

---

**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 CHACRA Y MAR**

---

**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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Profesionales que aportaron a este documento:



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1. Objetivo general .....	4
4. ÁREA DE ESTUDIO .....	4
5. MODELO CONCEPTUAL .....	5
6. METODOLOGÍA.....	6
6.1. Guías utilizadas para la evaluación .....	6
6.2. Ubicación de puntos de muestreo .....	8
6.3. Parámetros y métodos de análisis.....	13
6.4. Equipos utilizados .....	14
6.5. Procesamiento de datos .....	15
6.6. Criterios de evaluación.....	15
7. RESULTADOS.....	19
7.1. Agua superficial de mar .....	19
7.2. Sedimento (arena de playa).....	21
7.3. Hidrobiología .....	26
7.3.1. Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> .....	26
7.3.2. Análisis comunitario.....	28
8. DISCUSIÓN .....	29
9. CONCLUSIONES.....	45
10. RECOMENDACIONES.....	47
11. BIBLIOGRAFÍA .....	47



## 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 de mar en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	10
Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	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 Chacra y Mar .....	12
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) .....	12
Tabla 6.4. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos (arena de playa) e hidrobiología .....	13
Tabla 6.5. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo .....	16
Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	19
Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	24
Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	25
Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado - Refinería La Pampilla .....	38
Tabla 9.1. Resumen de resultados obtenidos .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	6
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	8
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	9
Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología a nivel intermareal en la playa Chacra y Mar.....	10
Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C <sub>6</sub> -C <sub>40</sub> ) en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, comparadas con el NF <sub>TPH</sub> 21	21
Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F <sub>2</sub> en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	22
Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F <sub>3</sub> en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	22
Figura 7.4. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Chacra y Mar .....	26
Figura 7.5. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Chacra y Mar .....	27
Figura 7.6. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Chacra y Mar .....	27



Figura 7.7. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Chacra y Mar .....	28
Figura 7.8. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Chacra y Mar.....	28
Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	30
Figura 8.2. Vista del muestreo de sedimento con restos de hidrocarburos de petróleo (coloración oscura observada organolépticamente) en el punto CHM-SD-16 (en c), con gotículas de hidrocarburos de petróleo en los puntos CHM-SD-10 (en a) y CHM-SD-11 (en b), y con presencia de gotas y grumos de hidrocarburos de petróleo entremezcladas en el punto CHM-SD-19 (en d). .....	32
Figura 8.3. Distribución de TPH (C <sub>6</sub> -C <sub>40</sub> ) en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo y el alcance aproximado .....	33
Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	34
Figura 8.5. Relación de fracciones F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> y F <sub>3</sub> reportadas en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.....	35
Figura 8.6. Resultados de las concentraciones de TPH <sub>(C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>)</sub> en sedimento intermareal en las EAF, EAS, acciones de la DSEM y la presente EAC en la playa Chacra y Mar .....	36
Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo .....	37
Figura 8.8. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en playa Chacra y Mar comparado con los puntos de las playas blanco .....	39
Figura 8.9. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco.....	40
Figura 8.10. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto de muestreo de playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco .....	41
Figura 8.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado de playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco.....	42
Figura 8.12. Se evidencia presencia de hidrocarburos en forma de gotículas, asimismo los organismos de <i>E. analoga</i> varados muy cerca de la línea de acarreo.....	42
Figura 8.13. A la izquierda trabajos de colecta y tamizado de las muestras. A la derecha presencia de hidrocarburos adheridos a la malla tamiz .....	43
Figura 8.14. Comparación de la riqueza de especies por grupo taxonómico de playa Chacra y Mar comparado con los puntos blanco .....	44
Figura 8.15. Comparación de la abundancia promedio de invertebrados bentónicos en la franja mediolitoral de la orilla rocosa.....	45
Figura 8.16. Dendograma de clasificación para la composición de especies en playa Chacra y Mar (CHM-HB-R1), y sitios blancos (BrSP-1, BrE-1), los cuadrados rojos indican las agrupaciones al 75 % de similitud según el índice de Bray – Curtis .....	45



## 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*<sup>1</sup>, 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 ambiental<sup>2</sup> 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 resolución<sup>2</sup>, 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, en su Anexo 2 dicta la ejecución del 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, en cuyo Eje 1: Calidad Ambiental se incluye al OEFA y a otras instituciones como la Dirección General de Capitanías y Guardacostas – Dicapi, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin y la Presidencia del Consejo de Ministros – PCM como responsables de la fiscalización y supervisión.

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.º 00299-2022-OEFA/DSEM del 25 de febrero de 2022 y el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM del 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.º 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022.

<sup>1</sup> Buque de bandera italiana.

<sup>2</sup> Resolución Ministerial N.º 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.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

La verificación de limpieza de playas (como Acciones de Primera Respuesta)<sup>3</sup>, fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)<sup>4</sup> que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66<sup>5</sup> del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos - RPAAH, aprobado por Decreto Supremo N.º 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.3<sup>6</sup>, 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 el 10 y 18 de junio de 2022, donde el presente documento forma parte del informe de evaluación ambiental de causalidad en la playa Chacra y Mar (en adelante, informe de EAC en la playa Chacra y Mar), que tuvo como objetivo verificar la limpieza de la zona marino-costera de la playa Chacra y Mar, y complementariamente la playa Pasamayo. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal del agua superficial de mar, sedimento<sup>7</sup> (arena de playa) y el estado de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita analoga* (muy-muy), consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente, los niveles de fondo (NF) y

<sup>3</sup> El Decreto Supremo N° 039-2014-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, en el Artículo N.º 66, dicta como Acciones de Primera Respuesta las siguientes acciones: «Control de fuente, Aseguramiento del área y contención, Recuperación superficial y disposición final del contaminante, Limpieza del área afectada por el contaminante, Disposición final de los residuos generados en las acciones anteriores, Acciones de rescate de fauna silvestre, Otras acciones que señale el Plan de Contingencia, a fin de minimizar la implicancia ambiental del siniestro o emergencia ambiental.»

<sup>4</sup> 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 fiscalización ambiental. Se desarrolla a partir de la identificación de un indicio o evidencia de impacto ambiental negativo.»

<sup>5</sup> 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.»

<sup>6</sup> 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.»

<sup>7</sup> 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.»



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

niveles de referencia (NR)<sup>8</sup> 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, referida al derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*<sup>9</sup>, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, ubicado en el distrito 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 Focal<sup>10</sup> 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 Seguimiento<sup>11</sup> 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 Seguimiento<sup>12</sup>, realizada 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

<sup>8</sup> Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC. «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» (Anexo N.º 6 del informe de la EAC en playa Chacra y Mar).

<sup>9</sup> Buque de bandera italiana.

<sup>10</sup> INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. 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.

<sup>11</sup> REAS-035-2022-STEC. 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.

<sup>12</sup> REAS-036-2022-STEC. 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.



(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.º 00299-2022-OEFA/DSEM de 25 de febrero de 2022, el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM de 24 de marzo de 2022 y Memorando N.º 00658-2022-OEFA/DSEM de 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.º 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero de 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, carta RLP-GSCMA-155-2022, del 15 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-213-2022 del 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, carta RLP-GSCMA-423-2022 del 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-426-2022 del 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 06 de abril de 2022 y carta RLP-GSCMA-515-2022, del 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 Chacra y Mar.

En atención a lo solicitado, la Subdirección Técnica Científica realizó la presente evaluación ambiental para verificar la limpieza de la zona marino-costera y el estado de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita analoga* en la playa Chacra y Mar, y complementariamente la playa Pasamayo.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Realizar la evaluación ambiental (agua superficial de mar, arena de playa y el estado de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita analoga*) a nivel intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, a fin de verificar la ausencia de hidrocarburos, según la evaluación del administrado Refinería La Pampilla S.A.A., como parte de las acciones de primera respuesta por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero de 2022.

### 4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Chacra y Mar y playa Pasamayo se ubican en el distrito de Aucallama, provincia de Huaral y departamento de Lima. Pertenecen 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 de la playa Chacra y Mar, la cual tiene una extensión de 1,219 km desde su punto de inicio (E 258325, N 8712125) hasta su punto final (E 257491, N 8712980); mientras que, también, se llevó a cabo la evaluación ambiental en la zona marino-costera de la playa Pasamayo, que presenta una extensión de 1,811 km desde su punto inicial (E 257491, N 8712980) hasta su punto final (E 257292, N



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

8713120); tal como se visualiza en la Figura 4.1. Complementariamente, en la playa Pasamayo, se evaluaron 2 puntos de muestreo de agua superficial de mar y 5 puntos de sedimento (arena de playa).

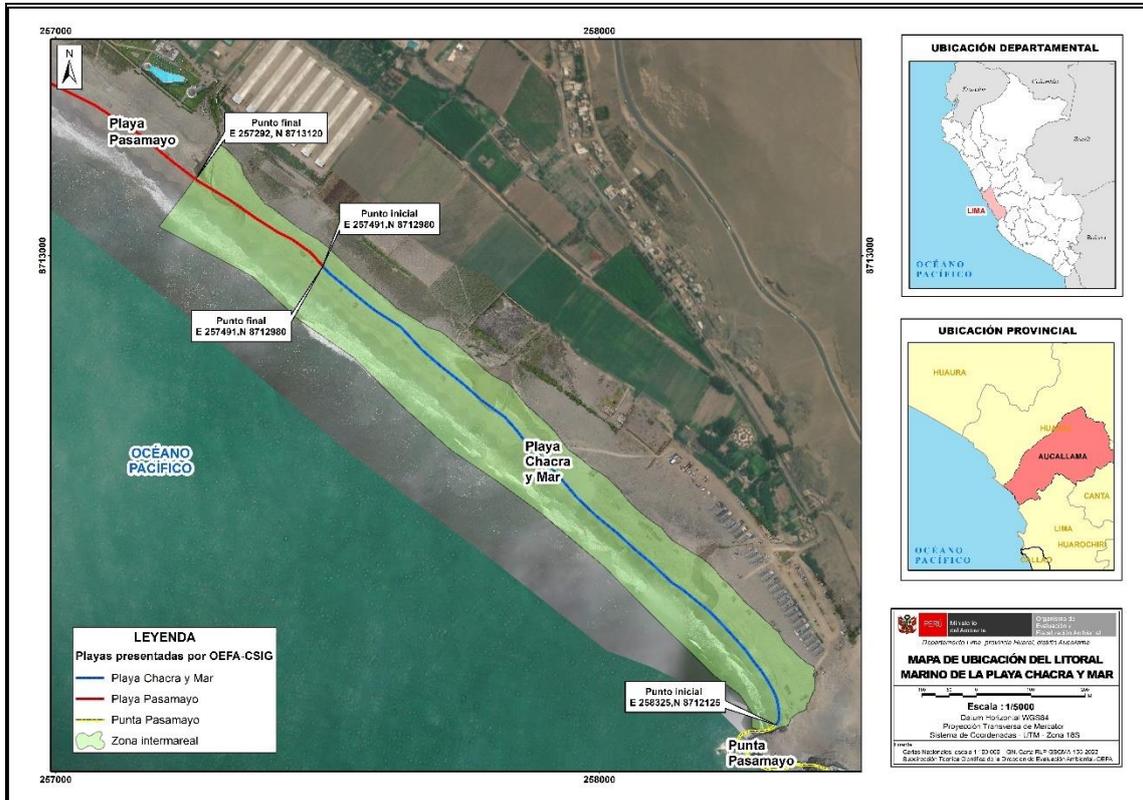
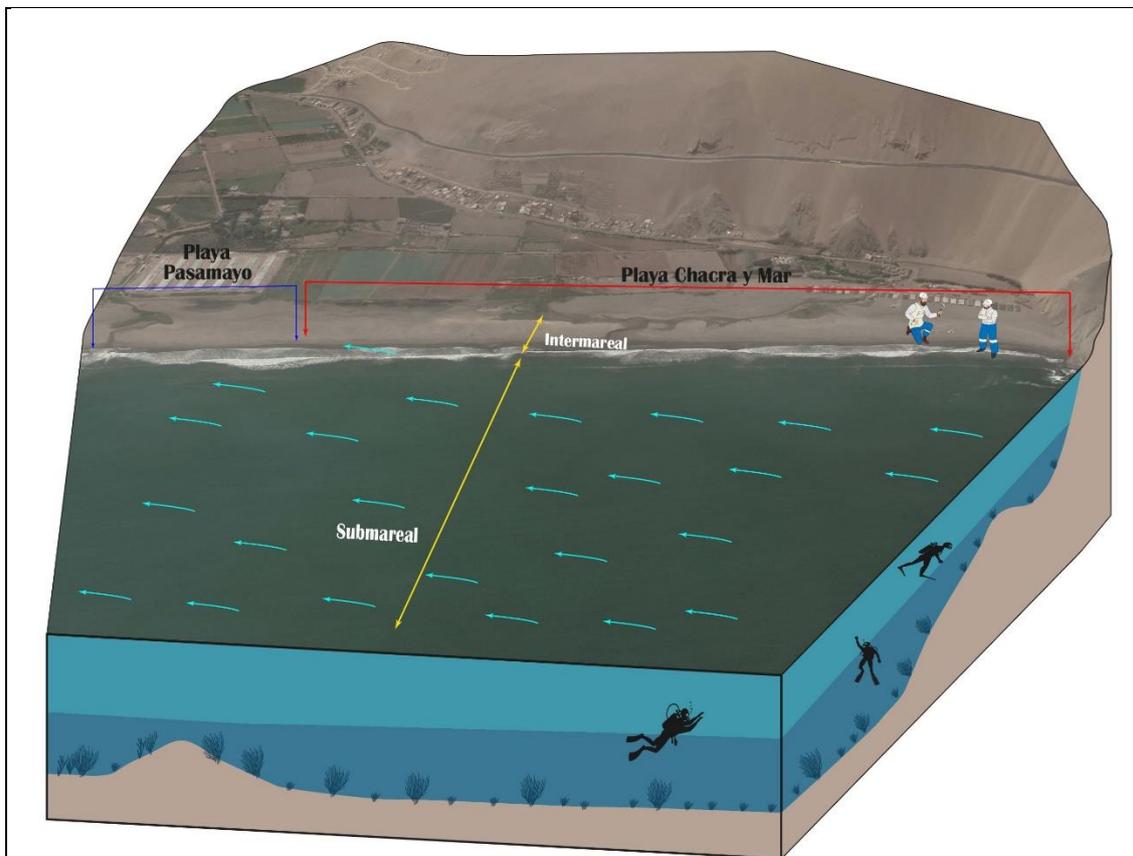


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo  
Fuente: CSIG-OEFA, 2022.

## 5. MODELO CONCEPTUAL

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

Se evaluó la línea litoral en la playa Chacra y Mar, y complementariamente en la playa Pasamayo, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa y rocosa). Los componentes físicos evaluados fueron agua superficial de mar y sedimento (arena de playa), mediante muestreos a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con muestreos sobre modelos de zonación en la zona intermareal.



**Figura 5.1.** Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

## 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 de mar, sedimento (arena de playa) y comunidades hidrobiológicas en la zona marino-costera de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.

### 6.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) y comunidades hidrobiológicas 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

**PERÚ**Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFADirección De Evaluación  
Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Sedimento (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 ( <i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i> )	Capítulo 4	No aplica	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	No aplica	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	<i>NOAA. Shoreline Assesment Manual 4ta Edition</i>	<i>5. Shoreline Assessment Process and Activities</i>	No aplica	<i>Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)</i>	Estados Unidos
Comunidades hidrobiológicas	<i>Standard Methods for the Examination of Water &amp; Wastewater</i>	<i>10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection</i>	No aplica	<i>American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (APHA/AWWA/WEF)</i>	Estados Unidos



### 6.2. Ubicación de puntos de muestreo

La calidad del agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar fue evaluada en un total de 5 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada de entre 160 m y 270 m entre un punto y otro, para la caracterización espacial del agua superficial de mar a nivel intermareal (Figura 6.1). Complementariamente se evaluó 2 puntos de muestreo en la playa Pasamayo.

