,41	22,5	1,010	78
CAzu-SD-6	0,2098	6,594	24	597	15,730	6,51	14,2	1,307	54
CAzu-SD-7	0,29891	7,272	30	845	22,396	7,73	24,6	1,531	91
CAzu-SD-8	0,27947	7,464	29	850	20,797	7,3	32,5	3,458	77
CAzu-SD-9	0,28068	6,028	32	1,118	39,542	8	33,5	1,237	180
CAzu-SD-10	0,2697	7,355	28	937	17,988	6,77	18,8	2,117	61
CAzu-SD-11	0,27406	7,397	29	943	18,558	6,99	38,5	3,168	65
CAzu-SD-12	0,27578	7,118	27	1,123	25,650	6,92	33,3	1,950	108
CAzu-SD-13	0,36608	7,715	29	1,323	21,915	7,21	37,6	2,444	81
CAzu-SD-14	0,20134	5,637	23	661	13,879	4,86	15	2,697	46
CAzu-SD-15	0,25325	6,987	25	1,014	17,510	6,14	25,6	1,626	60
CAzu-SD-16	0,17037	5,368	23	803	13,802	4,62	15,9	1,705	47
CAzu-SD-17	0,16267	5,317	22	820	11,986	4,58	13,7	2,182	35
CAzu-SD-18	0,2238	5,975	22	815	13,242	5,08	16,2	2,190	41
CAzu-SD-19	0,12031	4,149	19	506	9,748	4,06	15,2	1,438	27
CAzu-SD-20	0,13513	4,963	20	581	11,344	4,22	20,3	1,584	32
CAzu-SD-22	0,33402	7,752	28	1,130	20,163	9,28	27,2	1,652	69
CAzu-SD-23	0,2626	6,938	24	969	15,547	5,98	18,9	2,007	49
CAzu-SD-24	0,20654	5,620	20	757	12,235	5,21	14,6	1,562	38
CAzu-SD-25	0,17402	5,728	22	709	13,912	5,74	15,3	1,023	43
Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	0,11	14236	7,91	1159	12403	3,64	7,56	2081	33,01
Nivel de Referencia - NR (mg/kg)	0,21	25955	11	1815	15396	4,39	9,49	3299	47,06

 Supera el nivel de fondo y nivel de referencia de cada elemento

Granulometría



La granulometría fue evaluada con 4 puntos de muestreo compósitos (CAzu-SD-COM1, CAzu-SD-COM2, CAzu-SD-COM3 y CAzu-SD-COM4) para caracterizar la playa. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena mayor al 97 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural Arenosa en toda la playa (Figura 7.4).

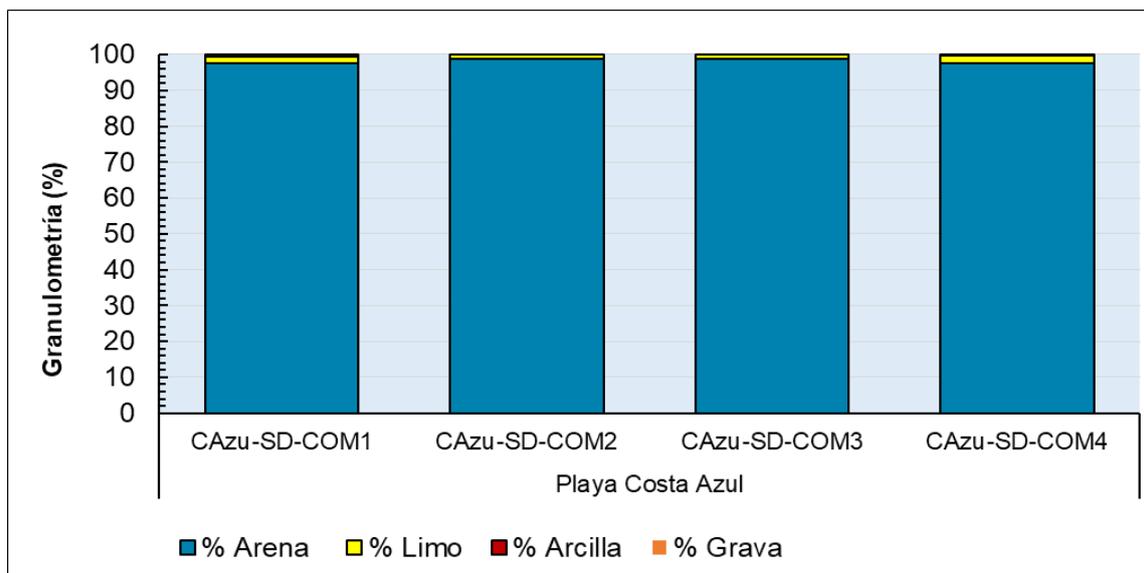


Figura 7.4. Granulometría de la playa Costa Azul

7.1.3. Hidrobiológico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de este componente; asimismo, previamente se destaca lo obtenido respecto a los parámetros de TPH y granulometría en las playas blanco, donde el sustrato predominante es la arena al igual que la playa Costa Azul y las concentraciones de TPH están por debajo del límite de cuantificación ($<0,30$ mg/kg) (Anexo 4), siendo así las playas blanco, adecuadas para la comparación con la playa Costa Azul.

7.1.3.1. Análisis Poblacional de *Emerita analoga*

A. Distribución batimétrica

La distribución batimétrica de la abundancia de *E. analoga* se encontró principalmente en los niveles más alejados de la línea de acarreo, generalmente a partir de los 30 m de distancia de muestreo. Las abundancias promedio tuvieron un valor máximo de 3,3 ind/0,028 m² en el punto CA-2 a los 35 m de distancia de muestreo, 2,5 ind/0,028 m² en los puntos CA-1 y CA-3, a las distancias de 45 y 40 m, respectivamente (Figura 7.5). En general, se aprecia una baja abundancia de individuos de *E. analoga* en los puntos evaluados.

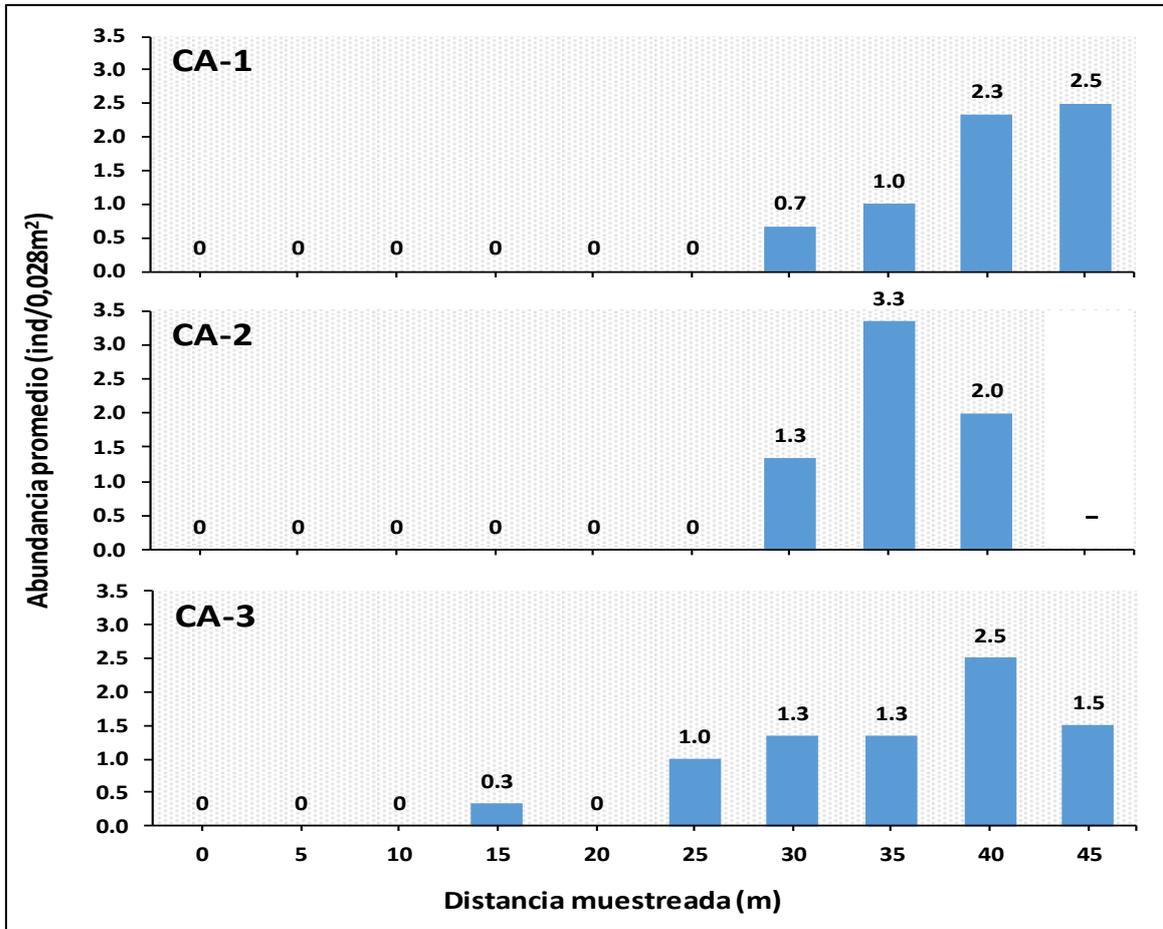


Figura 7.5. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul

Caso similar se presentó en la distribución batimétrica de la biomasa; con mayores valores a partir de los 30 m de distancia de muestreo; asimismo, los mayores valores de biomasa promedio fueron en 2,4 g/0,028 m² a 40 m, 3,5 g/0,028 m² a 35 m, 2,6 g/0,028 m² a 40 m en los puntos CA-1, CA-2 y CA-3, respectivamente (Figura 7.6).

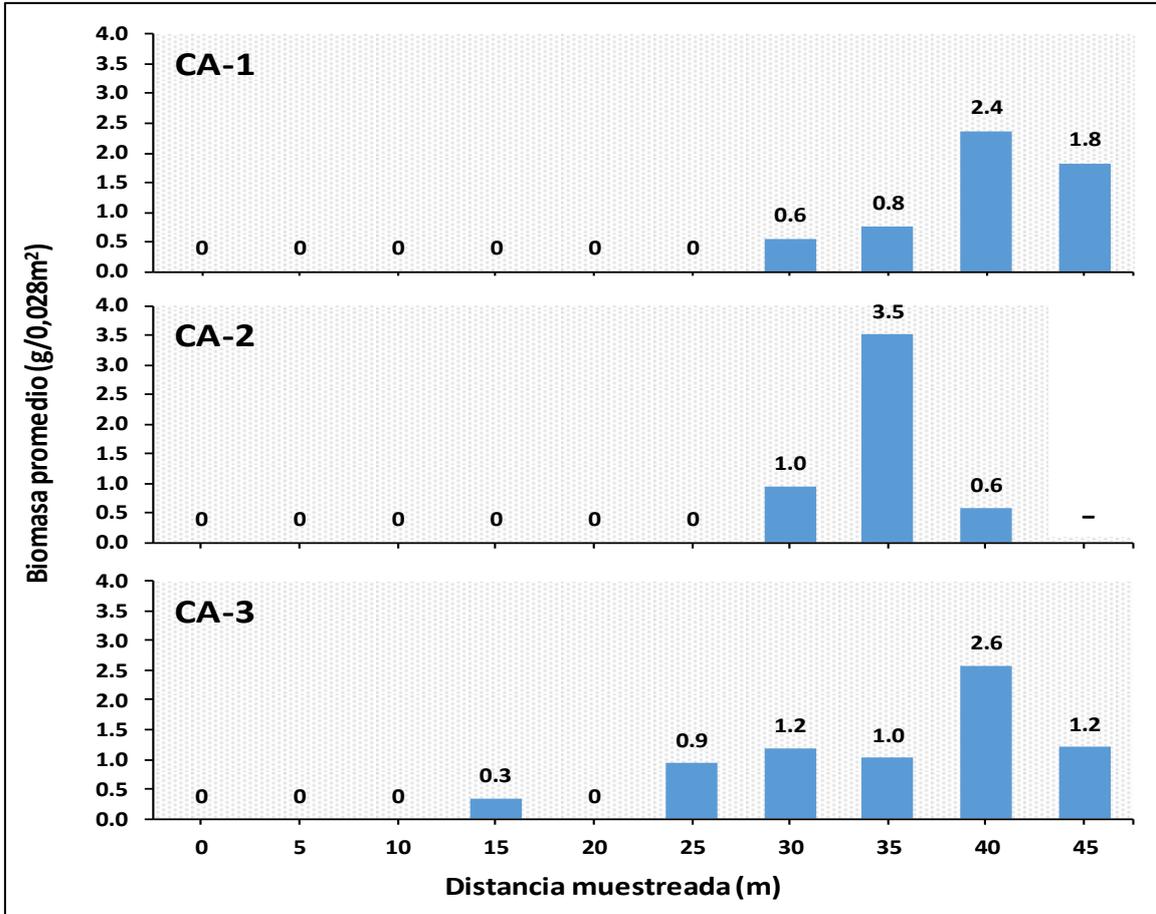


Figura 7.6. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul

Por otro lado, respecto a la comparación de la abundancia entre los puntos de la playa Costa Azul con los puntos de las playas blanco, existe una clara diferencia en las abundancias promedio de los individuos de *E. analoga*, siendo considerablemente mayor en las playas blanco. Asimismo, existe una distribución más amplia en las playas blanco, con una abundancia promedio máxima de 99 g/0,028m² a una distancia de 40 m de distancia de la línea de acarreo (Figura 7.7.A).