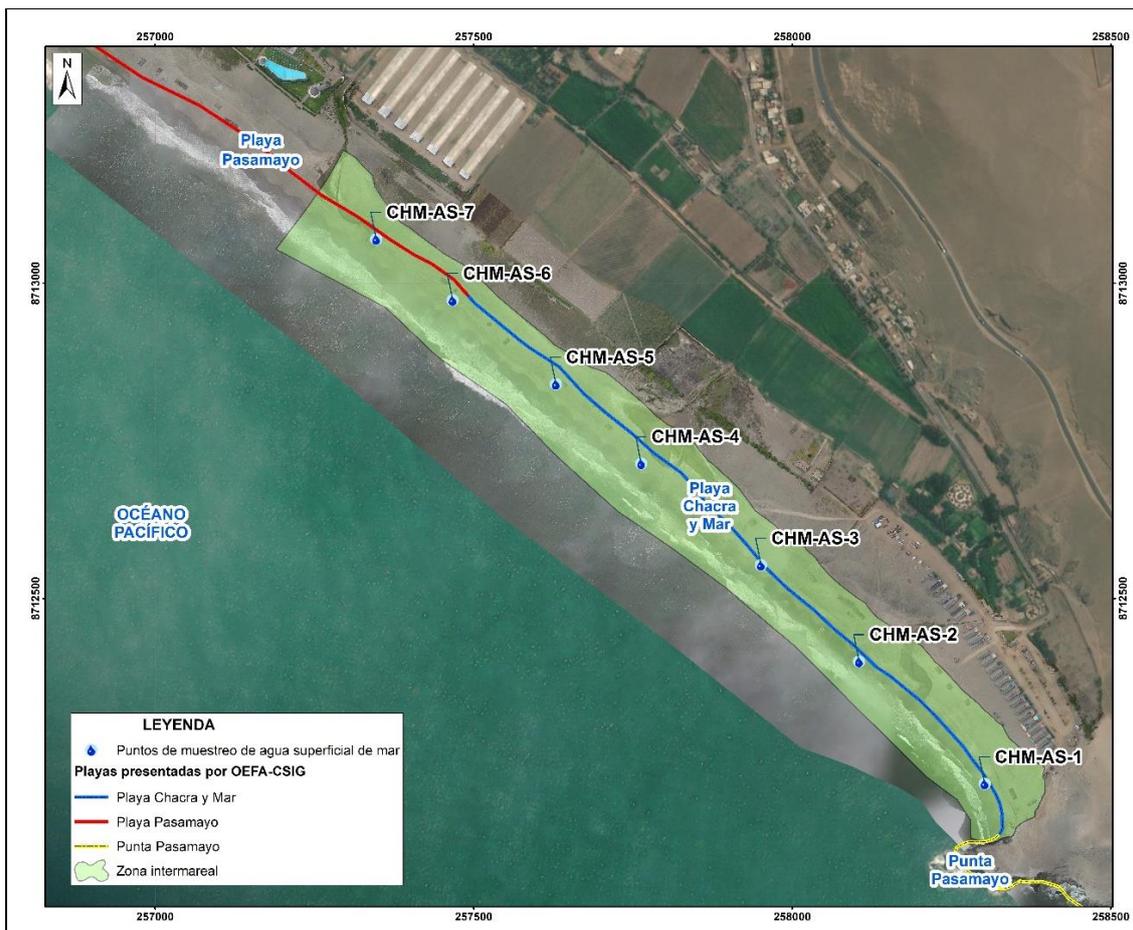


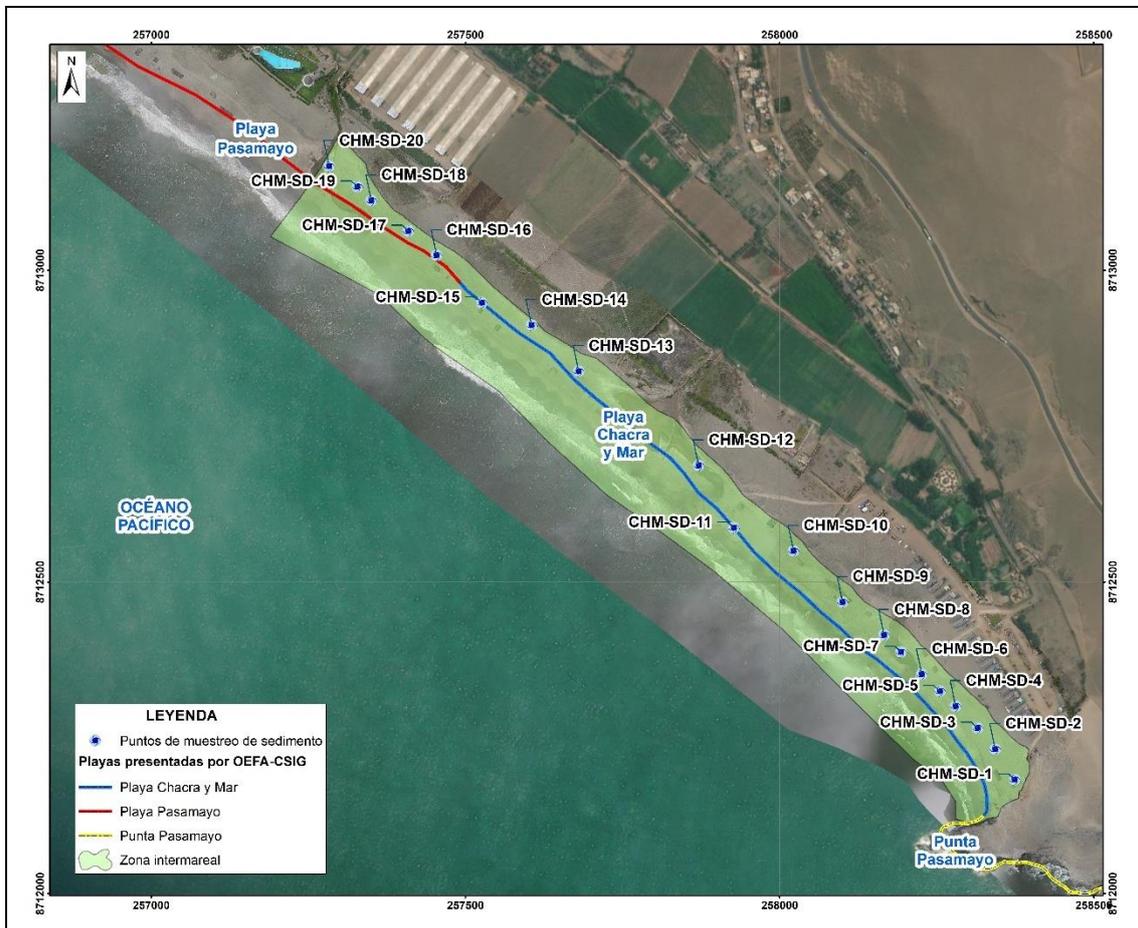
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

En la zona intermareal se muestrearon 15 puntos de sedimento (arena de playa) en la playa Chacra y Mar (ver Figura 6.2) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00123-2022-OEFA-DEAM-STEAC, a nivel superficial considerando una profundidad de 0 a 10 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F<sub>1</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>), fracción media F<sub>2</sub> (C<sub>10</sub>-C<sub>28</sub>) y fracción F<sub>3</sub> de cadena larga (C<sub>28</sub>-C<sub>40</sub>); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en 2 compósitos para caracterizar la playa.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

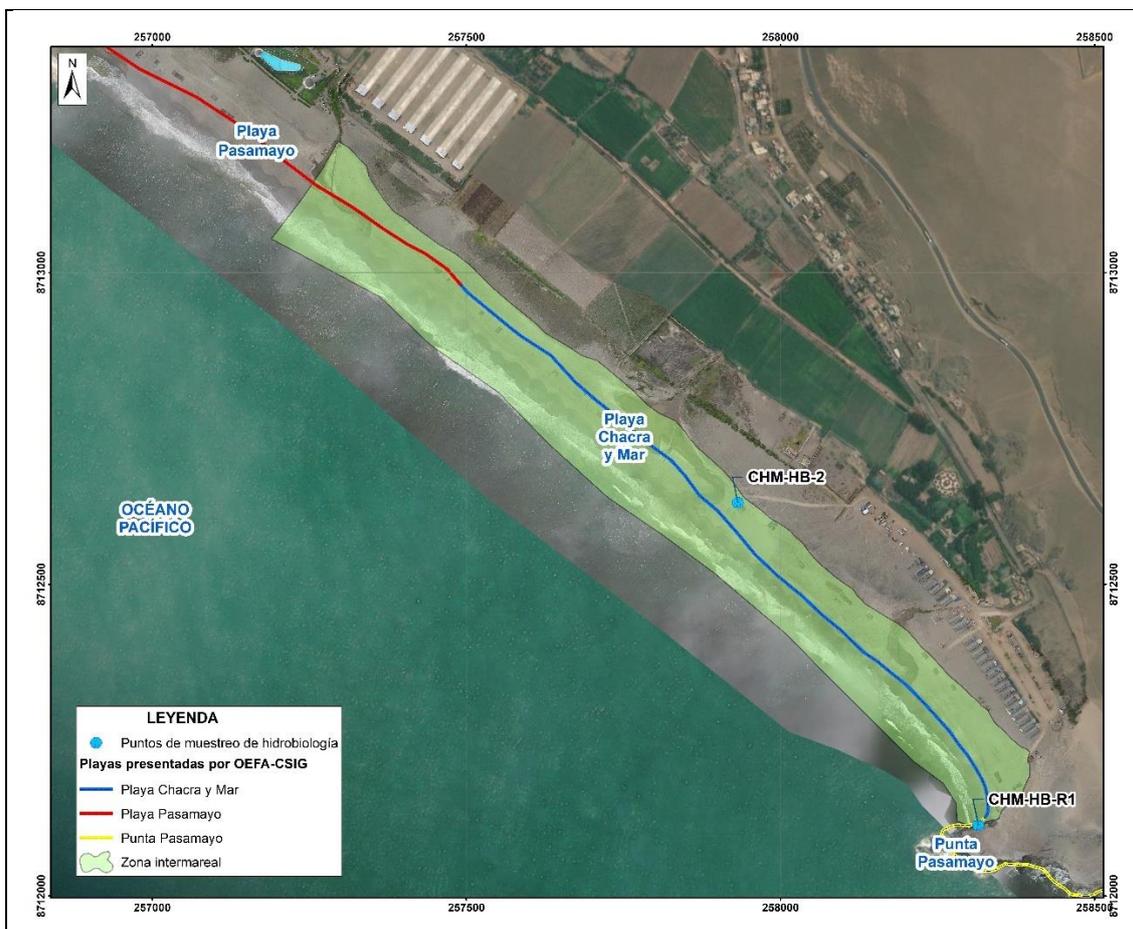
Complementariamente se evaluó 5 puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en la zona intermareal de la playa Pasamayo.



**Figura 6.2.** Puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 2 puntos en intermareal (una playa de arena y una de orilla rocosa), tal como se muestra en la Figura 6.3; donde esos puntos estuvieron ubicados en la playa Chacra y Mar. Asimismo, se evaluaron 4 puntos blancos ubicados en las playas Paraíso y Chica, la ubicación de los puntos blancos se muestra en el reporte de campo de playas blanco (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
 Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
 Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú



**Figura 6.3.** Puntos de muestreo de hidrobiología a nivel intermareal en la playa Chacra y Mar  
 Nota: El punto CHR-HB-1 aparentemente se ubica en punta Pasamayo, sin embargo, por estar en el límite con playa Chacra y Mar y por el margen de error del GPS usado para la toma de coordenadas UTM, se considera a este punto como parte de la playa Chacra y Mar.

En la Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en la zona intermareal de las playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.

**Tabla 6.2.** Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CHM-AS-1	258302	8712206	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 350 m al noroeste de la playa San Gaspar
2	CHM-AS-2	258105	8712400	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 270 m al noroeste del punto CMH-AS-1
3	CHM-AS-3	257951	8712553	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 220 m al noroeste del punto CMH-AS-2



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
4	CHM-AS-4	257763	8712714	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 250 m al noroeste del punto CMH-AS-3
5	CHM-AS-5	257629	8712840	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 180 m al noroeste del punto CMH-AS-4
6	CHM-AS-6*	257467	8712973	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 210 m al noroeste del punto CMH-AS-5
7	CHM-AS-7*	257347	8713070	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 160 m al noroeste del punto CMH-AS-6

\*: Punto de muestreo ubicado en la playa Pasamayo

**Tabla 6.3.** Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CHM-SD-1	258374	8712183	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 300 m al sur-sureste de <i>Eco Truly Park</i> .
2	CHM-SD-2	258343	8712232	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 240 m al sur de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 60 m al noroeste del punto CHM-SD-1.
3	CHM-SD-3	258315	8712266	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 210 m al sur-suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 40 m al noroeste del punto CHM-SD-2.
4	CHM-SD-4	258280	8712301	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 190 m al suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 50 m al noroeste del punto CHM-SD-3.
5	CHM-SD-5	258255	8712325	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 170 m al suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 30 m al noroeste del punto CHM-SD-4.
6	CHM-SD-6	258226	8712352	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 170 m al suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 40 m al noroeste del punto CHM-SD-5.
7	CHM-SD-7	258193	8712388	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 170 m al oeste-suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 50 m al noroeste del punto CHM-SD-6.
8	CHM-SD-8	258166	8712415	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 190 m al oeste-suroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 40 m al noroeste del punto CHM-SD-7.
9	CHM-SD-9	258100	8712468	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 240 m al oeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 80 m al noroeste del punto CHM-SD-8.
10	CHM-SD-10	258022	8712550	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 330 m al oeste-noroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 110 m al noroeste del punto CHM-SD-9.
11	CHM-SD-11	257927	8712587	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 370 m al noroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 100 m al noroeste del punto CHM-SD-10
12	CHM-SD-12	257871	8712687	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 420 m al noroeste de <i>Eco Truly Park</i> y aprox. a 110 m al noroeste del punto CHM-SD-11.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
13	CHM-SD-13	257680	8712838	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 630 m al noroeste de Eco Truly Park y aprox. a 240 m al noroeste del punto CHM-SD-12.
14	CHM-SD-14	257605	8712912	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 720 m al noroeste de Eco Truly Park y aprox. a 100 m al noroeste del punto CHM-SD-13.
15	CHM-SD-15	257526	8712948	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 820 m al noroeste de Eco Truly Park y aprox. a 90 m al noroeste del punto CHM-SD-14.
16	CHM-SD-16*	257454	8713024	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 470 m al suroeste de Aucallama Beach Club y aprox. a 100 m al noroeste del punto CHM-SD-15.
17	CHM-SD-17*	257409	8713063	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 430 m al suroeste de Aucallama Beach Club y aprox. a 60 m al noroeste del punto CHM-SD-16.
18	CHM-SD-18*	257350	8713112	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 350 m al suroeste de Aucallama Beach Club y aprox. a 80 m al noroeste del punto CHM-SD-17.
19	CHM-SD-19*	257328	8713134	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 320 m al suroeste de Aucallama Beach Club y aprox. a 30 m al noroeste del punto CHM-SD-18.
20	CHM-SD-20*	257283	8713167	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aprox. a 270 m al suroeste de Aucallama Beach Club y aprox. a 60 m al noroeste del punto CHM-SD-19.

\*: Punto de muestreo ubicado en la playa Pasamayo

En la Tabla 6.4 y 6.5 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la playa Chacra y Mar y de los puntos blancos (Paraíso y Chica), respectivamente.

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CHM-HB-2	257932	8712631	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 650 m al noroeste del punto CHM-HB-R1.
2	CHM-HB-R1*	258315	8712114	0	Ubicado en la playa Chacra y Mar, aproximadamente a 280 m al noroeste de la playa San Gaspar.

\*: El punto CHR-HB-1 aparentemente se ubica en punta Pasamayo, sin embargo, por estar en el límite con playa Chacra y Mar y por el margen de error del GPS usado para la toma de coordenadas UTM, se considera a este punto como parte de la playa Chacra y Mar.

**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 WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	BP-1	213443	8758705	0	Ubicado en la playa Paraíso, aproximadamente a 2 km al oeste del humedal Paraíso.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
2	BrE-1	213900	8758875	0	Ubicado en la playa Paraíso, aproximadamente a 0,49 km al este del punto BP-1 y 1,5 km del humedal Paraíso.
3	BrSP-1	213952	8758835	0	Ubicado en la playa Paraíso, aproximadamente a 60 m al sureste del punto BrE-1.
4	BSP-1*	215988	8765594	0	Ubicado en playa Chica, a 1,4 km al norte del extremo norte del humedal Paraíso.

\*Para la cadena de custodia (Anexo N.º 4) donde se indica el análisis granulométrico para las muestras compuestas tomadas en el punto de muestreo BSP-1, existió un error material donde dice: BSP y debe decir: BSP-1.

### 6.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.4 se presentan los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.

**Tabla 6.6.** Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos (arena de playa) e hidrobiología

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua superficial de mar – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C <sub>6</sub> -C <sub>40</sub> )	7	EPA Method 8015C, Rev.3. 2007.	ALAB E.I.R.L.
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	7	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenaftileno, 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	7	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	
		Aceites y grasas	7	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)	7	EPA Method 200.8 Revision 5.4, 1994 / VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	7	EPA Method 8015C Rev. 3, 2007 / EPA Method 5021A Rev. 2, 2014.	
Sedimento	Arena de playa – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	20	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ Perú 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	20	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)	20	EPA Method 3050 B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B. Rev.2 (2014) VAL	
		Análisis granulométrico	2	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	
Hidrobiología	Hidrobiología – Zona Intermareal	Macrobenetos (macroinvertebrados bentónicos)	1	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
		Análisis poblacional de <i>Emerita analog</i> (muy muy)	1		

Fuente: Informes de ensayo (Anexo N.º 4 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar)

**Agua Superficial de mar:**

Informes de ensayo: IE-22-9585 e IE-22-9586 emitidos por ALAB E.I.R.L.

**Sedimento:**

Informes de ensayo: SAA-22/00692, SAA-22/00708, SAA-22/00719, SAA-22/00720, SAA-22/00722 emitidos por AGQ Perú S.A.C. /

Informes de ensayo: 42721/2022 emitido por ALS LS Perú S.A.C.

**Hidrobiología**

Informes de ensayo: 253-2022-OEFA/OTEC, 254-2022-OEFA/OTEC, 257-2022-OEFA/OTEC, 271-2022-OEFA/OTEC, 272-2022-OEFA/OTEC, 273-2022-OEFA/OTEC.

#### 6.4. 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-076-2022-STECC y RC-086-2022-STECC.



## 6.5. Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de agua superficial de mar y sedimento intermareal (arena de playa) se detallan en el Anexo N.º 5: Resultados de laboratorio sistematizados del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar, estos fueron digitalizados y sistematizados en una base de datos, consignando la información recogida por cada punto de muestreo. Los valores de los parámetros evaluados se compararon e identificaron 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).

Se realizó un análisis exploratorio y estructural de los datos de manera que se identificaron los valores extremos de las concentraciones, la distribución normal de las concentraciones o su normalización mediante transformaciones (logarítmicas, box-cox, entre otras), la evaluación de la distribución de las variables y su posible correlación<sup>13</sup>.

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 con los puntos muestreados en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo. Esta interpolación fue realizada con fines de visualización de las concentraciones de hidrocarburos en la playa en mención.

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 con 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, se elaboraron figuras de abundancias de individuos en cada punto de muestreo, considerando las réplicas correspondientes para cada punto. La evaluación comunitaria del macrobentos se realizó sobre los hábitats intermareales del tipo de orilla rocosa, específicamente sobre la franja mediolitoral definida según el esquema de zonación de orilla rocosa propuesto para el departamento de Lima (Paredes, 1974).

## 6.6. Criterios de evaluación

La clasificación de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino–costero» aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA corresponde a la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Aguas destinadas para recreación - Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1). Por lo tanto, los resultados obtenidos de agua superficial de mar en la zona intermareal se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua vigentes, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua (2017)).

<sup>13</sup> Giraldo-Henao, R. 2002. Introducción a la geoestadística teórica y aplicada. Bogotá: Departamento estadística universidad nacional.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Referencialmente, se emplearon los ECA de la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» (en adelante Cat.2 C2) y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat.4 E3) para comparar los resultados de parámetros de interés<sup>14</sup> que la categoría Cat.1 B1 no incluía (ver Tabla 6.10).

Los resultados del análisis de sedimentos se compararon con los valores de nivel de fondo de Hidrocarburos Totales de Petróleo, fracciones F1, F2 y F3, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) que fueron establecidos en zonas «blanco»: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distrito Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STE, con asunto «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», aprobado el 09 de mayo de 2022.

En la Tabla 6.5 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento (arena de playa).

**Tabla 6.7.** Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo

Componente	Parámetro		Unidad	ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Nivel de Fondo
				Subcategoría B: Aguas Superficiales destinadas para recreación	
				B1: Contacto Primario	
				Zona Intermareal	
Agua superficial de mar	Aceites y grasas		mg/L	Ausencia	-
	TPH		mg/L	0,5**	-
	TPH (Fracción aromática)		mg/L	0,007*	-
	BTEX	Benceno	mg/L	0,05**	-
	PAH	Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001**	-
		Antraceno	mg/L	0,0004**	-
		Fluoranteno	mg/L	0,001**	-
	Metales Totales	Níquel	mg/L	0,1	-
Vanadio		mg/L	0,1	-	
Sedimento	TPH (C <sub>6</sub> -C <sub>40</sub> )		mg/kg PS	-	<0,30
	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs)	Acenafteno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Acenaftileno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo(a)antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005

<sup>14</sup> 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; información remitida por la DSEM del OEFA.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Nivel de Fondo
			Subcategoría B: Aguas Superficiales destinadas para recreación	
			B1: Contacto Primario	
			Zona Intermareal	
	Benzo(a)pireno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Benzo(b)fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Benzo(e)pireno	mg/kg PS	-	< 0,030
	Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Benzo(k)fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Criseno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg PS	-	< 0,0040
	Fenantreno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Fluoreno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Naftaleno	mg/kg PS	-	< 0,003
	Pireno	mg/kg PS	-	< 0,005
	Aluminio	mg/kg PS	-	7543
	Antimonio	mg/kg PS	-	0,06
	Arsénico	mg/kg PS	-	7,09
	Bario	mg/kg PS	-	15,8
	Berilio	mg/kg PS	-	0,21
	Boro	mg/kg PS	-	6,2
	Cadmio	mg/kg PS	-	0,11
	Calcio	mg/kg PS	-	14236
	Cobalto	mg/kg PS	-	3,71
	Cobre	mg/kg PS	-	7,91
	Cromo	mg/kg PS	-	8,64
	Estaño	mg/kg PS	-	1,03
	Estroncio	mg/kg PS	-	54,77
	Fósforo	mg/kg PS	-	1159
	Hierro	mg/kg PS	-	12403
	Litio	mg/kg PS	-	9,14
	Magnesio	mg/kg PS	-	4451
	Manganeso	mg/kg PS	-	185,5
	Mercurio	mg/kg PS	-	-
	Molibdeno	mg/kg PS	-	0,28
	Níquel	mg/kg PS	-	3,64
	Plomo	mg/kg PS	-	7,56
	Potasio	mg/kg PS	-	1007
	Selenio	mg/kg PS	-	1,79
	Sodio	mg/kg PS	-	2081



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Nivel de Fondo
			Subcategoría B: Aguas Superficiales destinadas para recreación	
			B1: Contacto Primario	
			Zona Intermareal	
	Talio	mg/kg PS	-	0,04
	Titanio	mg/kg PS	-	507,7
	Vanadio	mg/kg PS	-	33,01
	Zinc	mg/kg PS	-	35,23

- No aplica

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

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

La evaluación hidrobiológica en el ambiente intermareal consideró a la comunidad de macrobentos y a la población de *Emerita analoga*. Se eligió a *E. analoga* por ser una especie de distribución continua en las playas de la costa central de Perú y por ser una de las especies dominantes de las playas de arena en el departamento de Lima (Tarazona et al., 1986); asimismo, los individuos de esta especie son consideradas como receptores ecológicos potencialmente muy importantes para la exposición a contaminantes en muchas áreas costeras (Barron et al., 1999).

Los resultados obtenidos en la playa Chacra y Mar fueron comparados con los obtenidos en los puntos de muestreo de las zonas blanco ubicados al norte, en la playa Paraiso y playa Chica (distrito Huacho, provincia Huaura, departamento 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 con 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, de manera que en el caso de las playas blanco Paraiso y Chica, sus ubicaciones distantes al evento del derrame las hacen adecuadas (libres de hidrocarburos) para hacer las comparaciones respectivas con las playas verificadas. 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; Sánchez, 1988; Ibanez-Erquiaga et al., 2018).

Finalmente, se tomaron muestras 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 muestreos de calidad de agua superficial de mar y de sedimento (arena de playa), en la zona intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo realizada el 10 de junio de 2022. También se presentan los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita analoga*, en la zona intermareal realizada el 18 de junio de 2022.

### 7.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros fisicoquímicos en el agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar.

#### Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, los valores de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,60 unidades de pH y 7,75 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 7,73 mg/L mayor a 5 mg/L establecido por el ECA en mención. La conductividad eléctrica estuvo entre 51,8 mS/cm y 52,6 mS/cm.

**Tabla 7.1.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Parámetros			
		Fecha	Hora	Temperatura (°C)	pH (unidad de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (mS/cm)
Playa Chacra y Mar							
1	CHM-AS-1	10/06/2022	08:40	15,40	7,65	7,72	52,3
2	CHM-AS-2	10/06/2022	09:15	15,20	7,61	7,94	52,6
3	CHM-AS-3	10/06/2022	10:00	15,40	7,65	7,87	52,3
4	CHM-AS-4	10/06/2022	10:45	15,20	7,60	7,64	52,0
5	CHM-AS-5	10/06/2022	11:20	15,60	7,72	7,63	51,8
Playa Pasamayo							
6	CHM-AS-6	10/06/2022	12:05	15,50	7,75	7,63	51,8
7	CHM-AS-7	10/06/2022	13:05	15,60	7,67	7,70	52,1
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat.1 B1	-	6,0 – 9,0	≥ 5	-

Fuente: RC-076-2022-STEC (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar)

#### Parámetros fisicoquímicos

##### Aceites y grasas

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua de mar de la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. <0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (ausencia de película visible).



### **Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>)**

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>. En la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo 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).

### **BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)**

El análisis de BTEX (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno, xilenos y tolueno) en agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. <0,0050 (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno y tolueno) y L.C.M. <0,0089 (xilenos) en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.4 E3 para Benceno (0,05 mg/L), único parámetro del grupo de BTEX que contempla dicha categoría.

### **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)**

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)<sup>15</sup> en agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, en los que se registraron valores 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 con la Cat.4 E3, aplicada de manera referencial, 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 en mención.

### **Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)**

Los resultados de fracción aromática de los hidrocarburos totales del petróleo en agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo fueron menores al límite de cuantificación <0,001800 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.2 C2 (0,007 mg/L).

### **Metales totales**

Se analizaron los valores de 32 metales totales en los 7 puntos de muestreo, en los cuales ninguno superó los ECA para agua (2017) Cat.1 B1; excepto el boro que superó la norma mencionada en todos los puntos evaluados. Entre los metales analizados se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA para agua (2017), debido a considerarse

<sup>15</sup> 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), Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno y Pireno.

parámetros de interés<sup>16</sup> para la evaluación.

La concentración de níquel (Ni) y vanadio (V) en las muestras colectadas de agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, 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 los ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1 (Ni: 0,02 mg/L y V: 0,1 mg/L respectivamente).

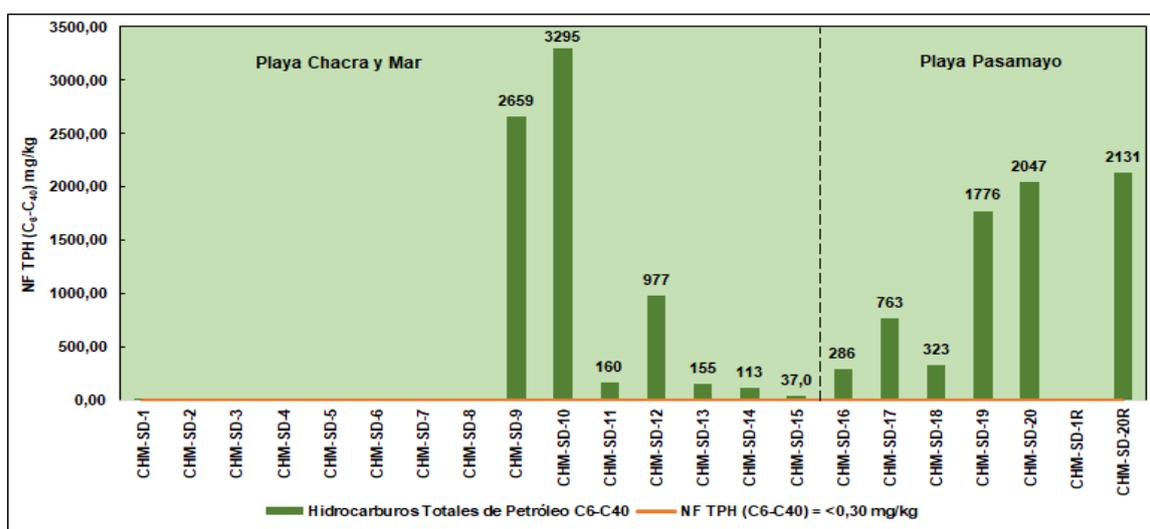
Los resultados analíticos de todos los parámetros de las muestras colectadas de agua superficial de mar de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, se encuentran en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar.

## 7.2. Sedimento (arena de playa)

### Parámetros fisicoquímicos

#### Hidrocarburos totales del petróleo – TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>)

La determinación analítica en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa), reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en 7 puntos de muestreo (del CHM-SD-9 al CHM-SD-15), ubicados en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y al noroeste de *Eco Truly Park*, y en 5 puntos de muestreo (del CHM-SD-16 al CHM-SD-20), ubicados en la zona intermareal de la playa Pasamayo y al suroeste de *Aucallama Beach Club*; además, en uno (CHM-SD-20R) de los 2 puntos de muestreo de réplica (playa Pasamayo). Por lo tanto, con concentraciones de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) superiores al nivel de fondo (NF<sub>TPH</sub>: <0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR<sub>TPH</sub>: <0,30 mg/kg), tal como se muestra en la Figura 7.1.



**Figura 7.1.** Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, comparadas con el NF<sub>TPH</sub>

<sup>16</sup> Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por Relapasaa, 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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

### Fracciones de hidrocarburos F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>

Se determinaron 3 fracciones de hidrocarburos: de cadena carbonada corta entre C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> en la fracción F<sub>1</sub>, de cadena carbonada entre C<sub>10</sub>-C<sub>28</sub> en la fracción F<sub>2</sub> y de cadena larga entre C<sub>28</sub>-C<sub>40</sub> como fracción F<sub>3</sub>.

La concentración de hidrocarburos de la fracción F<sub>1</sub> 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<sub>TPH</sub>: <0,30 mg/kg) y niveles de referencia (NR<sub>TPH</sub>: <0,30 mg/kg).

Las concentraciones de las fracciones F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> superaron los NF<sub>TPH</sub> (<0,50 mg/kg) y NR<sub>TPH</sub> (<0,50 mg/kg) en los puntos de muestreo del CHM-SD-9 al CHM-SD-15 (playa Chacra y Mar) y del CHM-SD-16 al CHM-SD-20 (playa Pasamayo), y en el punto de muestreo de réplica CHM-SD-20R (playa Pasamayo), tal como se muestran en las Figuras 7.2 y 7.3.