Respecto a la comparación de la distribución de la biomasa promedio de playa Costa Azul con los puntos de las playas blanco, existe una mayor diferencia de la biomasa en los puntos más alejados de la línea de acarreo, con biomasa promedio de 26,8 g/0,028m² en BE-1, 60 g/0,028m² en BP-1 y 21,2 g/0,028m² en BSP-1 de las playas blanco, que contrasta con las bajas abundancias a la misma distancia de muestreo en los puntos de playas Costa Azul, con biomasa promedio de 1,8 g/0,028m² en CA-1 y 1,2 g/0,028m² en CA-3 (Figura 7.7.B)

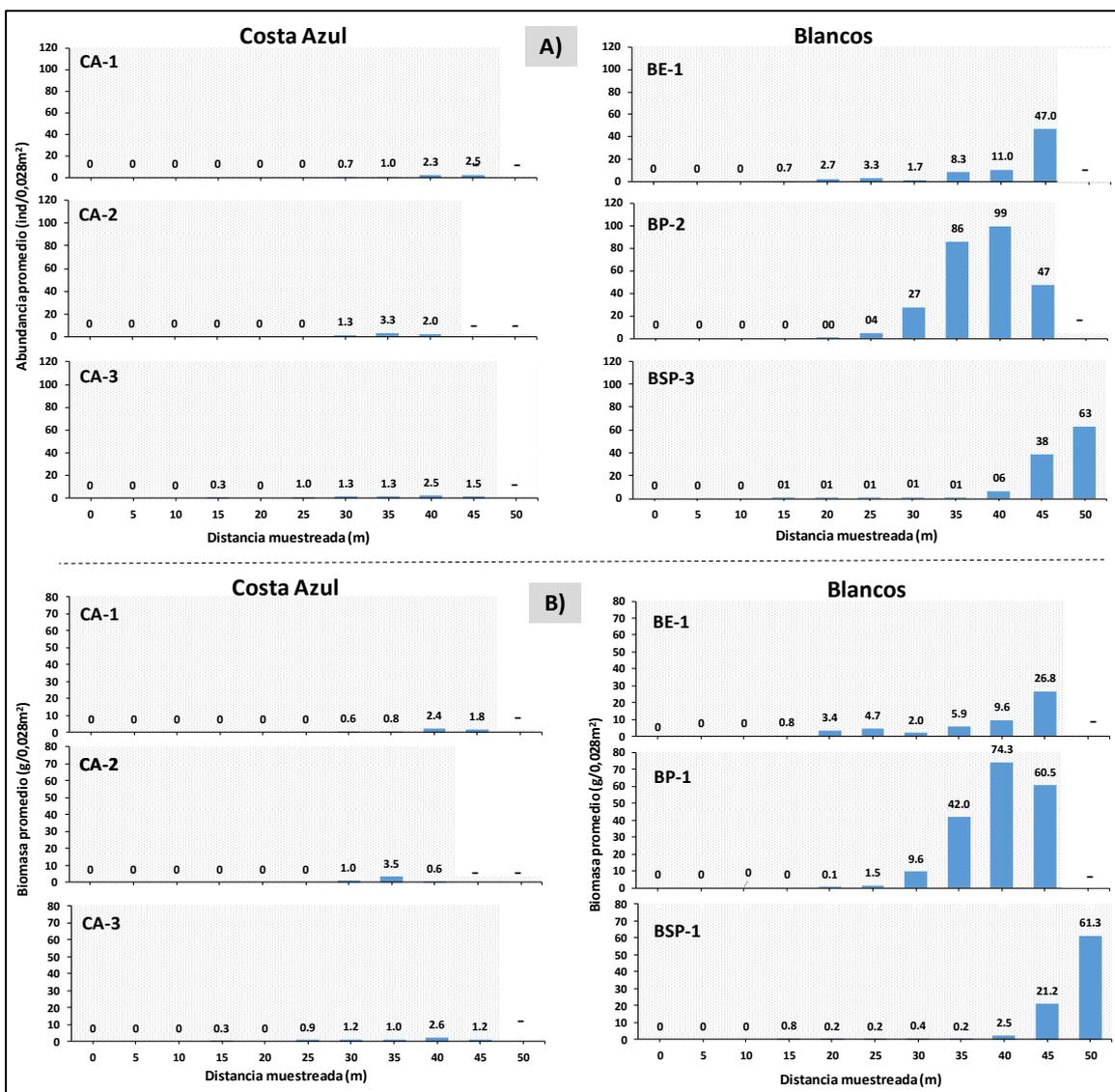


Figura 7.7. Distribución batimétrica de la abundancia (A) y biomasa (B) promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco.

B. Frecuencia de tallas

Los histogramas de distribución del total de individuos de *E. analoga* en los puntos de la playa Costa Azul muestran una estructura tallas similares para los tres puntos, registrando un grupo de tallas de longitud cefalotorácica entre 12 y 19 mm en todos los puntos, y una moda de distribución alrededor de los 16 mm (Figura 7.8).

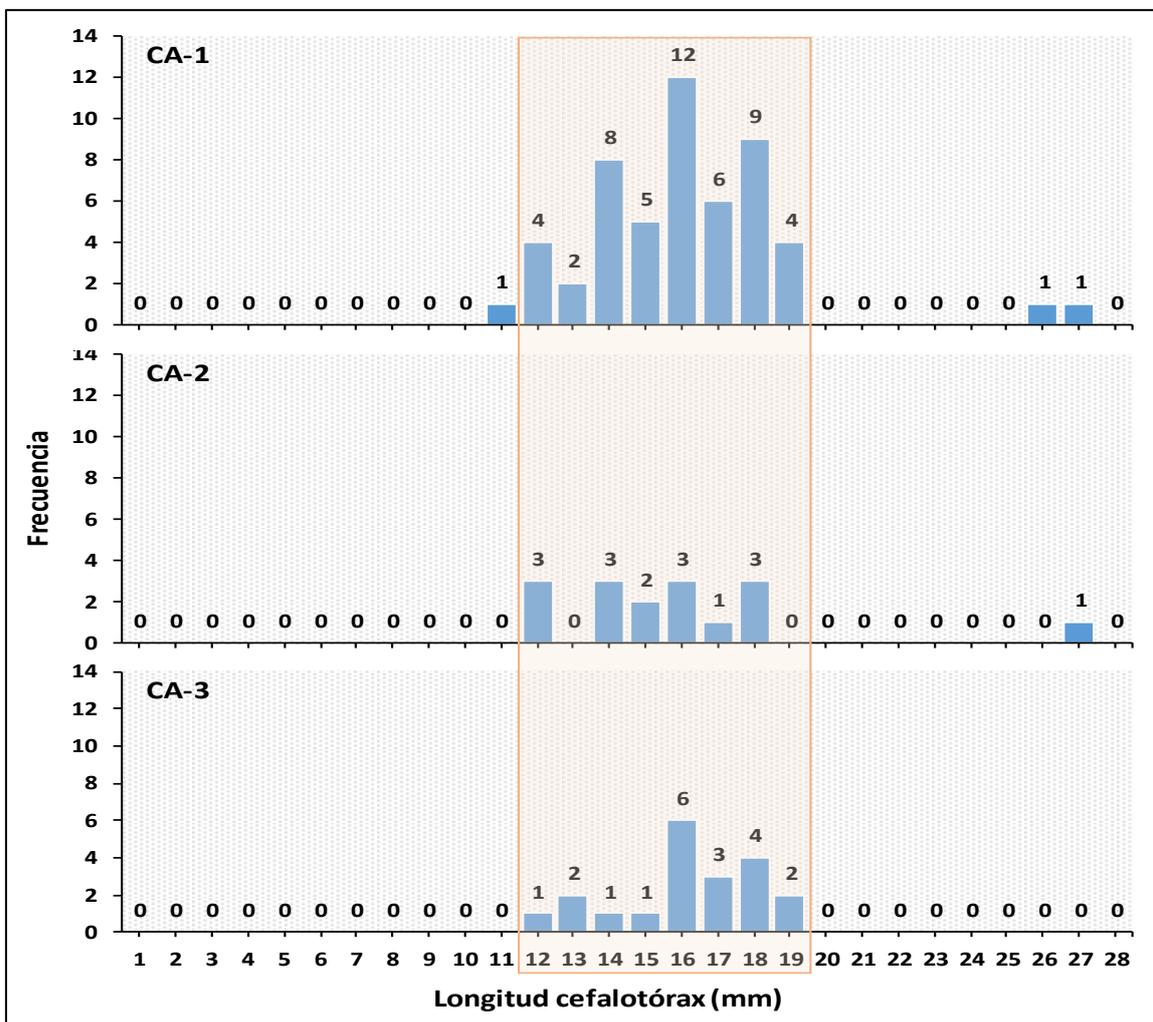


Figura 7.8. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul

Por otro lado, respecto a la comparación de la frecuencia de tallas entre los puntos de la playa Costa Azul con los puntos blanco de las playas blanco, existe una clara diferencia en la distribución de tallas de *E. analoga*, siendo considerablemente más amplia la distribución de tallas en los puntos blanco, donde se verifica un grupo principal que va desde alrededor de los 3 mm hasta 29 mm; a su vez, presentándose un segundo grupo de tallas mayores agregados entre los 19 mm y 25 mm, con una moda (Figura 7.9). Caso contrario se presenta en playa Costa Azul, donde existe un solo grupo menos conspicuo y menos numeroso de individuos con tallas que van de desde 12 y 19 mm. Asimismo, las playas blanco presenta presencia de individuos con tallas intermedias a los 2 grupos ante mencionados, lo cual no ocurre en la playa Costa Azul.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

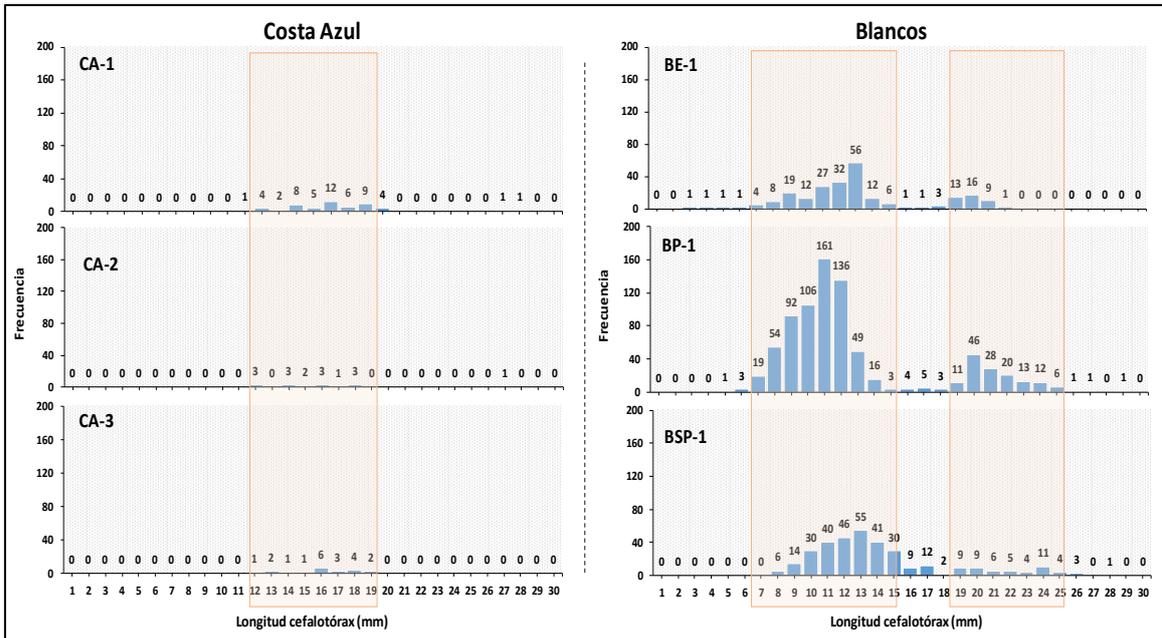


Figura 7.9. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco

C. Proporción de sexos

La proporción por sexos de *E. analoga* en los puntos de playa Costa Azul muestran variaciones entre los puntos evaluados, con una predominancia de machos en todos los puntos, seguida de hembras y un menor porcentaje de hembras ovígeras (Figura 7.10). El punto CA-3 presenta solo machos y hembras. En general existe una ausencia de juveniles en todos los puntos de muestreo.