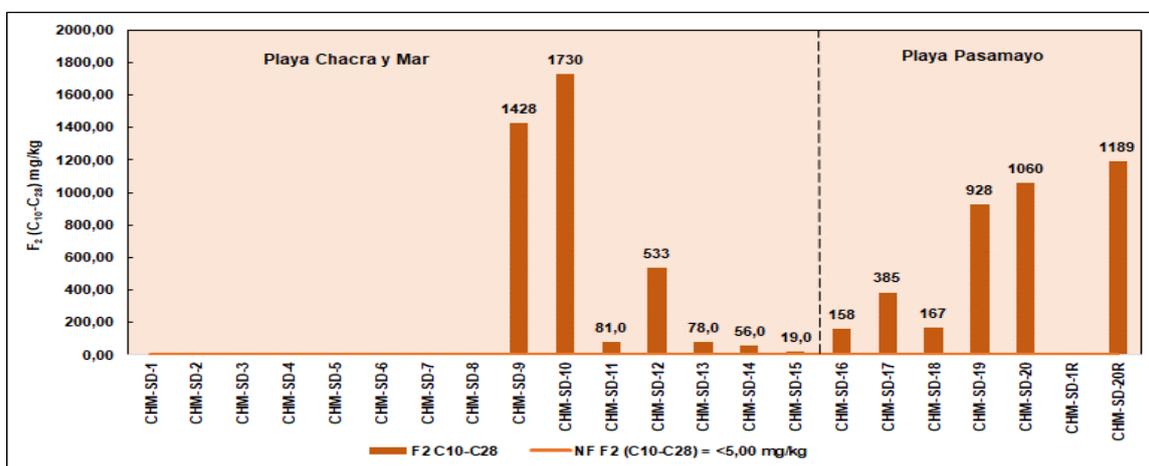


Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F<sub>2</sub> en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

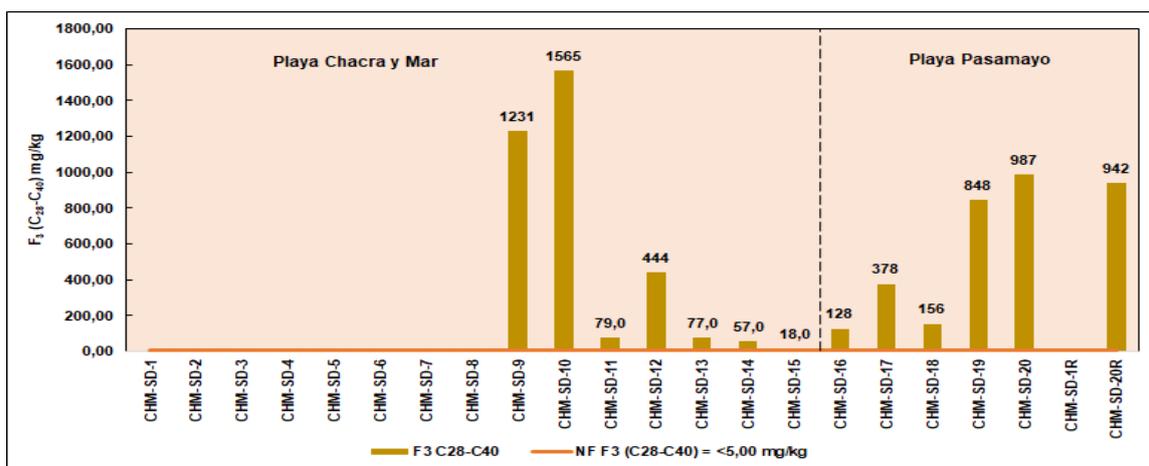


Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F<sub>3</sub> en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo



### **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)**

Se evaluaron las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), determinados en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa). Los puntos de muestreo del CHM-SD-9 al CHM-SD-15 (playa Chacra y Mar) y del CHM-SD-16 al CHM-SD-20 (playa Pasamayo) superaron los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio y a su vez superaron los NF y NR del Benzo(e)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno (CHM-SD-9 y CHM-SD-12), del Acenafteno, Benzo(e)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno y Pireno (CHM-SD-10), del Criseno, Fenantreno y Pireno (CHM-SD-11), del Criseno (CHM-SD-13), del Criseno y Fenantreno (CHM-SD-14), del Fenantreno (CHM-SD-15), del Benzo(b)fluoranteno, Criseno, Fenantreno, Fluoreno y Pireno (CHM-SD-16 y CHM-SD-18), del Benzo(e)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno (CHM-SD-17) y del Acenafteno, Benzo(e)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno (CHM-SD-19 y CHM-SD-20) . Los resultados se detallan en la Tabla 7.2.

**PERÚ**Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFADirección De Evaluación  
AmbientalDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú**Tabla 7.2.** Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

Parámetro	Unidad	Punto de muestreo												Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	Nivel de Referencia - NR (mg/kg)
		CHM-SD-9	CHM-SD-10	CHM-SD-11	CHM-SD-12	CHM-SD-13	CHM-SD-14	CHM-SD-15	CHM-SD-16	CHM-SD-17	CHM-SD-18	CHM-SD-19	CHM-SD-20		
		Playa Chacra y Mar						Playa Pasamayo							
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	0,037	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,020	0,020	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(a)antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(a)pireno	mg/kg PS	0,033	0,048	< 0,005	0,020	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,012	< 0,005	0,028	0,031	< 0,005	< 0,005
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg PS	0,078	0,106	< 0,005	0,033	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,010	0,027	0,011	0,064	0,072	< 0,005	< 0,005
Benzo(e)pireno	mg/kg PS	0,125	0,206	< 0,030	0,061	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,044	< 0,030	0,105	0,123	< 0,030	< 0,030
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,012	< 0,005	0,032	0,035	< 0,005	< 0,005
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	0,294	0,414	0,019	0,121	0,016	0,014	< 0,005	0,038	0,098	0,047	0,238	0,273	< 0,005	< 0,005
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,379	0,593	0,015	0,145	< 0,005	0,008	0,011	0,078	0,166	0,077	0,511	0,512	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	0,030	0,040	< 0,005	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,008	< 0,005	0,020	0,023	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	0,060	0,106	< 0,005	0,016	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,007	0,019	0,009	0,064	0,063	< 0,005	< 0,005
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	0,115	0,187	0,007	0,043	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,015	0,040	0,016	0,085	0,116	< 0,005	< 0,005

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



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

### Metales totales

Se determinó un total de 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, entre los cuales se incluyeron al cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, níquel, plomo, sodio 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 crudo<sup>17</sup> por parte del administrado.

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo<sup>17</sup> señalado. Del análisis, se reportó que los 20 puntos de muestreo evaluados (ubicados en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo), presentaron concentraciones de níquel superiores a los niveles de fondo y de referencia (NF<sub>Ni</sub>: 3,64 mg/kg y NR<sub>Ni</sub>: 4,39 mg/kg), y para el caso de vanadio, la totalidad de puntos evaluados (ubicados en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo), solo superaron el nivel de fondo (NF<sub>V</sub>: 33,01 mg/kg), tal como se observa en la Tabla 7.3.

**Tabla 7.3.** Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

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
<b>Playa Chacra y Mar</b>									
CHM-SD-1	0,17878	14032	11	1690	20231	5,46	9,334	1924	73
CHM-SD-2	0,18118	14536	11	1961	23050	5,80	9,701	1437	91
CHM-SD-3	0,19808	16244	13	2059	23072	6,27	9,893	1386	84
CHM-SD-4	0,17100	14082	12	1811	21513	5,43	8,859	1290	79
CHM-SD-5	0,22453	14775	11	2082	22700	5,50	9,706	1590	87
CHM-SD-6	0,18464	14728	12	1859	19714	5,69	9,296	1432	67
CHM-SD-7	0,18788	15001	12	2088	19265	5,50	8,641	1295	68
CHM-SD-8	0,19381	13833	11	1716	16617	5,00	8,012	1187	50
CHM-SD-9	0,16455	13647	12	1763	17822	5,19	8,636	1318	55
CHM-SD-10	0,11574	13583	11	1641	17263	5,35	8,705	1510	39
CHM-SD-11	0,14654	12931	11	1870	15177	5,16	7,865	1477	38
CHM-SD-12	0,21009	12375	11	1708	14236	4,93	7,374	1362	36
CHM-SD-13	0,13254	12409	12	1898	16208	5,13	8,917	1635	46
CHM-SD-14	0,15980	11484	12	1634	14844	4,93	8,092	1734	39
CHM-SD-15	0,17753	10981	11	1648	16531	4,61	9,695	1798	55
<b>Playa Pasamayo</b>									
CHM-SD-16	0,15799	12220	12	1967	18631	5,41	9,268	1737	60
CHM-SD-17	0,13224	11559	12	1614	14981	5,26	7,983	1954	39
CHM-SD-18	0,21128	11392	12	1702	14896	4,86	7,683	1980	39
CHM-SD-19	0,13708	10389	11	1600	15326	4,66	7,844	1809	46
CHM-SD-20	0,09987	9169	11	1214	14820	4,44	8,049	1727	45
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 o nivel de referencia de cada elemento

<sup>17</sup> Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por Relapasaa, 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).



### Granulometría

La granulométrica fue evaluada con 2 muestras compósitos (CHM-SD-COM1 y CHM-SD-COM2) para caracterizar la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena mayor al 95,4 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural arenosa en toda la playa, siendo arena fina en mayor proporción.

### 7.3. Hidrobiología

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del componente; asimismo, previamente se destaca lo obtenido respecto a granulometría en las playas blanco, donde el sustrato de playa tiene porcentajes de arena cercanos al 100 %, lo cual coincide con la playa evaluada Chacra y Mar, respecto a las concentraciones de TPH, en las playas blanco están por debajo del límite de cuantificación (<0,30 mg/kg) (Anexo N.º 4 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar), siendo así las playas blanco, adecuadas para la comparación con la playa Chacra y Mar.

#### 7.3.1. Análisis poblacional de *Emerita analoga*

##### A. Distribución batimétrica

La distribución de la abundancia de *Emerita analoga* en el punto CHM-HB-1, inició su distribución a los 15 m de distancia de la línea de acarreo, con una abundancia de 0,3 ind/0,028 m<sup>2</sup>, y llegando hasta los 45 m con 1,0 ind/0,028 m<sup>2</sup> (Figura 7.4).

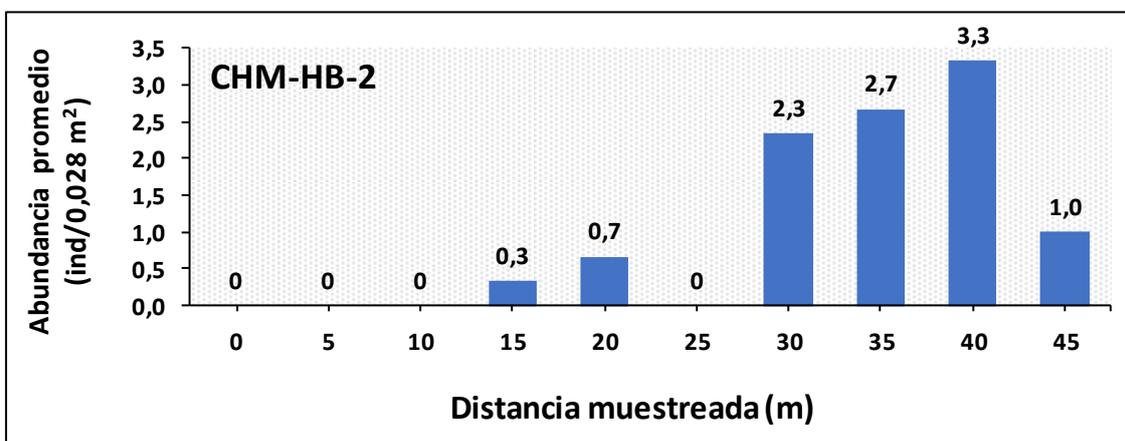


Figura 7.4. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Chacra y Mar

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa para el punto CHM-HB-2; con valores de 0,2 g/0,028 m<sup>2</sup> a partir de los 15 m de distancia, y alcanzado una biomasa promedio de 0,7 g/0,028 m<sup>2</sup> a los 45 m (Figura 7.5).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

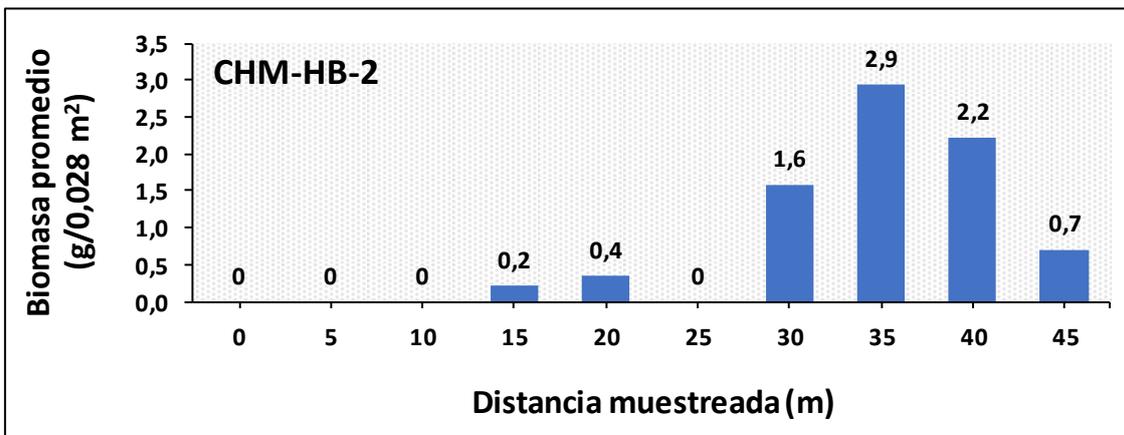


Figura 7.5. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Chacra y Mar

### B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en playa Chacra y Mar muestra un solo grupo de tallas, cuyo rango oscila entre los 13 y 17 mm, teniendo la mayor frecuencia de longitud de cefalotórax a los 15 mm, se registró individuos en otras longitudes de cefalotórax pero su representatividad fue mínima (Figura 7.6).

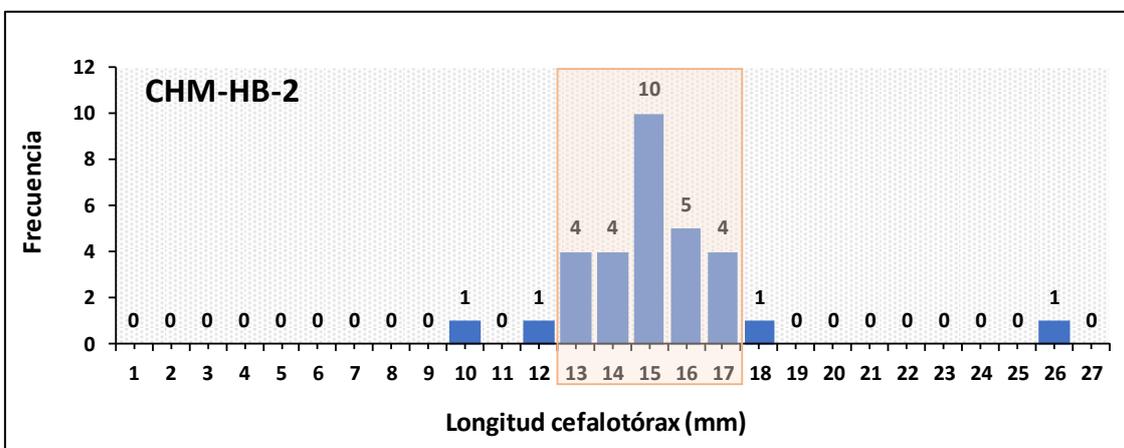


Figura 7.6. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Chacra y Mar

### C. Proporción de sexos

La proporción por sexos y estadios de *E. analoga* en playa Chacra y Mar muestra una amplia predominancia de machos, alcanzando un porcentaje de 96,8 %; la menor proporción lo obtuvo las hembras ovígeras con 3,2 %, no se registró hembras ni juveniles en este punto de muestreo (Figura 7.7).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

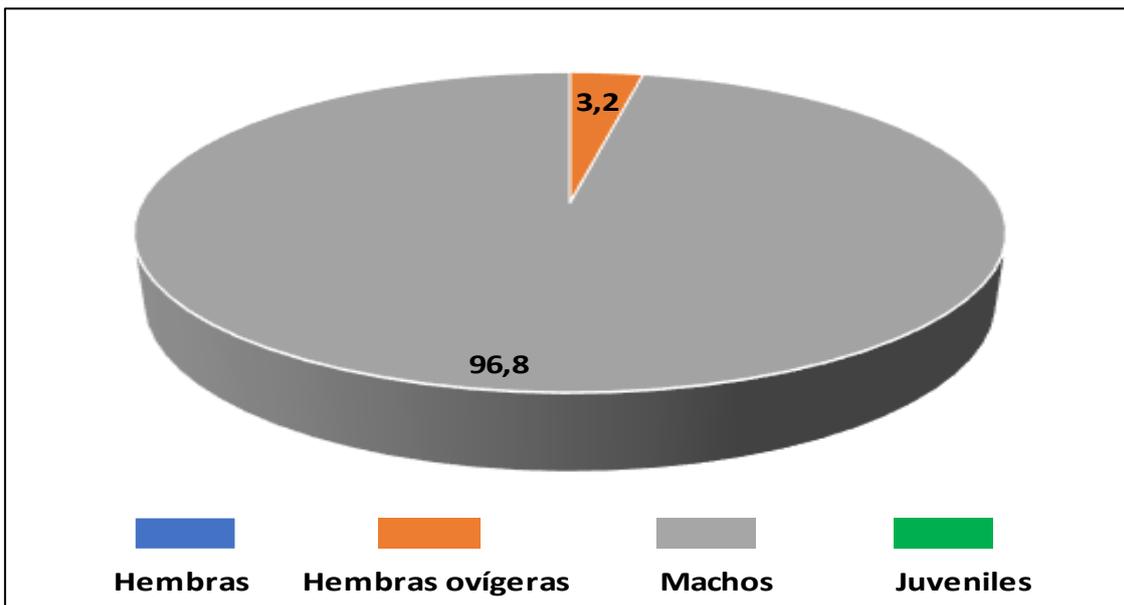


Figura 7.7. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Chacra y Mar

### 7.3.2. Análisis comunitario

Se registraron un total de 39 especies de invertebrados en el punto de orilla rocosa CHM-HB-R1, los cuales se distribuyeron en 6 grupos taxonómicos mayores (Figura 7.8). Los grupos con mayor riqueza fueron el grupo Annelida, con 19 especies y representados principalmente por gusanos poliquetos, seguido por el grupo Mollusca (12 especies) y el grupo Arthropoda (5 especies), destacando la presencia de cirrípedos; mientras que grupos como Echinodermata, Cnidaria y Nemertea estuvieron representados por una sola especie. Se registraron un total de 5 especies de macroalgas entre Rhodophyta y Chlorophyta, haciendo una riqueza global para CHM-HB-R1 de 44 especies.

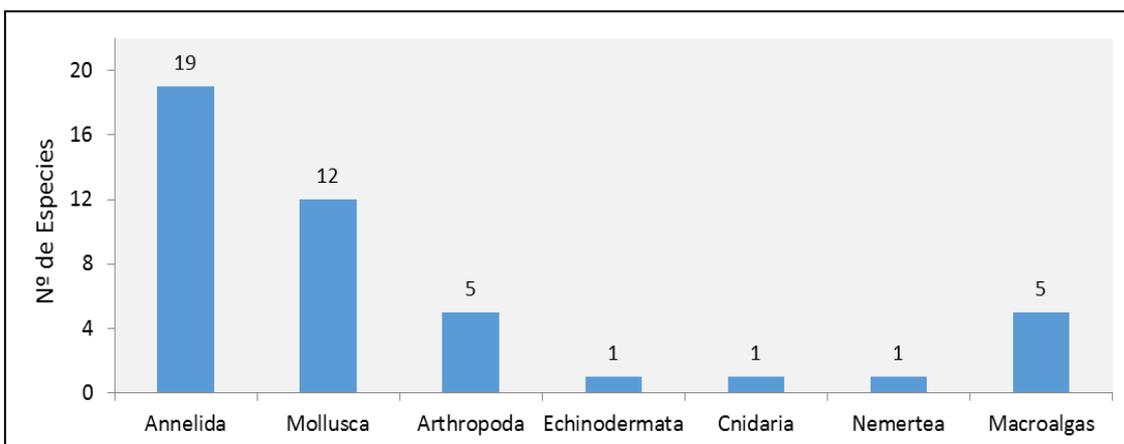


Figura 7.8. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Chacra y Mar



Las especies predominante en abundancia fueron los moluscos mitilidos, representados principalmente por *Semimytilus algosus* que registro 3182,3 Ind/0,0625 m<sup>2</sup>, seguido por *Perumytilus purpuratus* con 436,7 Ind/0,0625 m<sup>2</sup>. Otra especie abundante fue el poliqueto *Boccardia polybranchia* (144,7 Ind/0,0625 m<sup>2</sup>), sin embargo, fue menos frecuente que los mitilidos, mientras que para el resto de especies de invertebrados se registraron bajas abundancias.

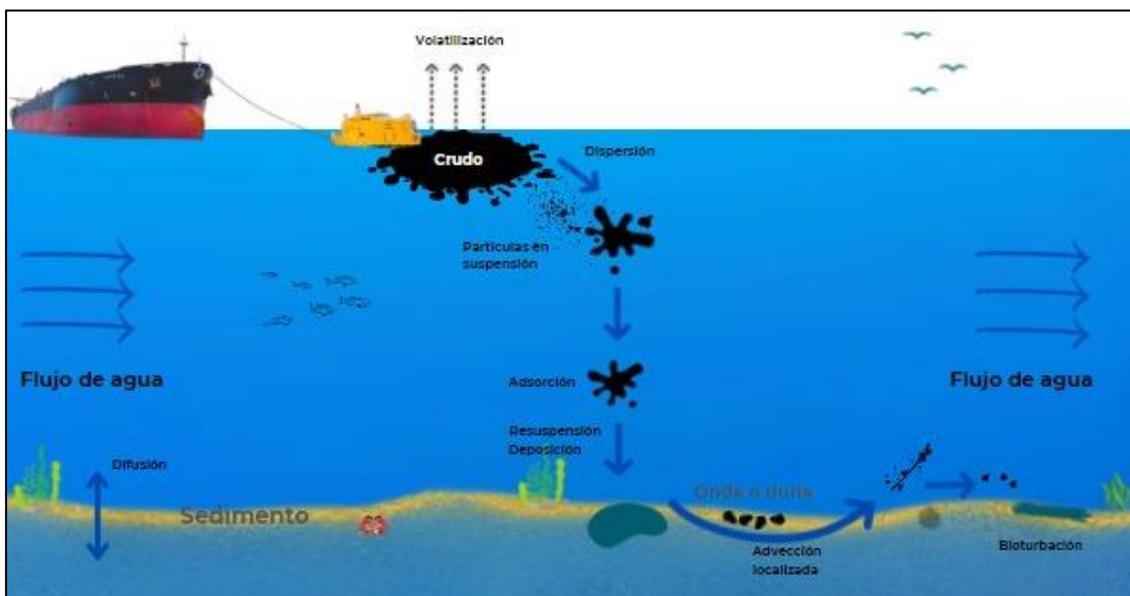
## 8. DISCUSIÓN

Para realizar la evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza en el agua de mar y sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, se evaluó la línea litoral. Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento (arena de playa), mediante muestreos a pie a lo largo de la orilla en la zona intermareal; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó en la zona intermareal con muestreos sobre modelos de zonación.

Para el desarrollo de la discusión se evaluó el ambiente intermareal, 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 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 Figura 8.1 presenta el modelo conceptual de la distribución del crudo de petróleo en el medio marino para la evaluación en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo.



**Figura 8.1.** Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

Fuente: Adaptado de Keramea et.al. (2021) y Reible (2014).

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar se evaluaron 7 puntos de muestreo, cuyos resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua (2017)) con la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación – Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1) y referencialmente con la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat.4 E3) y Categoría 2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras» (en adelante, Cat.2 C2). Estas últimas se emplearon de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y BTEX, según correspondan.

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH cercano a la neutralidad (7,60 unidades de pH y 7,75 unidades de pH), conductividad eléctrica (51,8 mS/cm y 52,6 mS/cm), temperatura (15,41 °C en promedio) y oxígeno disuelto (7,73 mg/L en promedio) mayor a 5 mg/L establecido por el ECA. Los valores medidos de unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.1 B1, en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en la Tabla 7.1 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 7 puntos de



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 y referencialmente con los ECA para agua (2017) Cat. 2 C2 y ECA para agua (2017) Cat.4 E3, según corresponda. Los resultados se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar.

Para el análisis de los 32 metales totales en agua superficial de mar, entre los que se incluyeron al níquel y vanadio (parámetros de interés<sup>18</sup>), los resultados mostraron que en los 7 puntos muestreados solamente se superó el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 del boro, no identificándose relación alguna con el derrame del crudo, debido a que la composición del crudo no contiene concentraciones registradas de dicho metal (ver Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar).

La evaluación de la calidad de sedimento (arena de playa) se realizó con el muestreo de 20 puntos y 2 réplicas, determinados de la identificación del área de potencial interés (API) a lo largo de la playa<sup>19</sup>.

Los resultados obtenidos para Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) y sus fracciones F<sub>1</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>), F<sub>2</sub> (C<sub>10</sub>-C<sub>28</sub>) y F<sub>3</sub> (C<sub>28</sub>-C<sub>40</sub>), HAPs y metales totales fueron comparados con los niveles de fondo<sup>20</sup> determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

En 12 (del CHM-SD-9 al CHM-SD-20) de los 20 puntos de muestreo, y en uno (CHM-SD-20R) de los 2 puntos de muestreo de réplica, se registraron TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) en concentraciones por encima del límite de cuantificación analítico (L.C. <0,30 mg/kg), por lo tanto, superaron a los NF<sub>TPH</sub> <0,30 mg/kg y NR<sub>TPH</sub> <0,30 mg/kg establecidos. Cabe señalar que, en el punto de muestreo de réplica CHM-SD-20R, también se superaron los niveles de fondo y referencia en mención; verificándose de esta manera la concentración registrada en el punto CHM-SD-20.

Los puntos antes señalados, fueron ubicados en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar (CHM-SD-9) y al oeste de *Eco Truly Park*, (CHM-SD-10) y al oeste-noroeste de *Eco Truly Park* y (del CHM-SD-11 al CHM-SD-15) y al noroeste de *Eco Truly Park*, y en la zona intermareal de la playa Pasamayo (del CHM-SD-16 al CHM-SD-20) y al suroeste de *Aucallama Beach Club*. Según observaciones organolépticas, los puntos del CHM-SD-9 al CHM-SD-20 presentaron olor y color a hidrocarburos, con presencia de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) analíticamente en el sector. En los puntos CHM-SD-10 y CHM-SD-11 (playa Chacra y Mar) se identificó, a nivel de superficie, la presencia de gotículas de hidrocarburos de petróleo en arena húmeda y con presencia de residuos sólidos; en el punto CHM-SD-16 (playa Pasamayo), se pudo observar coloración oscura con restos de hidrocarburos en arena

<sup>18</sup> Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre 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).

<sup>19</sup> Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEAC e Informe N.º 00057-2022-OEFA/DEAM-STEAC «Precisiones al plan de evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el terminal Multiboyas N.º 2 de la refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero 2022».

<sup>20</sup> 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» (Anexo N.º 6 del informe de la EAC en la playa Chacra y Mar).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

húmeda, expuesto a nivel superficial, y con presencia de residuos sólidos; y en el punto CHM-SD-19 (playa Pasamayo) se comprobó la presencia de gotas y grumos de hidrocarburos de petróleo entremezclados a nivel superficial en arena húmeda con presencia de residuos sólidos (Figura 8.2).



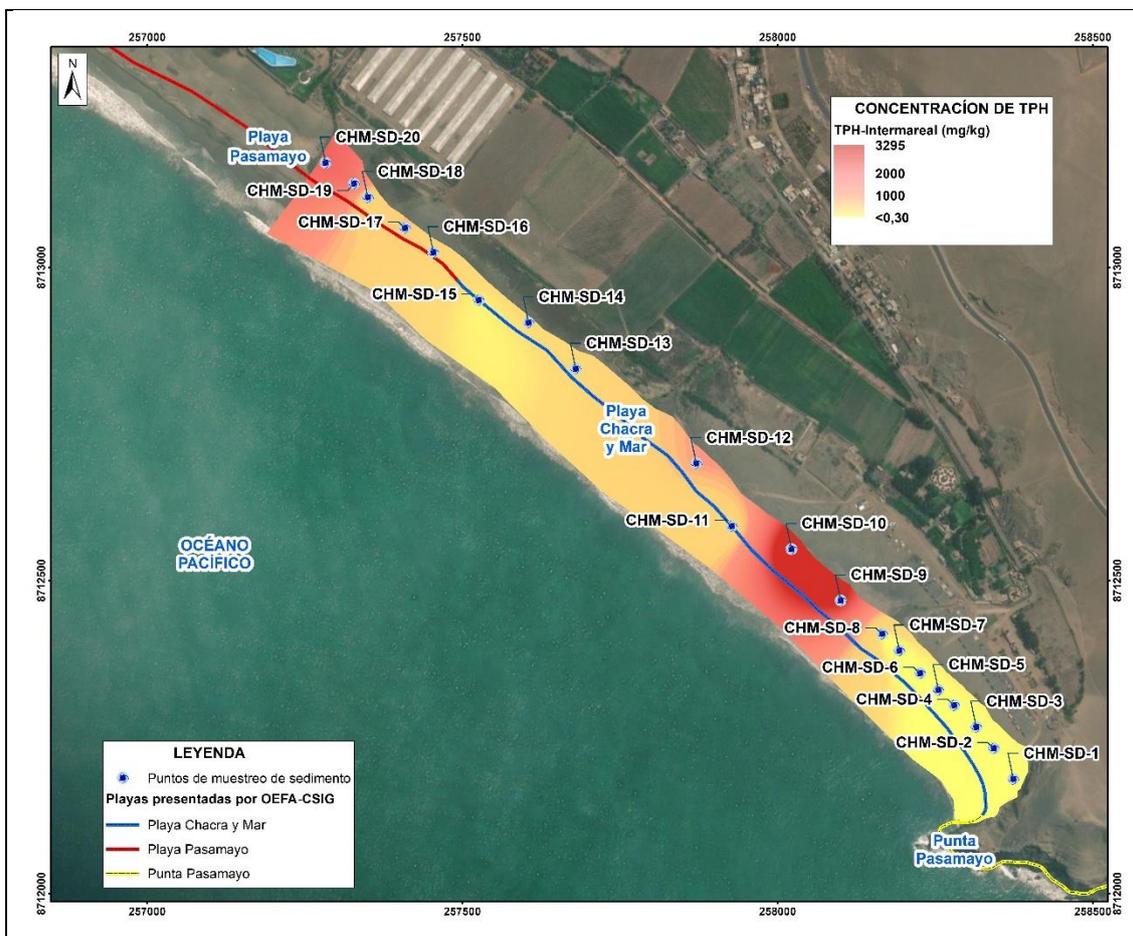
**Figura 8.2.** Vista del muestreo de sedimento con restos de hidrocarburos de petróleo (coloración oscura observada organolépticamente) en el punto CHM-SD-16 (en c), con gotículas de hidrocarburos de petróleo en los puntos CHM-SD-10 (en a) y CHM-SD-11 (en b), y con presencia de gotas y grumos de hidrocarburos de petróleo entremezclados en el punto CHM-SD-19 (en d).