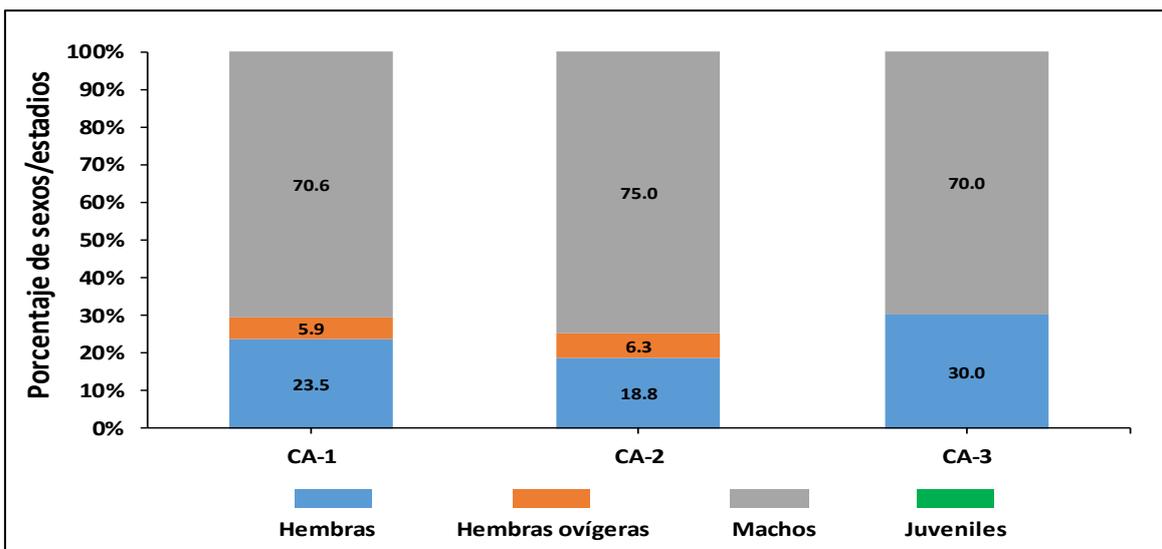


Figura 7.10. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul



Respecto a la comparación con los puntos de las playas blanco, existe una ligera diferencia con el incremento de hembras y hembras ovígeras, y una reducción de machos (Figura 7.11). Sin embargo, la predominancia de machos sigue siendo una constante.

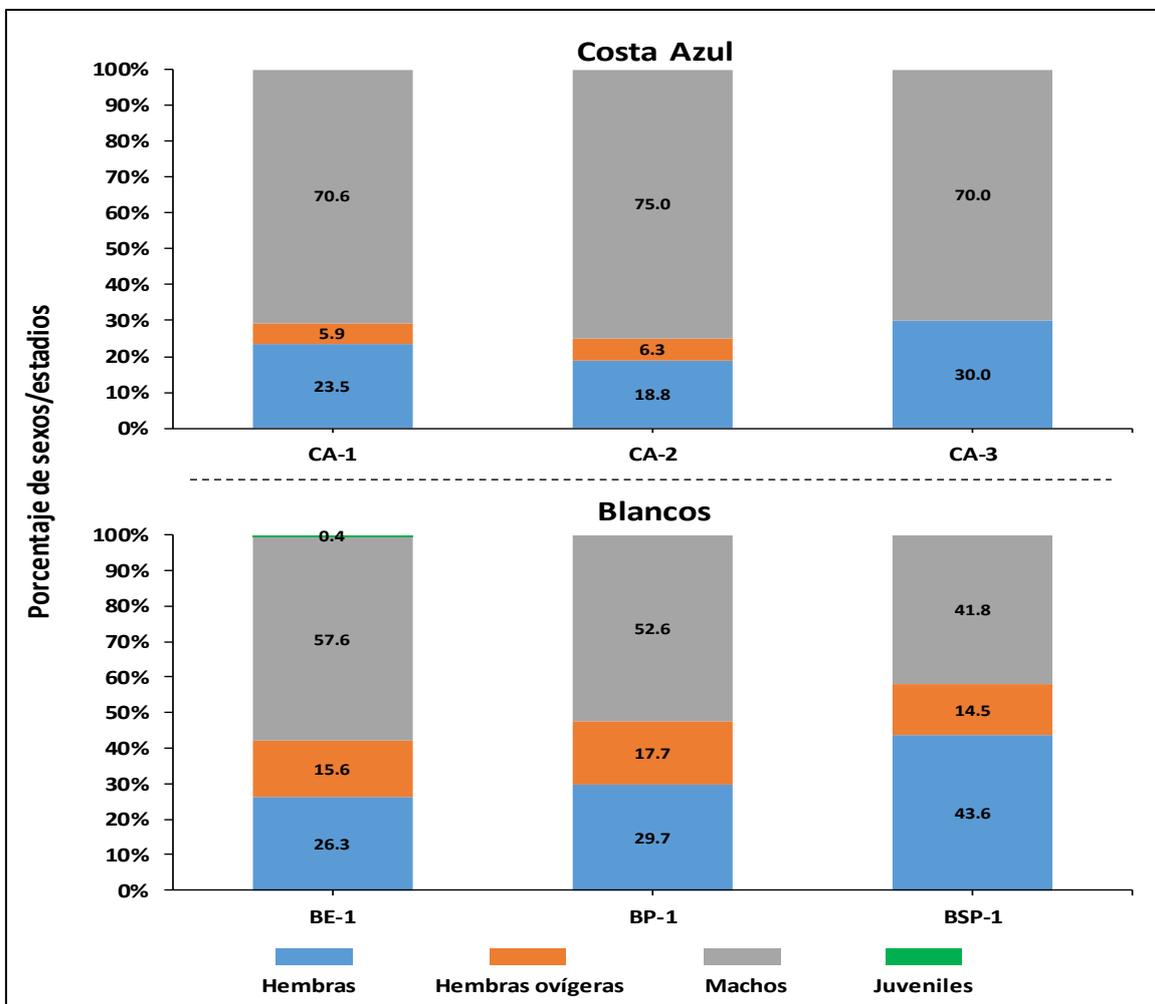


Figura 7.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados de la playa Costa Azul comparados con los puntos de las playas blanco

7.1.3.2. Análisis comunitario

Los resultados de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa, corresponden al único punto (CA-R1) evaluado en playa Costa Azul, sin embargo, se debe destacar que este punto se encuentra a 35 m aproximadamente, al suroeste del extremo sur declarado por Repsol. Asimismo, en el punto solo se evaluó en la zona supralitoral, por ser un sustrato rocoso que tiene presencia de bancos de arena en la base y no permite el establecimiento de una zona litoral propiamente dicha (Figura 7.12).

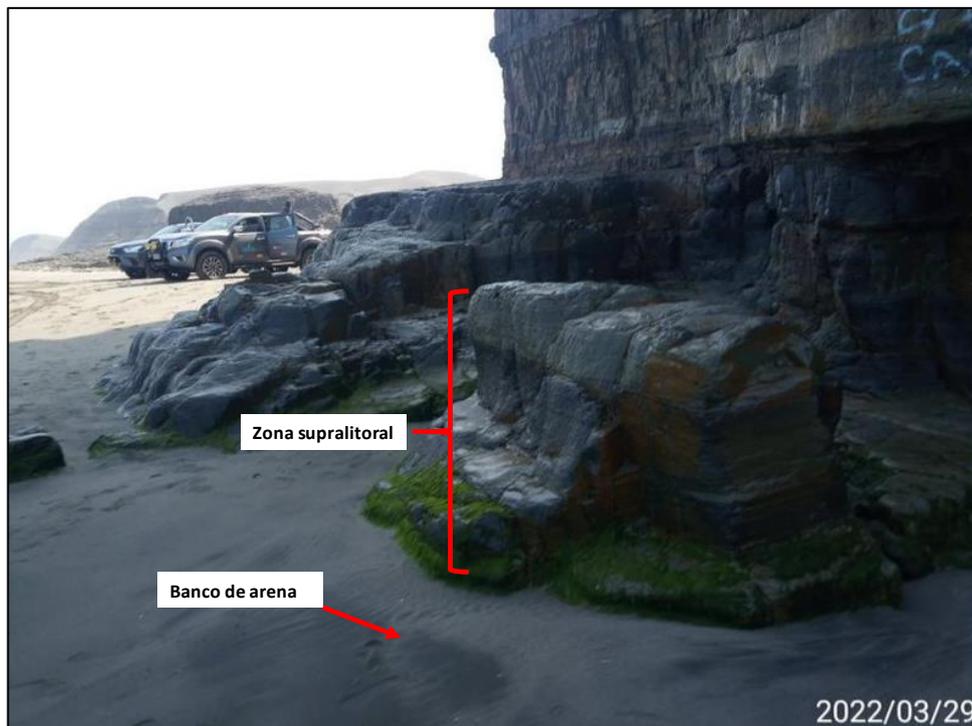


Figura 7.12. Vista del punto CA-R1 que muestran la existencia solo de una zona supralitoral.

Los resultados obtenidos en este punto muestran la existencia de solo 4 especies en total, siendo estas *Jehlius cirratus*, *Echinolittorina peruviana*, *Nemertea* ND y *Ulva intestinalis*. Cabe destacar que, todas las réplicas registraron solo 2 especies (Figura 7.13 A). En cuanto a la abundancia, existe una clara predominancia de la especie *Jehlius cirratus* (Figura 7.13).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

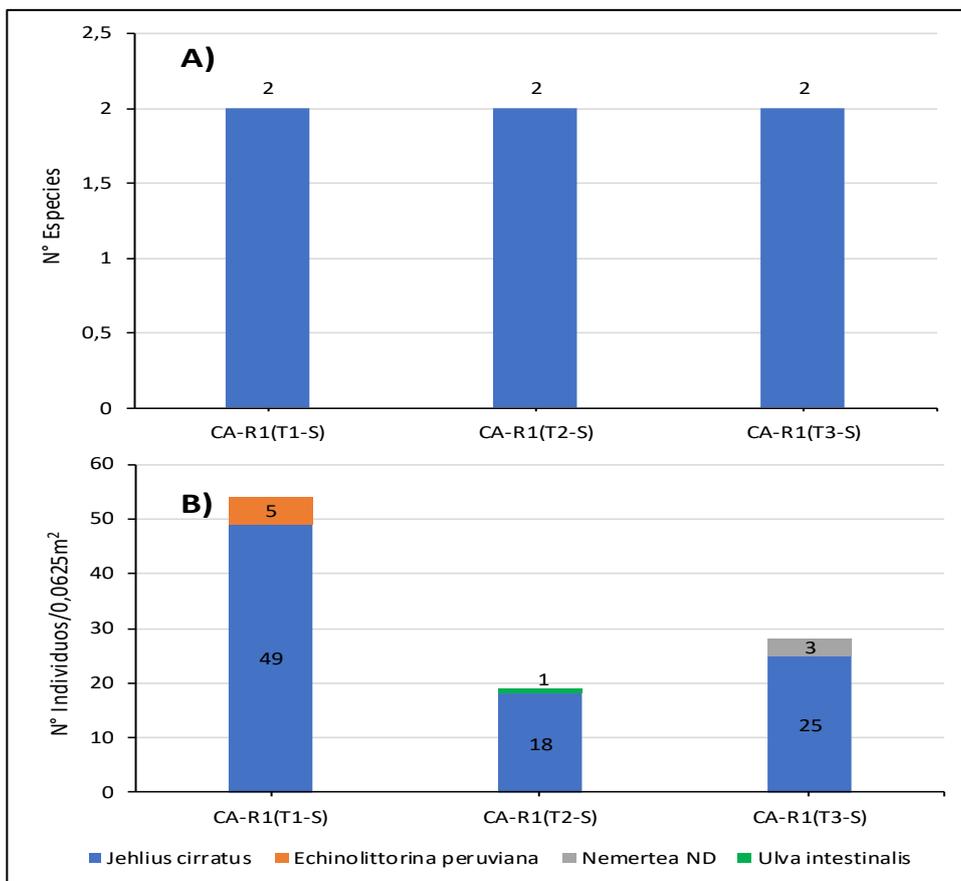


Figura 7.13. Resultados de análisis comunitario de las réplicas del punto CA-R1, A) Número de especies y B) Número de individuos por especie.

7.2. Zona submareal

7.2.1. Agua Superficial

Parámetros de campo

Los valores *in situ* de potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, temperatura y conductividad se encontraron dentro de lo establecido en los ECA para Agua (2017), en todos los puntos de muestreo. Los valores de pH se ubicaron entre 7,53 unidades de pH y 8,16 unidades de pH, valores ubicados en el rango para la categoría 1 B1 (6,0 unid. de pH a 9,0 unid. de pH) y para las categorías Cat.2 C2, Cat. 2C3 y Cat.4E3 (6,8 a 8,5). Para oxígeno disuelto las concentraciones fueron mayores al valor mínimo requerido la categoría Cat.2 C3 ($\geq 2,5$ mg/L) de la referida norma.

Tabla 7.4. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	pH (Unidades de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
MS-9	26/03/2022	13:35	19,8	7,68	4,18	59,5
MS-10	26/03/2022	14:10	19,2	7,77	3,95	60,0



Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	pH (Unidades de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
MS-11	26/03/2022	14:50	18,8	8,01	5,70	60,7
MS-12	26/03/2022	15:15	18,7	8,16	9,20	58,9
MS-13	26/03/2022	09:00	18,9	7,70	2,78	65,0
MS-14	31/03/2022	15:00	17,5	7,78	-	50,7
MS-15	31/03/2022	14:20	16,9	7,74	-	52,6
MS-16	31/03/2022	13:30	17,4	7,73	-	52,0
MS-16F	31/03/2022	13:30	16,6	7,67	-	52,8
MS-17	31/03/2022	12:30	18,2	7,76	-	51,1
MS-17F	31/03/2022	12:30	17,0	7,53	-	51,7
MS-18	31/03/2022	11:50	18,2	7,79	-	51,9
MS-19	31/03/2022	11:25	17,7	7,85	-	52,4
MS-19A	31/03/2022	11:00	17,7	7,71	-	52,2
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM	Cat.1 B1	-	6,0 a 9,0	≥ 5	-	
	Cat.2 C2	-	6,8 a 8,5	≥ 3	-	
	Cat.2 C3	-	6,8 a 8,5	≥ 2,5	-	
	Cat.4 E3	-	6,8 a 8,5	≥ 4	-	

Fuente: Anexo 3: RC 21-2022-STEC.

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

La determinación analítica de aceites y grasas en las muestras colectadas en la zona submareal de la playa Costa Azul reportó valores menores al límite de cuantificación (L.C.M. < 0,50 mg/L) en todos los puntos de muestreo, por lo que, estos cumplen los ECA Cat.2 C3 (2,0 mg/L) y referencialmente el ECA Cat.4 E3 (5,0 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C6-C40)

La determinación de hidrocarburos totales de petróleo, que incluyó la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃, reportó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, los mismos que cumplieron referencialmente con el ECA Cat.4 E3 (0,5 mg/L).

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)

La determinación del conjunto BTEX (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno, xilenos y tolueno) en las muestras de agua de mar colectadas de la zona submareal de la playa Costa Azul presentó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,0050 mg/L) en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA Cat.4 E3 para benceno (0,05 mg/L), única categoría que contempla el parámetro del BTEX para su comparación en la precitada norma.



Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos²⁰, (Anexo 5), reportaron valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. <0,00010 mg/L) para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo. Dado que los HAP's con estándar de comparación para la Cat.4 E3 son antraceno (0,0004 mg/L), benzo(a)pireno (0,0001 mg/L) y fluoranteno (0,001 mg/L), en todos los puntos de muestreo se cumple referencialmente con dicho estándar al registrarse valores menores al L.C.M. señalado.

Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)

La determinación de la fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en todos los puntos de muestreo presentó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00180 mg/L), cumpliendo con los ECA Cat.2 C3 (0,01 mg/L) y referencialmente el Cat.2 C2 (0,007 mg/L).

Metales totales

Se determinó 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA Agua Cat.2 C3 y referencialmente con las categorías Cat. 1 B1, Cat.2 C2 y Cat.4 E3, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación debido a presentar concentraciones considerables en su caracterización²¹.

Las concentraciones de níquel y vanadio se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio, (Ni: L.C.M. < 0,0004 mg/L y V: L.C.M. < 0,0003 mg/L), cumpliendo con los ECA Agua Cat.2 C3 (Ni: 0,074 mg/L) y referencialmente con las categorías Cat. 1 B1 (Ni 0,02 mg/L; V: 0,1 mg/L), Cat.2 C2 (Ni: 0,1 mg/L), y ECA Cat.4 E3 (Ni 0,0082 mg/L).

La concentración de todos los metales totales en las muestras en las muestras colectadas de agua de mar de la playa Costa Azul se encuentran en el Anexo 5.

7.2.2. Sedimento

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales de petróleo – TPH (C₆ – C₄₀)

El análisis químico en las muestras de sedimento determinó presencia de hidrocarburos en 9 de los 12 puntos evaluados, encontrándose TPH (C₆ – C₄₀) en el punto MS-13 (ubicado al noroeste de la refinería la Pampilla) que superó los niveles de fondo (NF_{TPH (C₆-C₄₀)}: 73,62

²⁰ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno.

²¹ Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).



mg/kg); sin embargo, los valores fueron menores al nivel de referencia (NR_{TPH (C6-C40)}:172,6 mg/kg)

En los puntos ubicados al frente de la refinería La Pampilla los valores de TPH (C₆ – C₄₀) variaron de < 0,30 mg/kg a 460 mg/kg; es necesario mencionar que entre los puntos MS-2 (< 0,30 mg/kg) y MS-3 (131 mg/kg) se ubica el terminal Multiboyas N.º 2. Asimismo, en la playa Márquez ubicada al suroeste de la refinería la Pampilla los valores de TPH (C₆ – C₄₀) tuvieron una variación de < 0,30 mg/kg a 233 mg/kg.

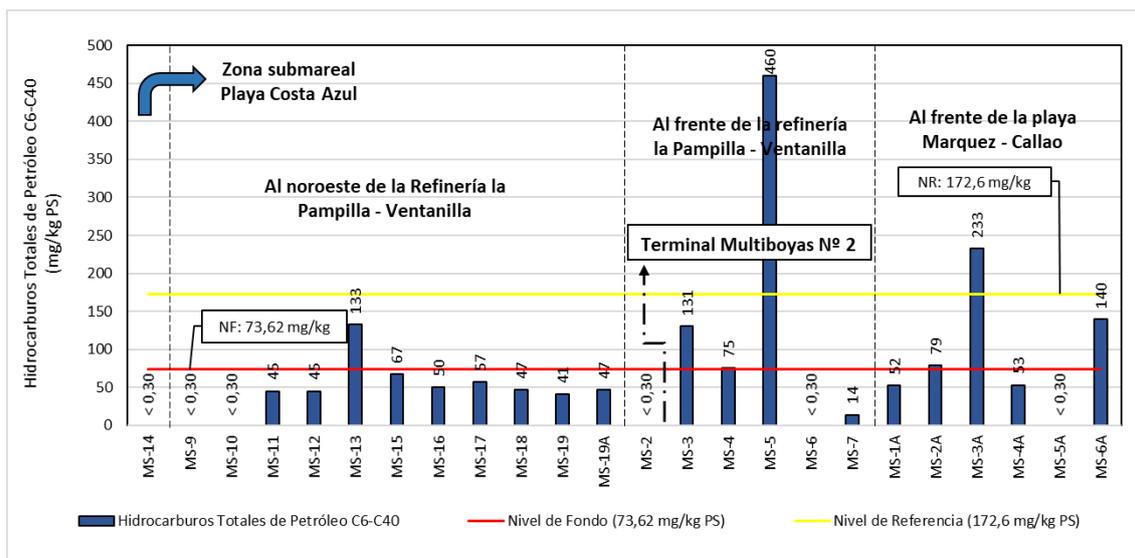


Figura 7.14. Concentraciones de TPH C₆ – C₄₀ en sedimento submareal de la playa Costa Azul

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación analítica de 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Anexo 5), presentó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo, excepto el punto MS-14 que presentó concentraciones de 44enzo(b)fluoranteno (0,01 mg/kg), fenantreno (0,011 mg/kg) y fluoranteno (0,02 mg/kg) mayores a los niveles de fondo respectivos (NF_{44enzo(b)fluoranteno, fenantreno y fluoranteno}: < 0,005 mg/kg); y en el punto MS-15 con concentración de fluoranteno (0,01 mg/kg) que superó el nivel de fondo mencionado, de acuerdo a como se señala en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAP's) en sedimento submareal

Código		MS-14	MS-15	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Parámetro	Unidad				
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Código		MS-14	MS-15	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Parámetro	Unidad				
Benzo € pireno	mg/kg PS	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	0,021	0,01	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

 : Supera el nivel de fondo y nivel de referencia de cada parámetro.

Los resultados de todos los puntos de muestreo se encuentran detallados en el Anexo 5.

Metales totales

Se determinaron 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación y debido a presentar concentraciones altas en su caracterización²².

Las concentraciones de níquel en la zona submareal de la playa Costa Azul, en el punto MS-14 no superaron los niveles de fondo (NF) ni los niveles de referencia (NR); sin embargo, los 11 puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla superaron los niveles de fondo (NF_{Ni}: 5,707 mg/kg); mientras que 5 de los 11 puntos de muestreo mencionados en esta zona también superaron los niveles de referencia (NR_{Ni}: 9,1 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.15.

²² Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).

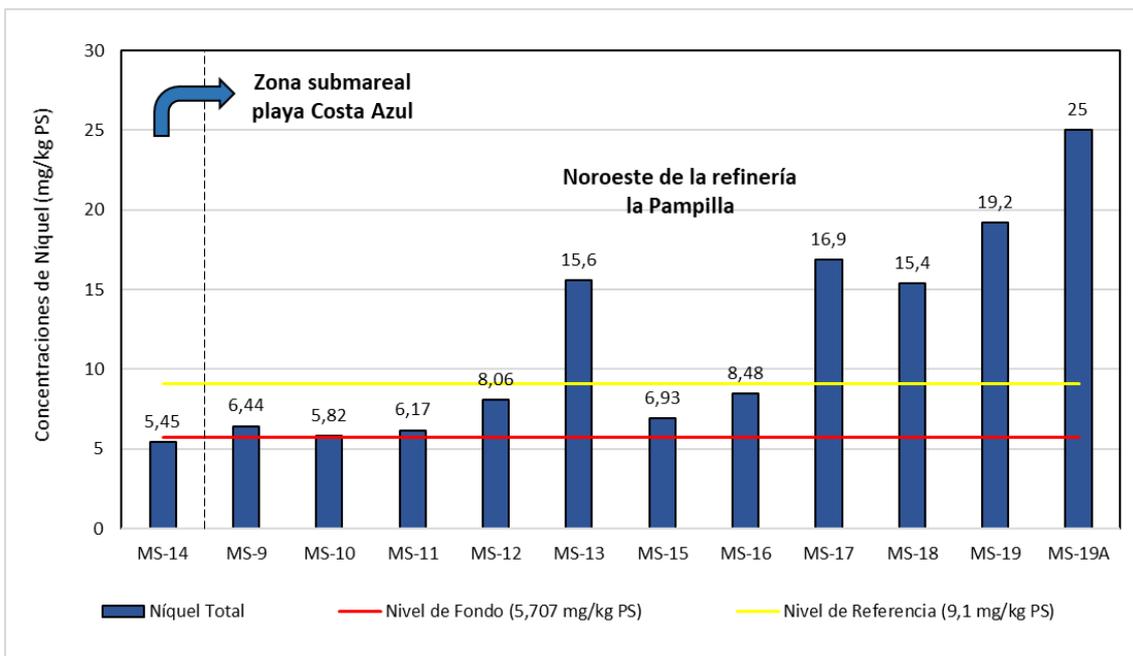


Figura 7.15. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Costa Azul y en puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla

Por otro lado, las concentraciones de vanadio superaron los niveles de fondo (NF_V : 42,48 mg/kg); en la zona submareal de la playa Costa Azul y en los puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla; asimismo, 9 de esos puntos también superaron los NR_V: 53,6 mg/kg, tal como se observa en la Figura 7.16.