Según el análisis granulométrico realizado (2 muestras compósitos), el sedimento (arena de playa) presentó composición predominante de arena (100 % y 95,4 %), determinando una textura arenosa, estructura de grano simple y de coloración gris oscura, que caracterizan a playa Chacra y Mar y playa Pasamayo como playas Arenosas con alta permeabilidad, de tipo plana con baja pendiente (0 % – 2 %).

De acuerdo a, un ajuste de inferencia espacial «Kriging» realizado con base a los resultados reportados, se permitió visualizar el alcance de la distribución de las concentraciones de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) en el área muestreada, y mostró mayores concentraciones y superiores al NF<sub>TPH</sub> (<0,30 mg/kg) en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo (Figura 8.3), donde el hidrocarburo pudo ser transportado en marea alta o como producto del acarreo de arena intermareal contaminada durante las acciones de primera respuesta realizada por el administrado.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú



**Figura 8.3.** Distribución de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo y el alcance aproximado

La Figura 8.4, elaborada también con base al ajuste en mención, muestra el alcance aproximado del área impactada, donde se observa que de las 20,6 ha evaluadas, aproximadamente 11,6 ha y 4,1 ha representan el alcance de las concentraciones de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) que superaron el nivel de fondo (NF<sub>TPH</sub>: <0,30 mg/kg) en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, respectivamente.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

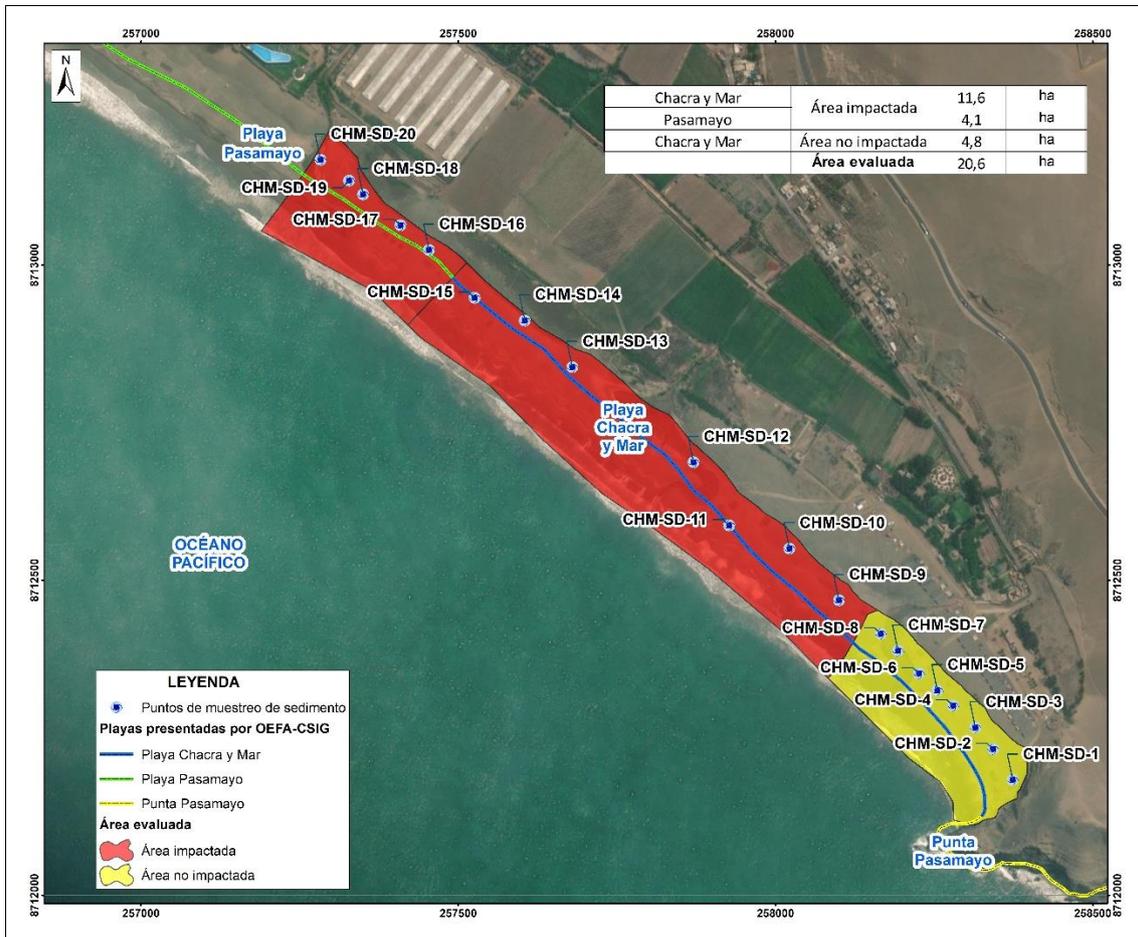


Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

En los puntos de muestreo del CHM-SD-9 al CHM-SD-15 (playa Chacra y Mar) y del CHM-SD-16 al CHM-SD-20 (playa Pasamayo) que superaron los NF y NR para TPH<sub>(C6-C40)</sub>, también, las concentraciones de sus fracciones F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> fueron superiores a los NF (<0,50 mg/kg) y NR (<0,50 mg/kg). Particularmente, en los puntos CHM-SD-9, CHM-SD-10 y CHM-SD-12 (playa Chacra y Mar), y en los puntos CHM-SD-17, CHM-SD-19, CHM-SD-20 y CHM-SD-20R (playa Pasamayo), se registraron las mayores concentraciones en las fracciones F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>, tal como se muestra en la Figura 8.5. La composición de hidrocarburos F<sub>1</sub> 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 NF<sub>TPH</sub> < 0,30 mg/kg y NR<sub>TPH</sub> < 0,30 mg/kg.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

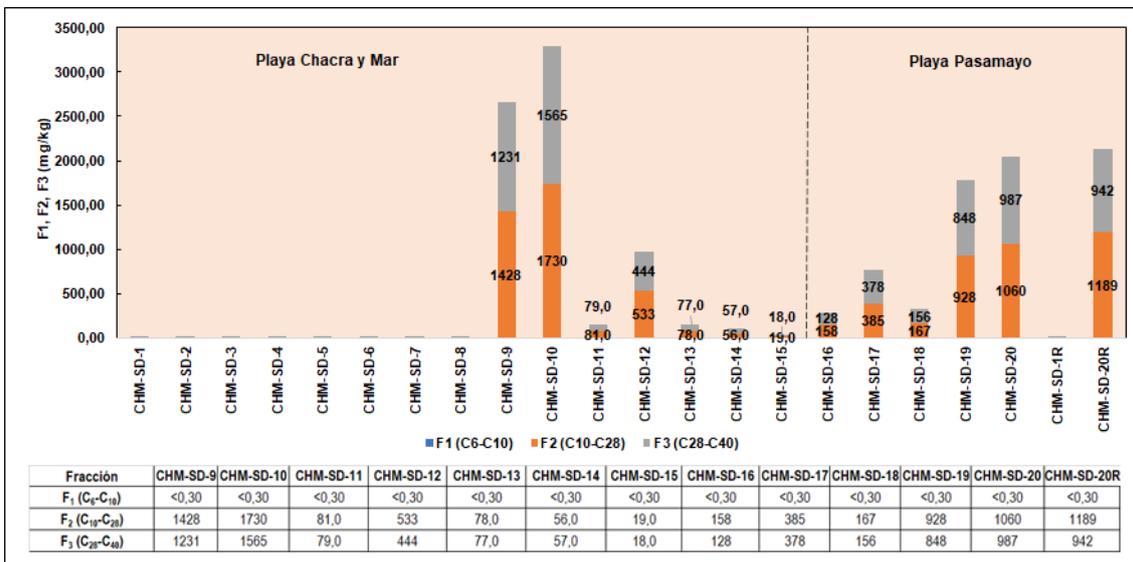


Figura 8.5. Relación de fracciones F1, F2 y F3 reportadas en sedimento (arena de playa) de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo

Las evaluaciones realizadas por el OEFA, evaluación ambiental focal (EAF)21 y las acciones llevadas a cabo por la DSEM, que fueron ejecutadas en playa Chacra y Mar en enero de 2022, registraron concentraciones de TPH(C6-C40), fracciones F2 (TPH>C10-C28) y F3 (TPH>C28-C40) en sedimento intermareal que superaron los niveles de fondo y niveles de referencia establecidos para TPHC6-C40 (NF TPH: <0,30 mg/kg, y NRTPH: <0,30 mg/kg), así como sus fracciones F2 y F3 (NF y NR: <0,50 mg/kg). Las mayores concentraciones se registraron días después del derrame, en las acciones realizadas por la DSEM (máxima concentración de 25960 mg/kg (TPHC6-C40), el 19 de enero de 2022).

La evaluación ambiental de seguimiento (EAS)22, realizada en la playa Chacra y Mar en febrero de 2022, registró concentraciones de TPHC6-C40 (NF TPH: <0,30 mg/kg, y NRTPH: <0,30 mg/kg), y fracciones F2 y F3 (NF y NR: <0,50 mg/kg) que no superaron los niveles de fondo y niveles de referencia.

En la fracción F1, se registraron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico en los reportes o informes respectivos, por lo cual, no fueron incluidos en la Figura 8.6.

21 INFORME N.º 00026-2022-OEFA/DEAM-STE. 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.

22 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.

REAS-036-2022-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 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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

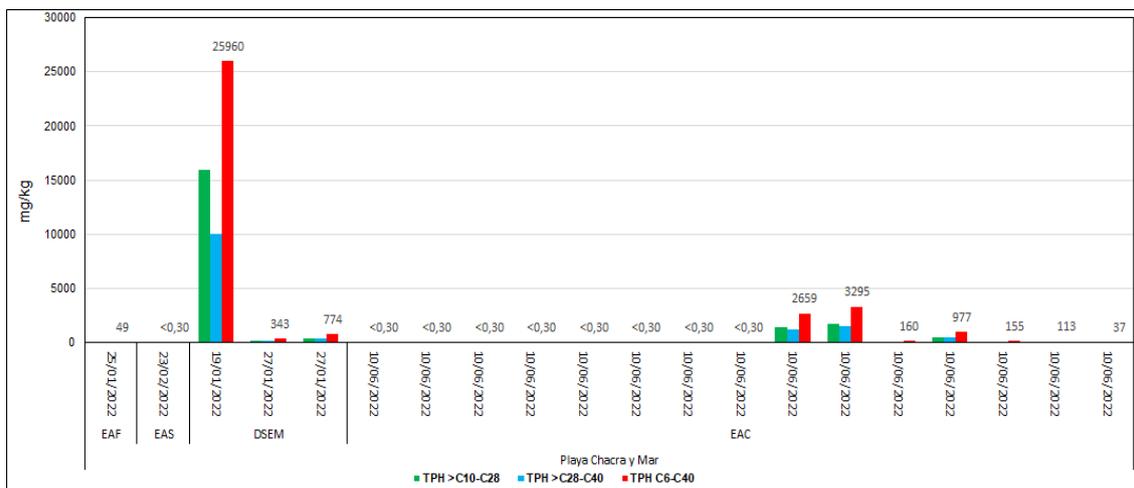


Figura 8.6. Resultados de las concentraciones de TPH(C6-C40) en sedimento intermareal en las EAF, EAS, acciones de la DSEM y la presente EAC en la playa Chacra y Mar

Según la Figura 8.6, las mayores concentraciones registradas fueron en monitoreos en enero de 2022; posteriormente, en la presente evaluación ambiental de causalidad (EAC) se observa disminución de concentraciones de TPH (C6-C40) y sus fracciones F2 y F3, en la playa Chacra y Mar, posiblemente atribuida a las Acciones de Primera Respuesta ejecutadas por Relapasaa<sup>23</sup>. Sin embargo, el monitoreo para la EAF y la presente EAC registraron TPH (C6-C40) y sus fracciones F2 y F3 en concentraciones puntuales, que superaron los niveles de fondo y niveles de referencia (hasta un máximo de 3295 mg/kg de TPH(C6-C40) en la EAC, el 10 de junio de 2022).

Asimismo, en 7 puntos muestreados en la zona intermareal de la playa Chacra y Mar (del CHM-SD-9 al CHN-SD-15) y en 5 puntos de muestreo en la zona intermareal de la playa Pasamayo (del CHM-SD16 al CHM-SD-20), se registraron Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) en concentraciones que superaron los NF y NR para 10 de los 17 compuestos analizados, tal como se detalló en la Tabla 7.2 del ítem Resultados 2 y se muestra en la Figura 8.7. Los parámetros fueron: Acenafteno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno, los cuales estuvieron directamente relacionados a las concentraciones de TPH reportadas; y que la presencia de fenantreno, criseno y benzo(a)pireno indican su origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001), relacionado al derrame como única fuente de la afectación verificada.

<sup>23</sup> RLP-GSMA-155-2022, que propone los objetivos de tratamiento y protocolo para dar por terminadas las actividades de limpieza.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

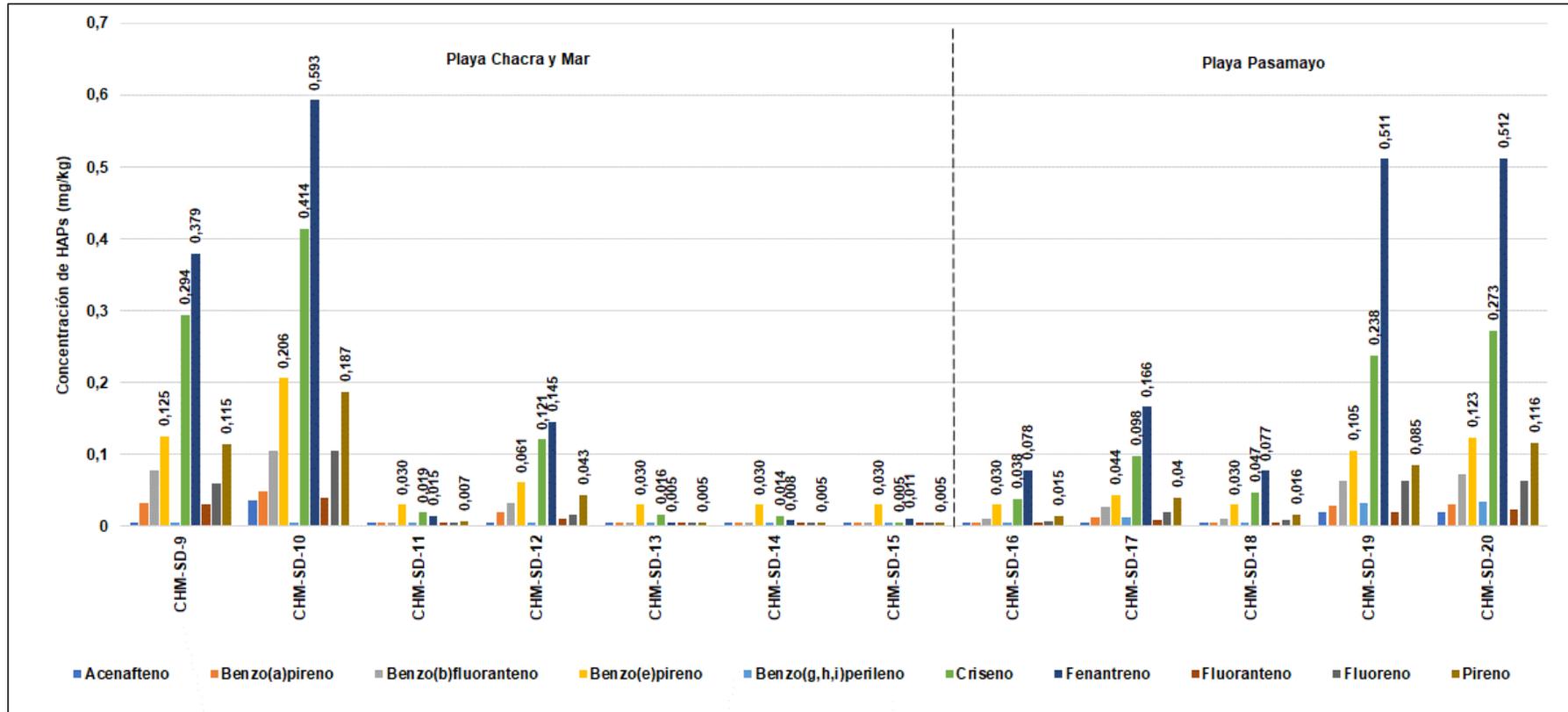


Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Los HAPs registrados indican que la arena de playa de la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo, presenta compuestos aromáticos con alto potencial tóxico a nivel ambiental reconocido (Figueroa y Marino-Dávila, 2004; Montes, 2008), por su resistencia a la biodegradación, potencial de bioacumulación, toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad (Corona-Ramírez y Iturbe-Argüelles, 2005).