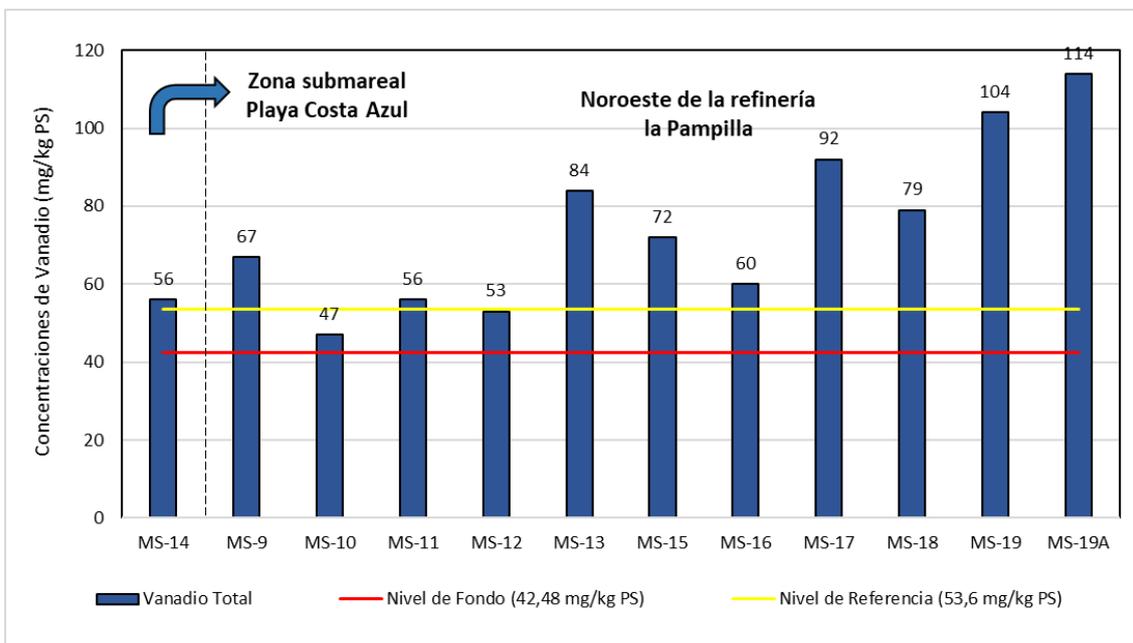


Figura 7.16. Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Costa Azul y en puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

En la Tabla 7.6 se muestran los resultados de los metales del punto evaluado en el ambiente submareal de la playa Costa Azul (MS-14) y en los puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

Tabla 7.6. Concentraciones de metales en sedimento del punto ubicado en la zona submareal de la playa Costa Azul y en los puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla

Código		MS-14	MS-18	MS-19	MS-19A	MS-17	MS-15	MS-16	MS-9	MS-11	MS-12	MS-13	MS-10	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Parámetro	Unidad														
Metales Totales															
Cadmio Total	mg/kg PS	0,71437	8,3845	14,607	24,480	9,6483	2,2611	2,9355	1,4798	1,5509	2,1770	7,4528	1,0925	2,2	5,089
Calcio Total	mg/kg PS	7 613	17 327	16 918	16 339	16 391	8 777	8 156	9 085	7 498	8 006	14 270	7 506	12468	15320
Cobre Total	mg/kg PS	35	125	149	178	157	44	53	44	21	34	108	22	15,15	25,59
Fósforo Total	mg/kg PS	972	1 234	1 198	1 257	1 383	1 027	817	1 172	939	897	1 254	791	1879	2537
Hierro Total	mg/kg PS	17 927	24 631	25 480	28 305	27 037	19 267	17 758	21 466	16 831	17 061	24 732	15 349	13958	16956
Níquel Total	mg/kg PS	5,45	15,4	19,2	25,0	16,9	6,93	8,48	6,44	6,17	8,06	15,6	5,82	5,707	9,1
Plomo Total	mg/kg PS	20,9	115	127	193	151	29,1	42,8	26,9	19,5	27,7	91,1	18,8	16,64	23,43
Sodio Total	mg/kg PS	3 413	20 997	29 078	36 399	16 638	5 621	7 496	3 382	4 012	4 775	19 352	3 567	4545	6770
Vanadio Total	mg/kg PS	56	79	104	114	92	72	60	67	56	53	84	47	42,48	53,6

: Supera el nivel de fondo y/o nivel de referencia



Granulometría

De los resultados obtenidos se observa que el sedimento en el punto ubicado en la zona submareal de la playa Costa Azul (MS-14) presentó una textura predominante de arena; mientras que, en los puntos ubicados al noroeste de la refinería la Pampilla (MS-9, MS-10, MS-11, MS-12 y MS-15) presentaron predominancia de arena, los puntos restantes (MS-13, MS-16, MS-17, MS-18, MS-19 y MS-19A) predominancia de limo, tal como se observa en la Figura 7.16.

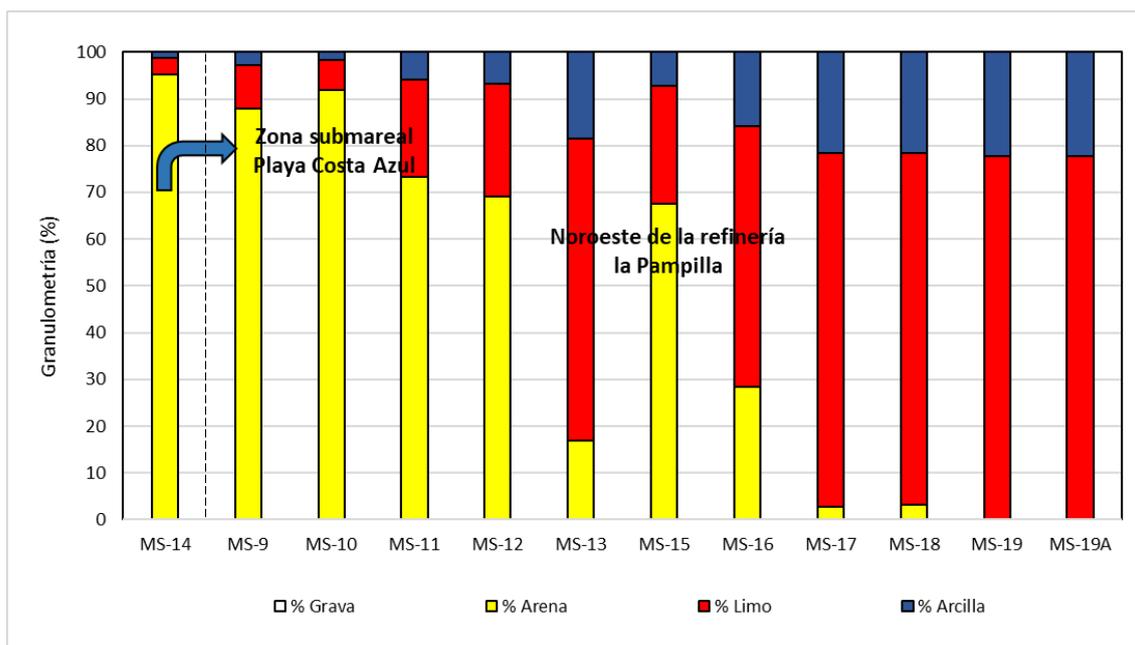


Figura 7.16. Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Costa Azul

7.2.3. Hidrobiológico

La única comunidad hidrobiológica considerada en el ambiente submareal es la comunidad de megabentos, evaluados en dos puntos a través de transectos ubicados frente a la playa Costa Azul. Los resultados muestran la prevalencia de una sola especie presente en los transectos de cada punto evaluado, siendo el caracol *Nassarius dentifer* la mencionada especie (Figura 7.17). La abundancia total en cada punto fue de 17 y 30 individuos, en los puntos CA-S1 y CA-S2, respectivamente.

Un aspecto importante que condiciona la prevalencia de una sola especie, sería el tipo de sustrato registrado en ambos puntos (100 %), siendo una característica homogénea que genera condiciones favorables para la única especie presente en el área.

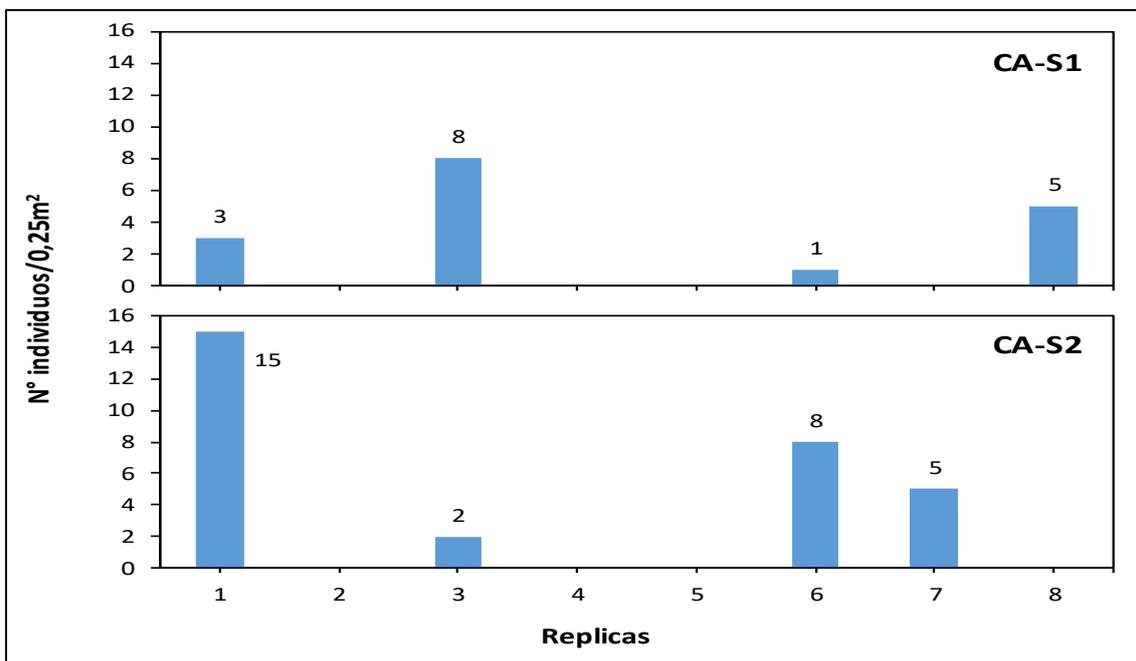


Figura 7.17. Abundancia de la comunidad de megabentos (*Nassarius dentifer*) en los puntos ubicados frente a la playa costa Azul

Por otro lado, los resultados del punto control ubicado frente a la playa La Encantada, muestran resultados que se asemejan a lo obtenido frente a playa Costa Azul, con predominancia de solo dos especies (*Nassarius dentifer* y Paguridae ND) (Figura 7.18). En cuanto a las características del fondo marino, en el punto control también se presenta un sustrato homogéneo con 100% de arena. Estos resultados demostrarían, que no existen diferencias entre los puntos del submareal frente a playa Costa Azul y la playa control La Encantada.

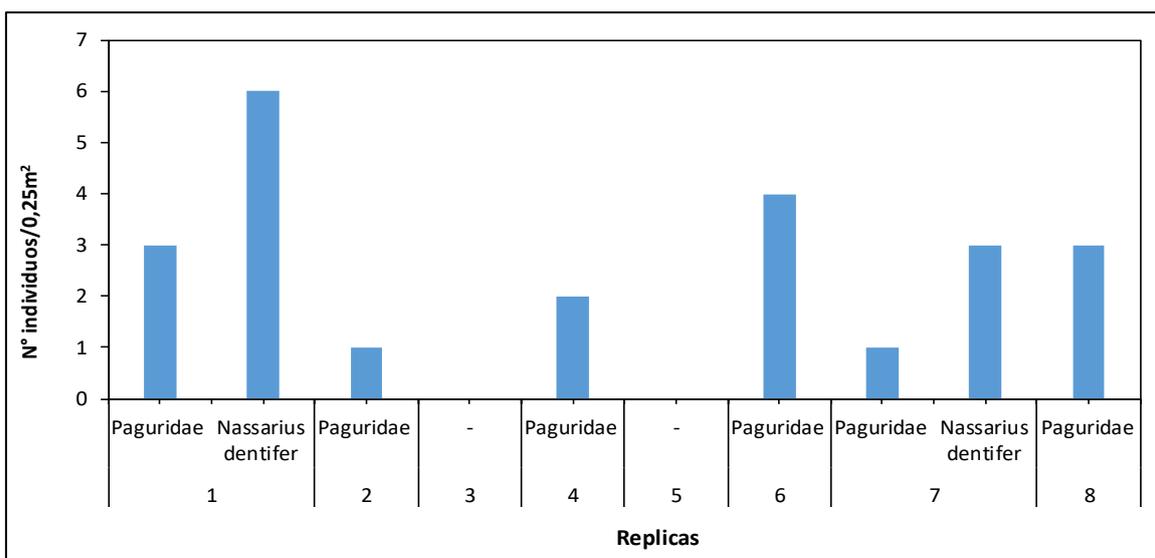


Figura 7.18. Abundancia de la comunidad de megabentos en el unto blanco frente a playa La Encantada

8. DISCUSIÓN

Para realizar la evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza en el agua de mar y sedimento intermareal (arena de playa) y submareal de la playa Costa Azul, afectada por el derrame de petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, se evaluó la línea litoral a lo largo del área afectada por el derrame de petróleo en la playa Costa Azul, considerando el ambiente intermareal y submareal. Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento; mediante muestreos en embarcaciones y a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con el apoyo de embarcaciones para la inmersión de buzos en el ambiente submareal, y en la zona intermareal con muestreos sobre modelos de zonación.

Los principales aspectos considerados para el desarrollo de la discusión fueron los siguientes:

Los ambientes intermareal y submareal según su extensión a partir de la línea de la costa. Considerando las posibles vías de transporte de petróleo crudo tomando en cuenta el transporte físico del contaminante en el agua y en su distribución espacial considerando la dirección del flujo.

La Figura 8.1 presenta el modelo conceptual de la evaluación en la playa Costa Azul.

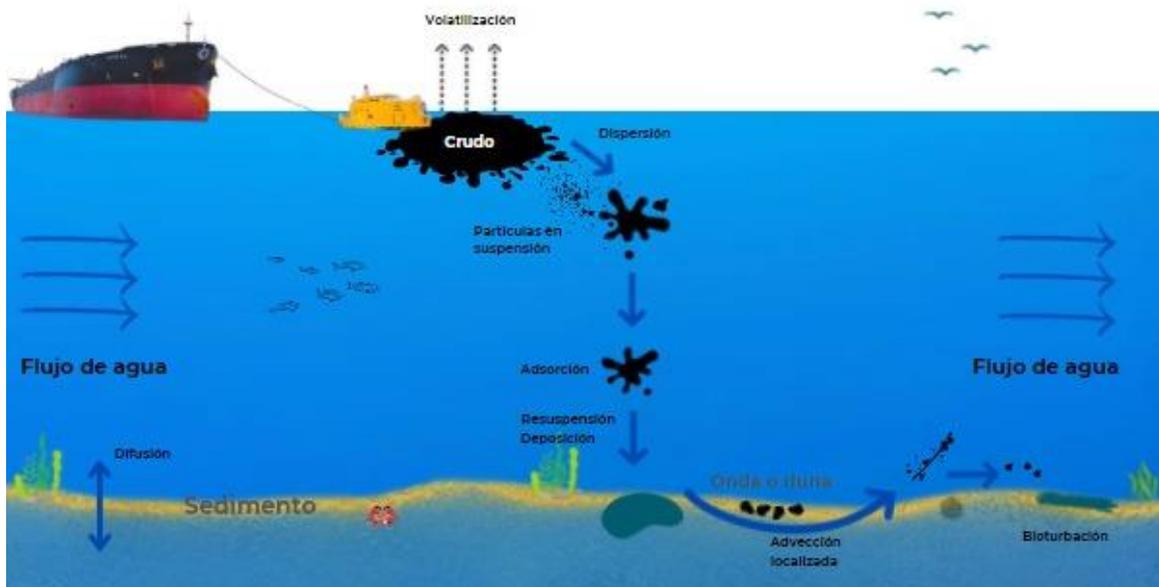


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo de la playa Costa Azul

Fuente: Adaptado de Karamea et.al. (2021)

La zona intermareal se ubica entre la línea de mareas más alta y la línea de marea más baja; dicha zona representa una transición gradual entre el ambiente terrestre, caracterizado por su variabilidad en temperatura, luz y humedad, entre otras variables, y el ambiente acuático, distinguido por su relativa estabilidad ambiental. La alternancia entre el proceso de inundación y exposición al aire determina un ambiente físico único creando gradientes ambientales abruptos que determinan los patrones de distribución y abundancia de los organismos que



viven en las costas rocosas (Carefoot, 1977; Barnes y Hughes, 1999; Menge y Branch, 2001; Karkeskint *et al.*, 2009).

La zona submareal se encuentra dentro del dominio de la provincia nerítica o litoral, la que se extiende desde la orilla de la costa hasta el borde de la plataforma continental, a una profundidad de entre 100 m a 200 m de profundidad dependiendo de la localización. Esta zona se encuentra además dentro de la denominada zona eufótica, la que va desde la superficie del agua hasta donde penetra la luz (entre 80 y 200 m, dependiendo de la turbidez del agua).

En el ambiente submareal se considera una distancia perpendicular a la línea de orilla del ambiente intermareal de 500 metros de acuerdo a la clasificación de ANA²³, sin embargo, se considera puntos fuera de dicha zona con la finalidad de evaluar posibles fuentes de contaminación asociados al hidrocarburo.

8.1. Zona Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar realizado en 8 puntos de muestreo se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación – Contacto primario», y referencialmente con las «Categorías 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos», estas últimas se emplean de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales, según corresponden.

La medición de parámetros de campo (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura) en agua superficial registró pH próximo al neutro (6,78 y 7,8 unidades de pH), oxígeno disuelto (> 8 mg/L) y conductividad eléctrica (51,4 mS/cm en promedio) y temperatura (18,5°C en promedio) valores característicos de agua marinas a nivel del litoral evaluado. Dichos valores medidos cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat. 1 B1, en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en la Tabla 8.1 de la sección de Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial de mar para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico de cada uno de los parámetros analizados en los 08 puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA Agua Cat.1 B1 y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3; los que se indican en detalle en el *ítem 8. Resultados* y el *Anexo X. Reportes*

²³

Clasificación del cuerpo de agua marino – costero, aprobado mediante RJ N° 030-2016-ANA



de Campo. Para Metales totales, los resultados mostraron que 31 metales analizados excepto boro presentaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA Agua Cat.1 B1, y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3; el boro superó el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 8 puntos muestreados y el ECA de la Cat. 2 B2 (5 mg/L) en 2 puntos de muestreo (Cazu-AS-05 y Cazu-AS-06) ubicados en la zona media de la playa. La presencia de boro en concentraciones superiores al ECA Agua en mención no tendría una relación con la actividad evaluada debido a que el TPH(C6-C40) fue reportando en concentraciones por debajo del límite de cuantificación analítica (<0,0100 mg/L) en todos los puntos de muestreo, y su presencia estaría condicionada a las condiciones geológicas de la zona, así como al aporte de efluentes ubicados hacia el norte desde la playa Los Delfines que descargan efluentes domésticos en el mar.

La evaluación de la calidad del sedimento intermareal (arena de playa), se determinó áreas de potencial interés (API) donde se estableció un punto de muestreo por cada área²⁴, que fue construida a partir de los segmentos de playa remitidos por Relapasaa²⁵, obteniéndose 24 puntos con muestra, a excepción del punto Cazu-SD-21²⁶. Los resultados obtenidos para Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) y sus fracciones F₁ (C₆-C₁₀), F₂ (C₁₀-C₂₈) y F₃ (C₂₈-C₄₀), HAPs, Metales Totales fueron comparados con los niveles de fondo²⁷ determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Se identificó, según el análisis granulométrico realizado en 4 compósitos, que el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (> 97%) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa y estructura de grano simple y de coloración gris, los cuales caracterizan a Costa Azul como una playa Arenosa, de tipo plana con baja pendiente (0 – 2%). Las condiciones del entorno estuvieron caracterizadas por presentar residuos sólidos domésticos dispersos debido al aparente arrastre por el oleaje y la acumulación sistemática por la población en sectores de la playa.

De los 24 puntos muestreados, en 5 se registraron TPH (C₆-C₄₀) en concentraciones por encima del límite de cuantificación analítico (L.C. <0,30 mg/kg), por lo tanto, superaron a los NF_{TPH} <0,30 mg/kg y NR_{TPH} <0,30 mg/kg establecidos; dichas concentraciones estuvieron en el rango de 341 a 57918 mg/kg.

En cuanto a la distribución de puntos con presencia de hidrocarburos superiores al NF y NR se identificó 2 zonas:

- 1) En el sector medio de la playa, donde se ubicaron los puntos Cazu-SD-10 y Cazu-SD-13 registraron concentraciones de 1903 mg/kg y 341 mg/kg respectivamente, cuyas muestras fueron tomadas entre 0 – 5 cm de profundidad en condición seca (sin

²⁴ Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEAC e Informe N.º 00057-2022-OEFA/DEAM-STEAC

²⁵ Carta N.º RLP-GSCMA-155-2022 de fecha 15 de febrero de 2022

²⁶ Punto donde no se obtuvo muestra debido a interferencias que comprometieron la toma de muestra durante el proceso de muestreo realizado, según el Acta de Supervisión de fecha 25 al 28 de marzo, 2022.

²⁷ De acuerdo al Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEAC « Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales e hidrocarburos de petróleo en sedimento marino de las bahías de Lima y Huacho » (Ver Anexo 6).

humedad notoria) y el entorno con residuos sólidos domésticos dispersos escasos producto del recojo de los mismos.

- 2) En el sector norte de la playa Costa Azul, entre los puntos Cazu-SD-23, Cazu-SD-24 y Cazu-SD-25, donde se registraron concentraciones de 57918 mg/kg, 3035 mg/kg y 11462 mg/kg respectivamente, siendo los mayores valores reportados en la citada playa. Dichas muestras fueron colectadas entre 0 – 5 cm en los primeros puntos y entre 0 – 10 cm en el último punto y en arena seca; *in situ* organolépticamente se detectaron la presencia de hidrocarburos por la coloración marrón a negro y olor característico al contaminante y oleosidad al tacto, típicos de hidrocarburos en fase libre, en los 3 puntos muestreados.



Figura 8.2. Vista del muestreo de sedimento en el punto Cazu-SD-25 que muestra el color y adherencia al tacto.

Se estableció para la zona intermareal un alcance aproximado de 30 m como área de influencia, tomando como referencia los puntos de muestreo; en base a esta área se realizó interpolación de *Kriging* proyectado con los datos de la distribución y resultados de las concentraciones reportadas (Figura 8.3).

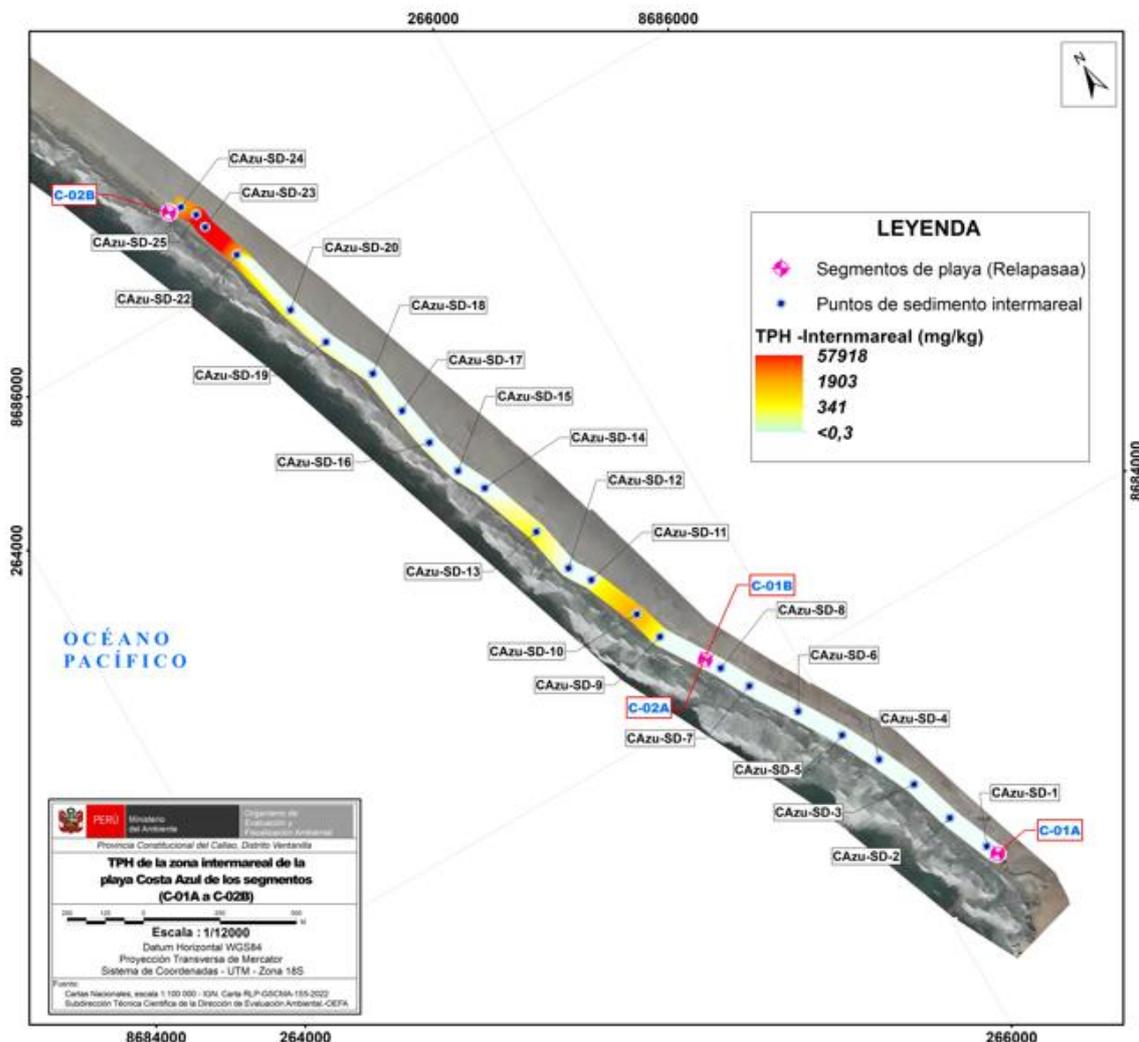


Figura 8.3. Distribución de TPH C₆-C₄₀ en la playa Costa Azul y el alcance proyectado.