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 crudo<sup>24</sup> por parte del administrado, tal como se muestra en la Tabla 8.1. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

**Tabla 8.1.** Características del petróleo crudo derramado - Refinería La Pampilla

Parámetros	Unidad	Concentración / valor
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: Relapasaa

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que los 20 puntos de muestreo evaluados (ubicados en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo), presentaron concentraciones de níquel superiores a los niveles de fondo y de referencia (NF<sub>Ni</sub>: 3,64 mg/kg y NR<sub>Ni</sub>: 4,39 mg/kg), y para el caso de vanadio, la misma cantidad de puntos evaluados (ubicados en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo), solo superaron el nivel de fondo (NF<sub>V</sub>: 33,01 mg/kg), tal como se indica en el ítem Resultados y el Anexo N.º 5 del informe de EAC en la playa Chacra y Mar.

Con base a los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1, se identificó que los metales cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, níquel, plomo y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos debido a encontrarse en concentraciones próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Anexo N.º 6 del informe de EAC en la playa Chacra y Mar). Asimismo, con relación al níquel y vanadio, en puntos que superaron los NF, los resultados estuvieron entre 4,44 mg/kg y 6,27 mg/kg y entre 36 mg/kg y 91 mg/kg,

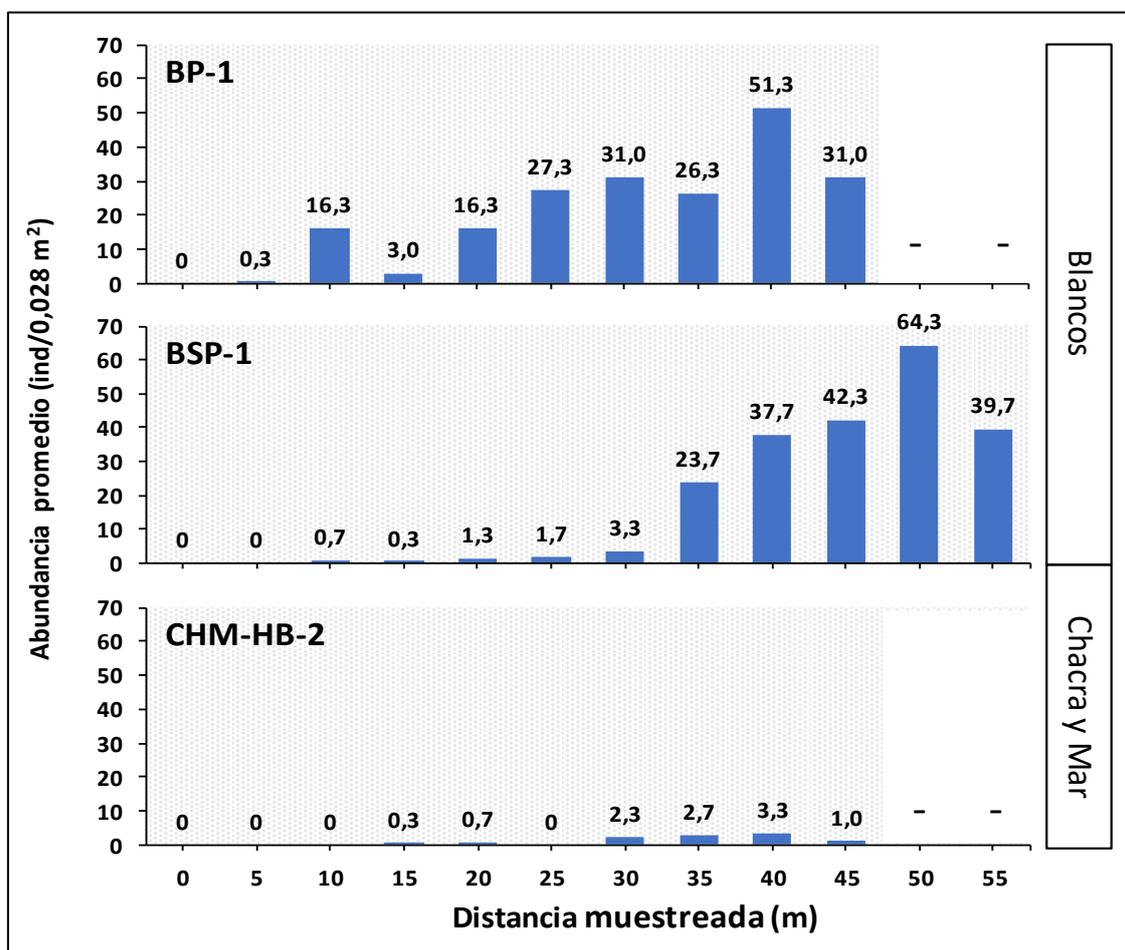
<sup>24</sup> Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), 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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

respectivamente. Por lo tanto, no se identificó una relación de la excedencia de los Niveles de fondo con las concentraciones reportadas en el hidrocarburo; siendo otros factores, como las condiciones geológicas de la playa los que determinen los valores registrados.

Respecto a la evaluación hidrobiológica, la comparación entre la playa Chacra y Mar con los puntos de las playas blanco El Paraíso (BP-1) y Chica (BSP-1), se aprecia un incremento de la abundancia promedio de *E. analoga* a mayor distancia de la línea de acarreo, siendo más evidente en playa Chica, que se diferencia del otro blanco y de playa Crisantemo.

Referente a los patrones de distribución, el punto de muestreo CHM-HB-2 de playa Chacra y Mar, registró valores promedio, claramente más bajos a los evidenciados en las playas blanco (Figura 8.8).



**Figura 8.8.** Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en playa Chacra y Mar comparado con los puntos de las playas blanco

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra al punto CHM-HB-2 con abundancias similares hasta la distancia de 30 m comparado con la playa Paraíso (BSP-1), luego la presencia de *E. analoga* disminuye rotundamente (Figura 8.8); condición que estaría explicada por el mismo patrón de distribución de la abundancia de individuos (Figura 8.9).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

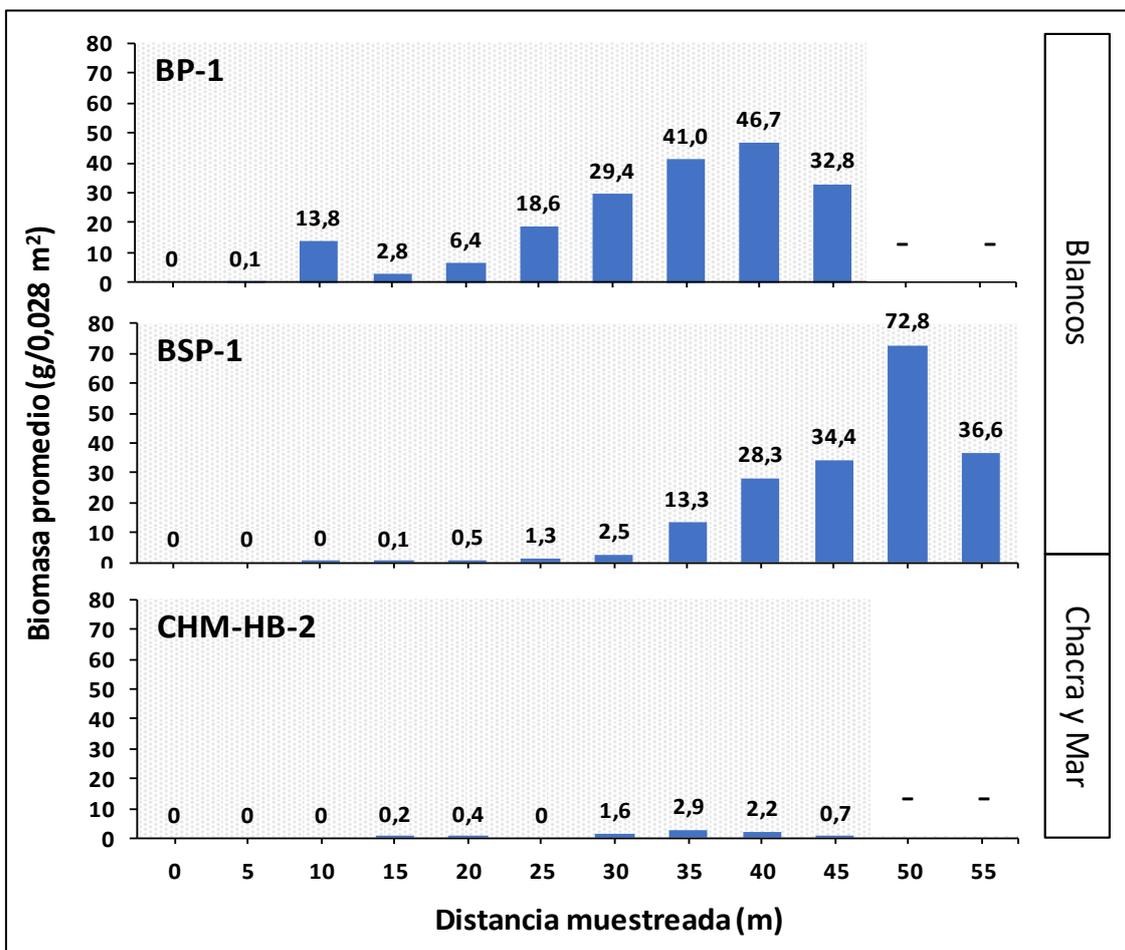


Figura 8.9. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a la frecuencia de tallas, en playa Chacra y Mar solo evidencia un grupo de tallas que va desde los 13 a 17 mm, todos ellos con individuos por debajo de 10. La comparación con las playas blanco refleja una evidente diferencia en la estructura de tallas, siendo más definidos en los blancos, con un grupo principal y uno secundario, además de tallas intermedias entre ambos grupos (Figura 8.10).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

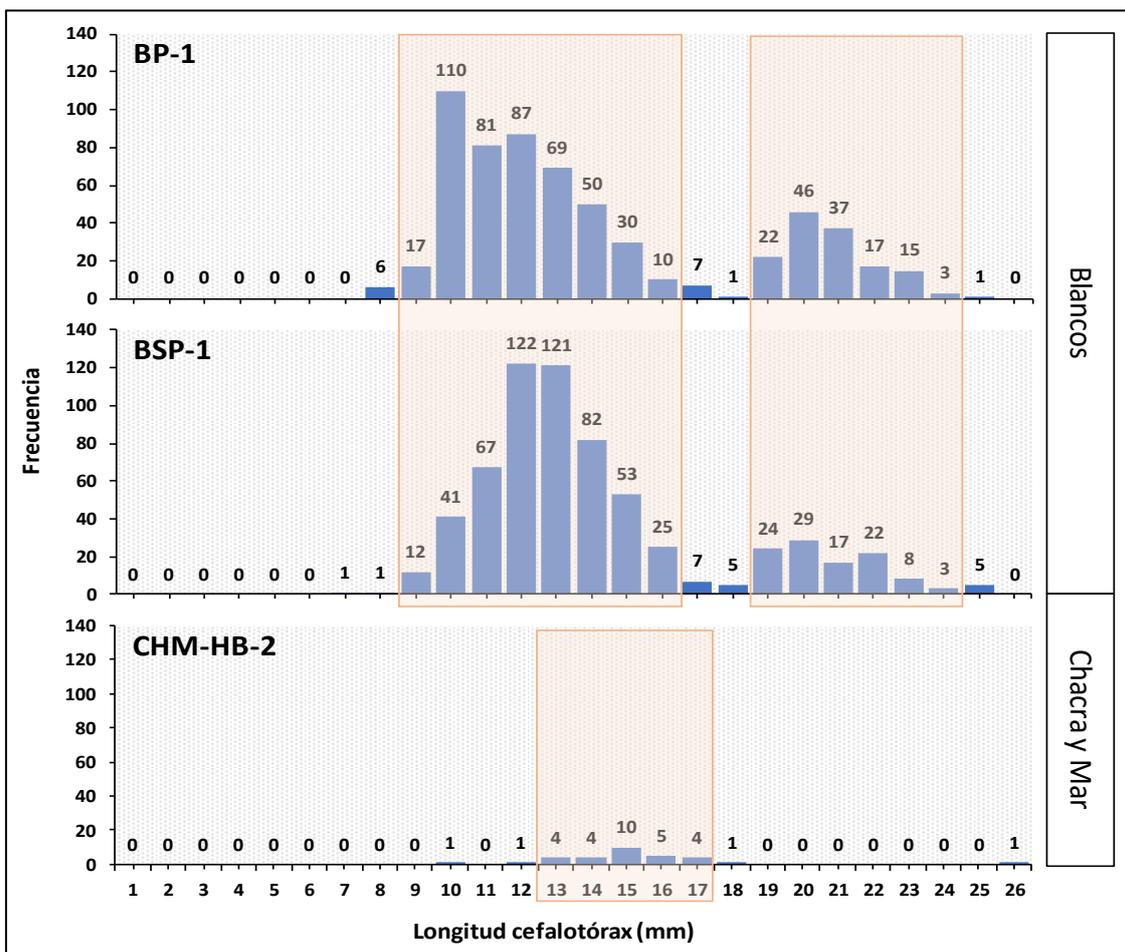


Figura 8.10. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto de muestreo de playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, existe una predominancia de machos (96,8 %) en playa Chacra y Mar, este valor supera ampliamente a los registros obtenidos en las playas blanco, respecto a su valor porcentual, tanto en playa El Paraíso (55,8 %) como en playa Chica (69,3 %). En ningún punto de muestreo se registró el estadio Juvenil (Figura 8.11).



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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

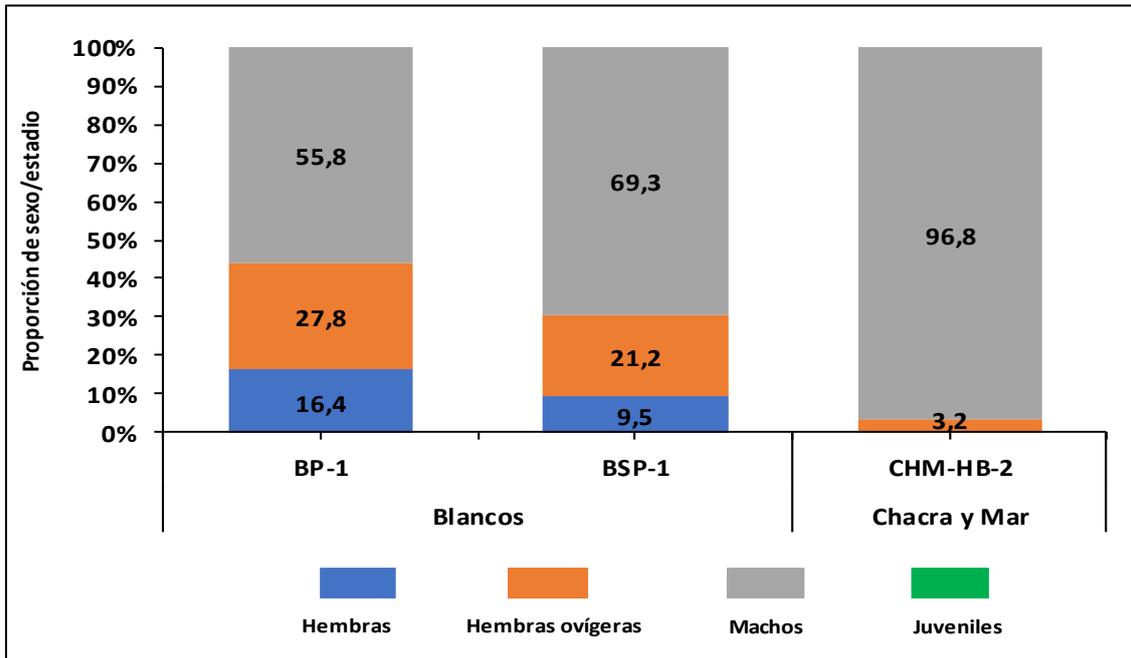


Figura 8.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Chacra y Mar comparados con los puntos de las playas blanco

Se resalta que, durante los trabajos de campo en playa arenosa se verificó organolépticamente la presencia de hidrocarburos, estos se evidenciaron cerca de la línea de acarreo en forma de gotículas de aproximadamente 2,5 cm de radio (Figura 8.12a); asimismo, en los trabajos de colecta y tamizado de *E. analoga* en las diferentes estaciones se logró evidenciar presencia de hidrocarburo adherido a las mallas tamices (Figura 8.13). Por otro lado, se registró la presencia de *E. analoga* varados a lo largo de la playa (Figura 8.12b).