De manera complementaria a lo observado, en los 5 puntos con TPH cuantificable (Cazu-SD-10, Cazu-SD-13, Cazu-SD-23, Cazu-SD-24 y Cazu-SD-25), se reportó fracción F₂ (C₁₀-C₂₈) de cadena carbonada intermedia y fracción F₃ (C₂₈-C₄₀) de cadena carbonada larga, donde se observó predominancia de fracción F₃ y en menor proporción fracción F₂ (Figura 8.4). En dichos puntos, se superaron los NFTPH F₂ y F₃ < 0,50 mg/kg y NR TPH F₂ y F₃ < 0,50 mg/kg, tal como se muestran en el ítem Resultados.

La composición de hidrocarburos F₁ estuvo por debajo del límite de cuantificación L.C. < 0,30 mg/kg en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, debajo de los NFTPH < 0,30 mg/kg y NR TPH < 0,30 mg/kg.

Particularmente, en puntos ubicados en la zona norte de la playa (Cazu-SD-23, Cazu-SD-24 y Cazu-SD-25) registraron mayores concentraciones de fracciones F₂ y F₃ con respecto a la zona media de la playa (Cazu-SD-10 y Cazu-SD-13) y de manera proporcional a la concentración de TPH registrada, según se muestra en la Figura 8.4.

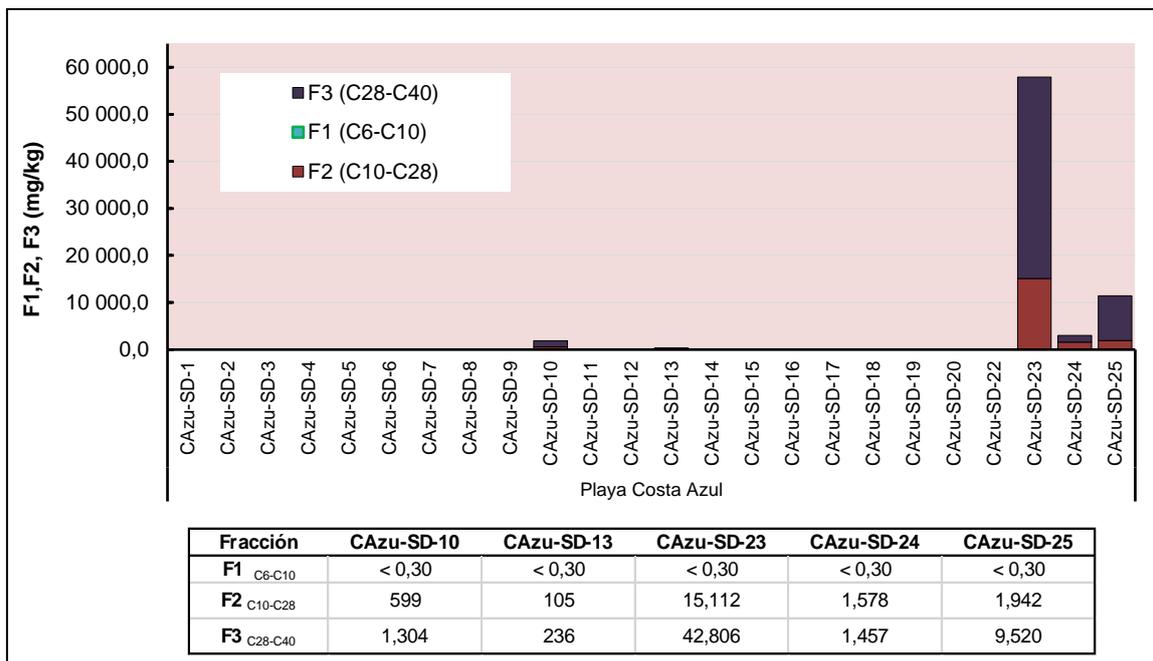
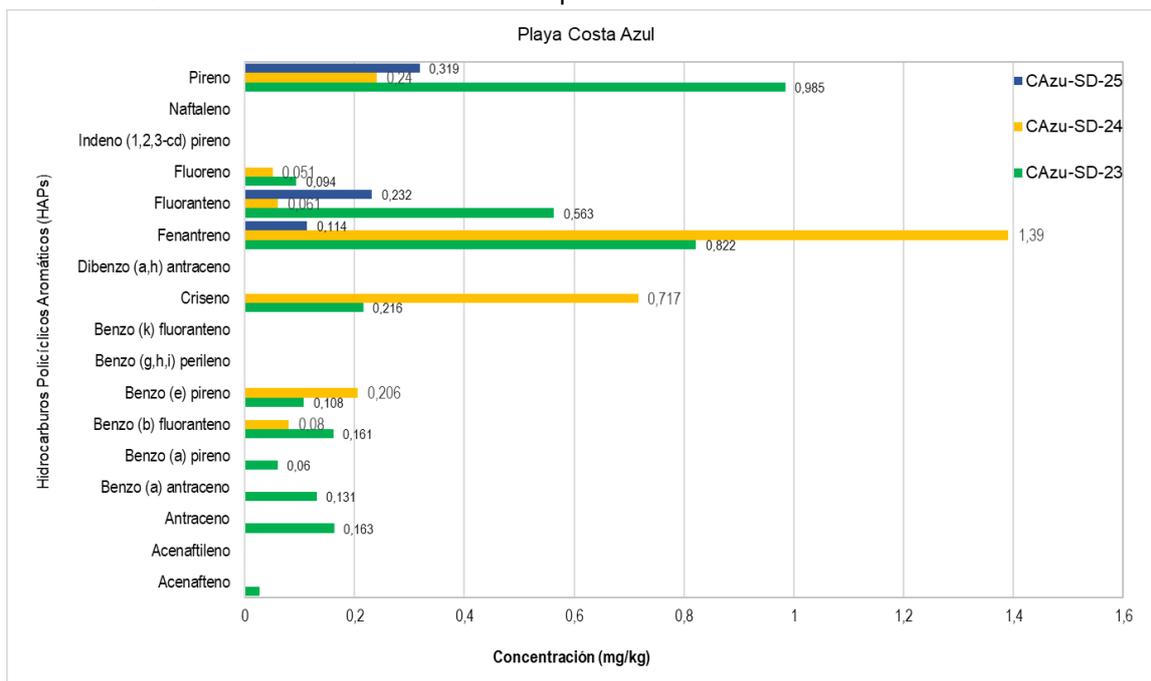


Figura 8.4. Relación de fracciones F₁, F₂ y F₃ reportadas en sedimento intermareal

En 3 de los 24 puntos muestreados correspondientes a los ubicados en el sector norte de la playa Costa Azul (Cazu-SD-23, Cazu-SD-24 y Cazu-SD-25) se registraron Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) en concentraciones que superaron los NF y NR para 12 de los 17 compuestos analizados, tal como se detalló en la Tabla 8.1 del ítem *Resultados*. Los parámetros: Antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno, presentaron valores superiores a los NF y NR los cuales estuvieron directamente relacionados a las concentraciones de TPH presentes y las características organolépticas en las que se colectaron las muestras en los puntos de la zona norte en mención; mientras que, en los 2 puntos ubicados en la zona central (Cazu-SD-10 y Cazu-SD-13) que superaron los NF y NR para TPH, los HAPs no reportaron concentraciones cuantificables.



Tabla 8.1. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal.



Considerando las evaluaciones realizadas por el OEFA desde enero de 2022 (evaluación ambiental focal²⁸ y evaluación ambiental de seguimiento²⁹ realizadas por la DEAM y las acciones de supervisión realizadas por la DSEM) así como en el presente informe se registraron concentraciones de TPH(C₆-C₄₀) y fracciones F₂ (TPH_{C₁₀-C₂₈}) y F₃ (TPH_{C₂₀-C₄₀}) en sedimento intermareal que indican que en la playa Costa Azul se evidenció presencia de hidrocarburos en concentraciones que superaron referencialmente los niveles de fondo para TPH_{C₆-C₄₀} (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), y niveles de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg) así como sus fracciones F₂ y F₃ (NF y NR: <0,50 mg/kg) durante todos los monitoreos realizados; mientras que, los resultados obtenidos para la fracción F₁ registraron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico respectivo, por lo cual, no fueron incluidos en la Figura 8.5.

28 INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEAC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

29 REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022. REAS-036-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través de parámetros que permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

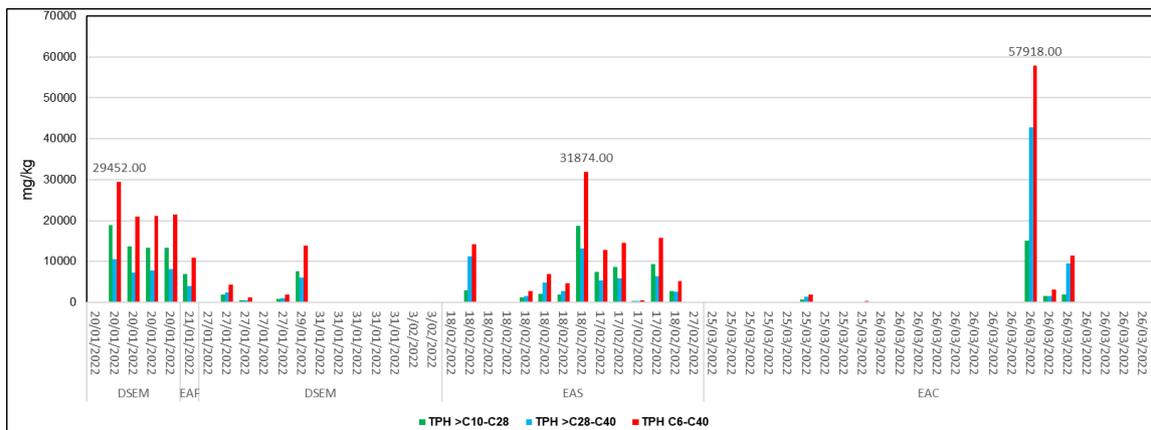


Figura 8.5. Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Costa azul.

Por otro lado, se analizaron 30 metales en todos los puntos muestreados; sin embargo, se enfatizó la comparación del cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio con los NF y NR debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación en función de la caracterización del crudo³⁰ por parte del administrado, tal como se muestra en la Tabla 8.2. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

Tabla 8.2. Características del petróleo crudo derramado – Refinería La Pampilla

Parámetros	Unidad	Concentración
Densidad API	° API	28,57
Cadmio Total	ppb	1
Calcio Total	ppm	0,8
Cobre Total	ppm	0,7
Fósforo Total	ppm	5
Hierro Total	ppm	1,2
Níquel Total	ppm	6,9
Plomo Total	ppm	1
Sodio Total	ppm	3,5
Vanadio Total	ppm	9,6

Fuente: REPSOL S.A.A.

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que en los 24 puntos muestreados se presentaron concentraciones de níquel que superaron los $NF_{Ni} = 3,64$ mg/kg y $NR_{Ni} = 4,39$ mg/kg; mientras que en 22 de los 24 puntos de muestreo (excepto CAzu-AS-19

30 Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).



y CAzu-SD-20) superaron las concentraciones vanadio a los $NF_{Va} = 33,01$ mg/kg y $NR_{Va} = 47,06$, tal como se muestra en el ítem Resultados.

Asimismo, de los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la tabla 8.2, se determina que los metales cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo sodio y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos. Por otro lado, en relación al Níquel cuya concentración en la caracterización del crudo corresponde a 6,9 mg/kg y el $NF_{Ni} = 3,64$ mg/kg, no se podría relacionar directamente la excedencia a los Niveles de fondo de dicho metal a la concentración del hidrocarburo.

Finalmente, resulta indicar que no se ha identificado un patrón o relación de la presencia de níquel y vanadio con respecto a aquellos puntos con presencia de TPH en concentraciones que superan los NF_{TPH} , lo cual, encontraría una posible respuesta en las condiciones del origen geológico de la playa y la presencia de efluentes domésticos producto de la presión antrópica de la población asentada en la zona noroeste de la playa Costa Azul que limita con la playa Los Delfines.

Los resultados de análisis poblacional de *E. análoga* muestran una clara diferencia entre los parámetros poblacionales registrados en los puntos de la playa Costa Azul comparados con los puntos blanco de las playas blanco (La Encantada, Cocoy y Chica). En el caso de los puntos de playa Costa Azul, se aprecia que la distribución batimétrica, tanto en abundancia como biomasa, se encuentra restringida a los puntos más alejados de la línea de acarreo, principalmente a partir de los 30 m; en el caso de las playas blanco, estas registran una distribución más amplia, que va desde los 20 m de distancia de muestreo. Asimismo, los valores de abundancias son diferentes en su magnitud, con una mayor abundancia en los puntos de las playas blanco que llega hasta un promedio de 99 ind/0,028m². De lo previamente conocido de la dinámica poblacional de esta especie, el resultado de las playas blanco se asemeja más a los obtenido en estudios previos obtenidos en Perú para los meses de marzo y abril (Sanchez. 1988) y Chile (Lépez, et al. 2001).

Por otro lado, los resultados obtenidos en los puntos de playa Costa Azul, muestran un retraimiento de la distribución hacia las zonas más profundas, es decir, alejándose de la línea de acarreo. Esta última condición se debería a algún evento de perturbación presente o recientemente ocurrido en la playa Costa Azul, que condicionó a estos crustáceos a migrar hacia las zonas de rompientes o más profundas; Sanchez (1988) señala que existe un cuidado parental o reproductivo que induce la migración de las hembras ovígeras a zonas más profundidad a fin de proteger a las crías. Asimismo, las abundancias de *E. analoga* en playa Costa Azul son escasas, posiblemente condicionados por el mismo factor de perturbación antes mencionado.

Considerando que el mayor evento de perturbación cercano a la fecha de monitoreo fue el derrame de hidrocarburos que alcanzaron a la playa Costa Azul, y que a su vez, sumado las actividades de limpieza que involucraron perturbaciones sobre el sustrato de tipo físicas (remoción de arena), ecológicas (reducción de la disponibilidad de alimentos), biológicas (efectos tóxicos sobre los juveniles o larvas), afectaron sinérgicamente a la población de *E. analoga*. Barron et al. (1999), destaca el valor como indicador biológico de *E. analoga* para



condiciones con dispersión de hidrocarburos, señalando que los “muy muy” pueden estar expuestos a la presencia de aguas subterráneas contaminadas por hidrocarburos aún presentes por debajo de la superficie del sedimento de la playa. Además, debido a que esta especie se mueven verticalmente con las mareas a través de un flujo continuo, con procesos de emergencia y reentierro, los individuos de esta especie corren el riesgo de ser arrastrados por los hidrocarburos hacia las zonas secas de la playa (Cubit 1969), produciéndose varamientos como consecuencia de ello.

La proporción por sexos presenta un patrón de predominancia de machos tanto en playa Costa Azul como en las playas blanco, estos resultados se considerarían como una condición normal en las proporciones por sexos de esta especie, lo cual se respalda con los resultados obtenidos por Sanchez (1988) para poblaciones de *E. analoga* en playas del sur de Lima, con mayor incidencia de este patrón en los meses de verano, similar a los meses de la presente evaluación.

8.2. Zona submareal

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua superficial de mar en ambiente submareal se realizó en 1 punto ubicado en el ambiente submareal de la playa Costa Azul y en 13 puntos que se ubicaron al noroeste de la refinería la Pampilla, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la « Categorías 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras» y referencialmente con la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos», estas últimas se emplean de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), BTEX (Benceno) y metales totales, según corresponden.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial de mar para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y metales totales reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico de cada uno de los parámetros analizados en los 14 puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C3 y referencialmente en la Cat.4 E3; los que se indican en detalle en el ítem 8. Resultados y el Anexo 5.

En sedimento, el punto ubicado en la zona submareal de la Playa Costa Azul presentó una textura predominante en arena con concentraciones de benzo(b)fluoranteno, fluoranteno y fenantreno que superaron los NF y NR; asimismo, las concentraciones para TPH (C₆-C₄₀) estuvieron debajo del límite de cuantificación analítico del método de análisis del laboratorio; sin embargo, los puntos ubicados al noroeste y suroeste de la refinería la Pampilla se reportaron concentraciones de TPH y PAH's. Es necesario mencionar que las corrientes presentes en el litoral peruano, corriente de Humboldt, va de sur a norte y tiene una velocidad 28 km por día (Noriega, 2018).

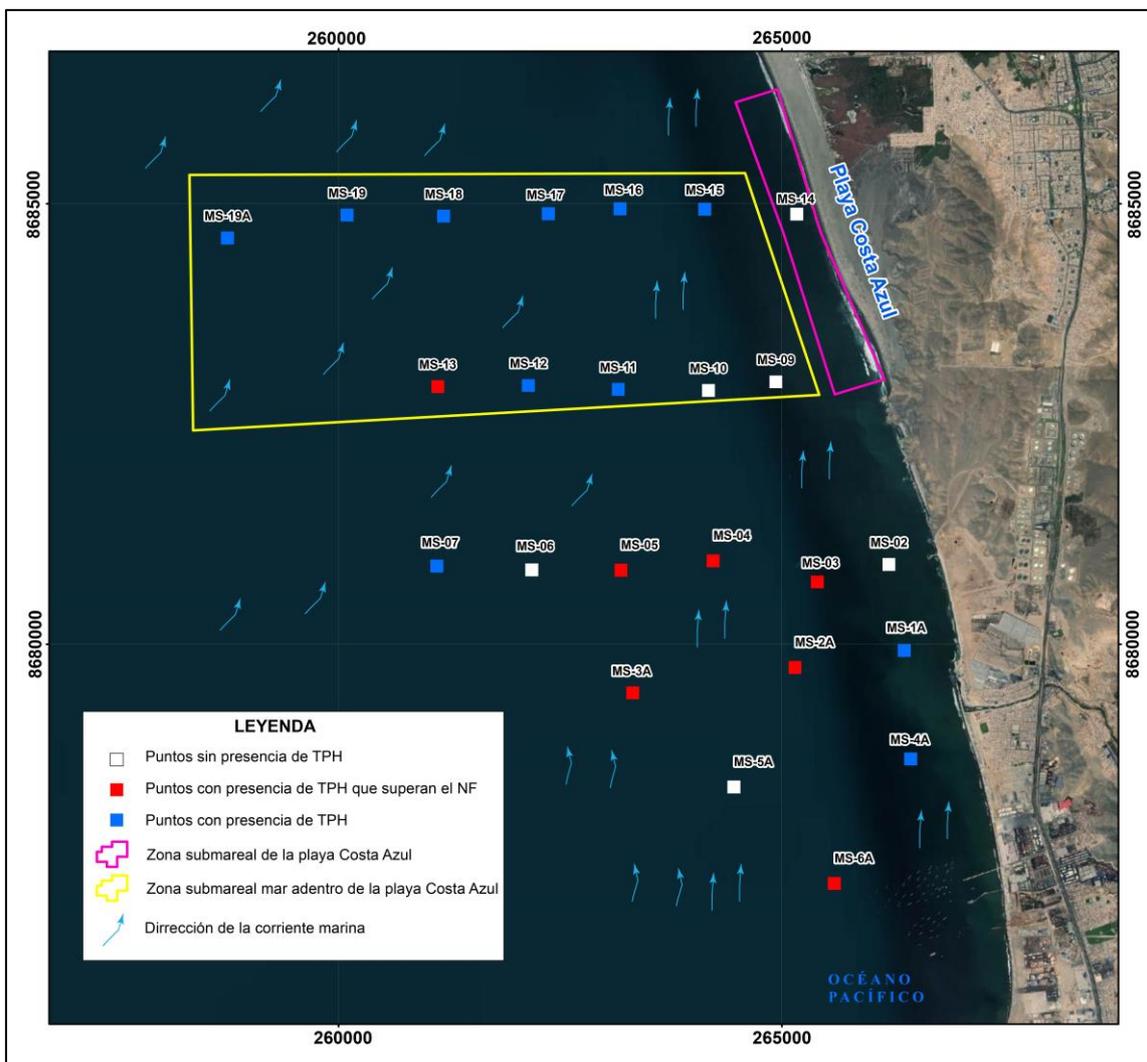


Figura 8.6. Presencia de TPH (C₆-C₄₀) en sedimento en los puntos de muestreo submareal.

Asimismo, de los resultados obtenidos de los 30 metales en la zona submareal de la playa Costa Azul, solo se acentuó la comparación del cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio con los NF y NR debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación en función de la caracterización del crudo³¹ por parte del administrado, en donde solo se consideró el níquel y vanadio por ser los parámetros que presentó mayores concentraciones en la composición del crudo según lo detallado por Repsol; donde, de los resultados obtenidos solo vanadio superó los NF_V: 42,48 mg/kg, tal como se muestra en el ítem de Resultados.

La presencia de estos valores en la zona submareal de la playa Costa Azul se debería al sistema de corrientes la cual es de sur a norte, en tanto que, el transporte y la morfología de los sedimentos en el fondo marino están influenciados principalmente por la hidrodinámica, es decir, la dirección de las corrientes marinas de fondo que presentan orientaciones

31 Según la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).



predominantemente de sur a norte con sedimentos que presentan mayor porcentaje de arena asociados a menores distancias y profundidades de la franja costera (Selley, 2000).

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental intermareal y submareal para la verificación de la limpieza en el agua de mar, arena de playa y sedimento de la playa Los Costa Azul, afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, se determinó en base de los indicadores planteados por el OEFA, se determina que no se han cumplido con las acciones de primera de respuesta en la Playa Costa Azul asociado al segmento C-01-A hasta C-02-B.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en zona intermareal determinó que en los 8 puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario», y referencialmente con «Categorías 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Para Metales totales, 31 metales excepto boro presentaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA Agua Cat.1 B1, y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3. El boro superó el ECA Cat.1 B1 y Cat. 2 B2 (0,5 mg/L y 5 mg/L) en los 8 y puntos 2 puntos de muestreo respectivamente, cuya presencia no tendría una relación con la actividad evaluada.
- La evaluación de la calidad del sedimento en la zona intermareal (arena de playa) determinó presencia de TPH (C6-C40) en 5 de los 24 puntos muestreados, registrando valores entre 341 a 57918 mg/kg; asimismo, estas concentraciones superan los valores de niveles de fondo (NF TPH <0,30 mg/kg) y niveles de referencia (NR TPH <0,30 mg/kg) registrados para esta evaluación. Por otro lado, en 3 de los 5 puntos de muestreo se registran presencia para 12 especies de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs): Antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno, y cuyas concentraciones son superiores a los NF y NR establecidos.
- Los metales totales en sedimento intermareal superaron los NF y NR de 8 metales (cadmio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su posible relación con la composición del crudo derramado; del cual no se identificó relación en los puntos de muestreo donde el TPH superó los NF.
- La evaluación de la calidad del agua de mar ambiente submareal determinó que en los 14 puntos de muestreo no registra valores que superen los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2



subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» y referencialmente la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales.

- La evaluación de la calidad del sedimento marino en la zona submareal determinó que el punto evaluado presentó una predominancia de arena, en donde los parámetros evaluados cumplieron con los Niveles de Fondo (73,62 mg/kg) y Niveles de Referencia (172,6 mg/kg) para Hidrocarburos Totales del Petróleo. Por otro lado, los resultados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) presentaron 3 de los 17 compuestos analizados que superaron los Niveles de Fondo (< 0,005 mg/kg) y Niveles de Referencia (< 0,005 mg/kg).
- Los metales totales superaron el NF y NR establecidos para 29 metales, y en 4 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; sin embargo, no se identificó ninguna relación con respecto a puntos de muestreo con presencia TPH que superan los NFTP y NRTPH, y estaría relacionado a otras fuentes como los efluentes domésticos que ingresan al mar en la zona norte de la playa o la geología de la zona.
- La población de *Emerita analoga* en el ambiente intermareal de la playa Costa Azul presentó alteraciones negativas en algunos de sus parámetros poblacionales, tales como la distribución batimétrica de la abundancia, biomasa y distribución de tallas, causado por la sinergia del evento de derrame de hidrocarburos y las actividades de limpieza desarrolladas en la zona.
- El ambiente submareal frente a la playa Costa Azul, no refleja condiciones de perturbación sobre la comunidad de megabentos evaluado en puntos de la zona.

10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas

11. BIBLIOGRAFÍA

Barron M., T. Podrabsky, R. S. Ogle, J. E. Dugan & R. W. Flicker. (1999). Sensitivity of the Sand Crab *Emerita analoga* to a Weathered Oil. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 62:469-475.

Cubit J (1969) Behavior and physical factors causing migration and aggregation of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson). Ecology 50:118-123.

Ibanez-Erquiaga B, Pacheco AS, Rivadeneira MM, Tejada CL. 2018. Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5° S Southeast Pacific). PLOS ONE 13:e0208244 DOI 10.1371/journal.pone.0208244.



Moreno RA, Labra FA, Cotoras DD, Camus PA, Gutiérrez D, Aguirre L, Rozbaczylo N, Poulin E, Lagos NA, Zamorano D, Rivadeneira MM. (2021). Evolutionary drivers of the hump-shaped latitudinal gradient of benthic polychaete species richness along the Southeastern Pacific coast. PeerJ 9:e12010 DOI 10.7717/peerj.12010

Noriega, C, (2018). Nuestro mar de cada día. Óptimas condiciones oceanográficas y actividades sostenibles. Cultura, 2018, 32, 189-210. Recuperado de <https://doi.org/10.24265/cultura.2018.v32.09>.

Osorio, C., N. Bahamonde & M.T. López. (1967). El limache *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. Bol. Mus. Nac. de Hist.Nat., Chile, 29(6): 61-116.

Reible, D. (2014) Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments. Springer, 496 p.

Sánchez G. (1988). Algunos aspectos bio-icologicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.

Selley, R. (2000). Applied Sedimentology. (Academic Press) (2nd ed.)

Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience 57(7):573–583 DOI 10.1641/B570707.

Tarazona J., Paredes C., Igreda M., (1986). Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. Revista de ciencias de U.N.M.SM. Vol. 94, N° 1. Pp 103 -116.