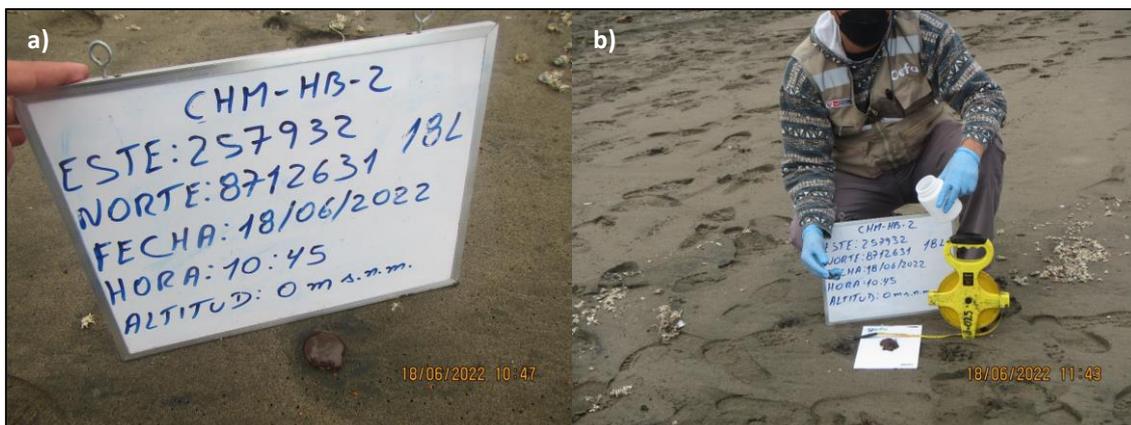


Figura 8.12. Se evidencia presencia de hidrocarburos en forma de gotículas, asimismo los organismos de *E. analoga* varados muy cerca de la línea de acarreo



**Figura 8.13.** A la izquierda trabajos de colecta y tamizado de las muestras. A la derecha presencia de hidrocarburos adheridos a la malla tamiz

En cuanto a la evaluación hidrobiológica en las playas arenosas, se puede afirmar que existe evidencias de cambios significativos de la estructura poblacional de *E. analoga* en playa Chacra y Mar comparados con las playas blanco evaluadas.

Respecto a la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, en la comparación de los resultados obtenidos desde playa Chacra y Mar con los sitios blancos se puede verificar que Annelida, Mollusca y Arthropoda son los grupos característicos de la orilla rocosa, los cuales se encuentran en proporciones similares de riqueza (Figura 8.14); sin embargo, existen diferencias asociadas a la riqueza global; Chacra y Mar con 44 especies fue la playa de orilla rocosa con menor riqueza, en comparación a BrE-1 (53 especies) y BrSP-1 (60 especies), estos últimos representan valores cercanos a lo reportado por Paredes et al. (1999) para hábitats similares en la costa central.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

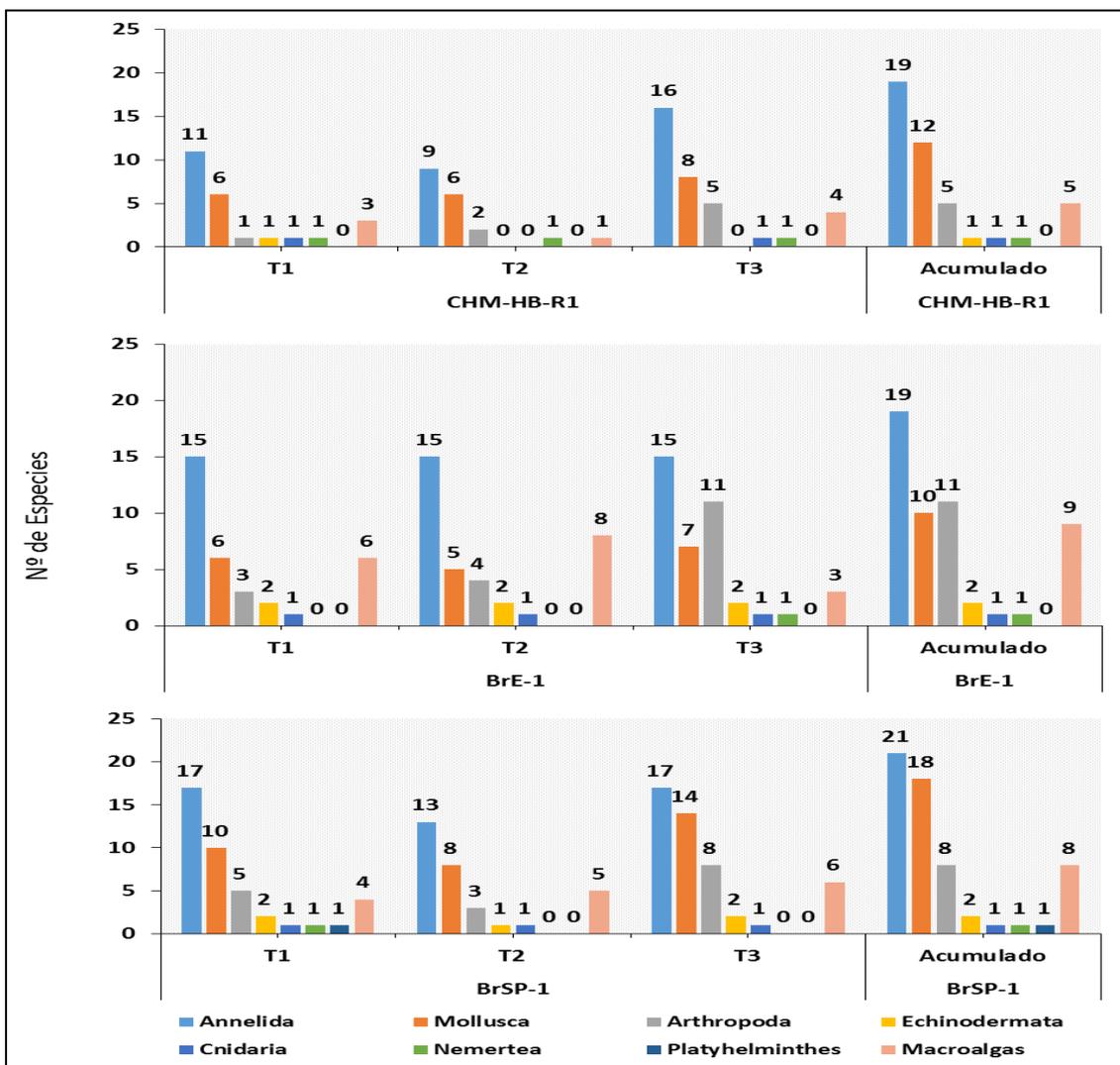
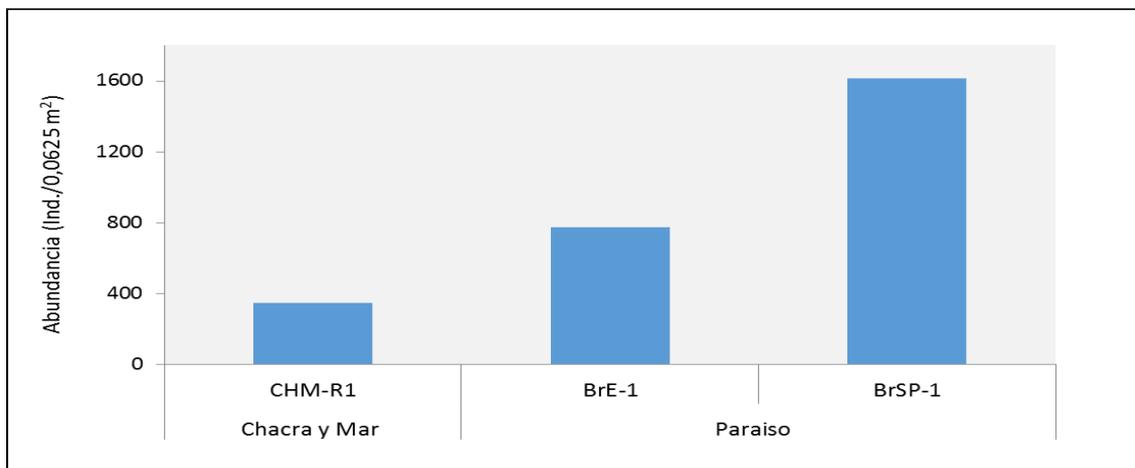


Figura 8.14. Comparación de la riqueza de especies por grupo taxonómico de playa Chacra y Mar comparado con los puntos blanco

Los mitilidos (*Semimytilus algosus*, *Perumytilus purpuratus*) fueron el componente predominante en CHM-HB-1 y los sitios blancos, suelen ser especies que concentran la riqueza y abundancia en sus matrices (Baldarrago et al., 2017), sin embargo, la abundancia global de invertebrados en Chacra y Mar fue menor (Figura 8.15). En consecuencia, la estructura comunitaria en Chacra y Mar difiere de los sitios blancos, tal como es representada en la Figura 8.16 lo que sugiere una composición de especies bajo un mayor estrés.

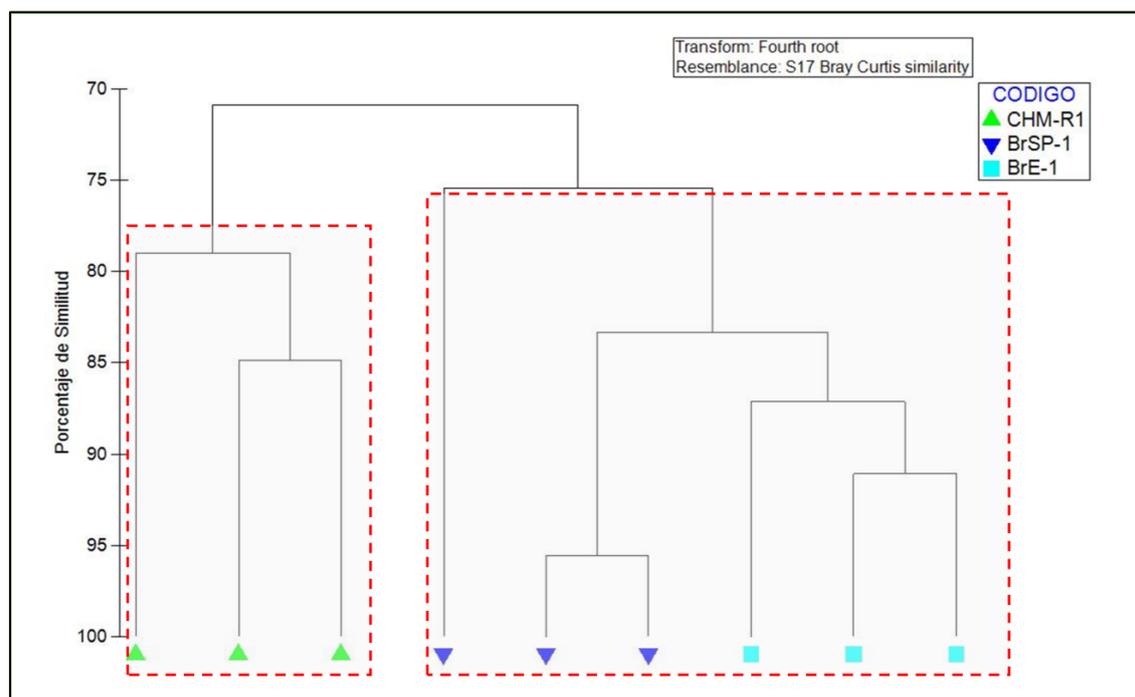


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú



**Figura 8.15.** Comparación de la abundancia promedio de invertebrados bentónicos en la franja mediolitoral de la orilla rocosa

\*Estos valores no consideran la abundancia de mitilidos *Semimytilus algosus*, *Perumytilus purpuratus*



**Figura 8.16.** Dendrograma de clasificación para la composición de especies en playa Chacra y Mar (CHM-HB-R1), y sitios blancos (BrSP-1, BrE-1), los cuadrados rojos indican las agrupaciones al 75 % de similitud según el índice de Bray – Curtis

### 9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo (según la denominación de la CSIG), con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del Decreto Supremo N.º 005-2021-EM «En caso 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,...», no se evidenció superación de los ECA para agua (2017); se evidenció superación del nivel de fondo de TPH (C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) e Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos, donde de las 20,6 ha evaluadas, aproximadamente 11,6 ha y 4,1 ha están afectadas en sedimento (arena de playa) de la zona intermareal en la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo respectivamente; así como, existe afectación y alteración en la población de *Emerita analoga* y la comunidad de macrobentos del ambiente intermareal, durante la evaluación realizada el 10 y 18 de junio de 2022. Lo cual se detalla en la Tabla 9.1.

**Tabla 9.1.** Resumen de resultados obtenidos

N.º	Verificación de playas – CSIG OEFA			Condición, según evaluación	Componentes afectados
	Formación costera	Coordenadas UTM, WGS 84 18 L			
		Coordenadas de inicio y final			
		Este	Norte		
1	Playa Chacra y Mar	258325 – 257491	8712125 - 8712980	Afectada	Sedimento (TPH)
2	Playa Pasamayo	257491 – 257292	8712980 - 8713120	Afectada	Sedimento (TPH)

- La evaluación de la calidad del agua de mar en la zona intermareal determinó que en los puntos CHM-AS-1, CHM-AS-2, CHM-AS-3, CHM-AS-4 y CHM-AS-5 en la playa Chacra y Mar y en los puntos CHM-AS-6 y CHM-AS-7 en la playa Pasamayo 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 «Categoría 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, 32 metales cumplieron (a excepción del boro en todos los puntos de muestreo) con los ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1, y referencialmente con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 y Cat.4 E3 en los 7 puntos de muestreo; cuya presencia, para el caso del boro, no tendría una relación con la actividad evaluada.
- La evaluación de la calidad del sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal determinó que en 12 de los 20 puntos de muestreo (CHM-SD-9, CHM-SD-10, CHM-SD-11, CHM-SD-12, CHM-SD-13, CHM-SD-14 y CHM-SD-15 en la playa Chacra y Mar; y CHM-SD-16, CHM-SD-17, CHM-SD-18, CHM-SD-19 y CHM-SD-20 en la playa Pasamayo), superaron las concentraciones de los Niveles de Fondo (<0,30 mg/kg) y Niveles de Referencia (<0,30 mg/kg) para Hidrocarburos Totales del Petróleo TPH(C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>); siendo la playa Chacra y Mar y playa Pasamayo con mayor afectación por



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

presentar concentraciones hasta un máximo de 3295 mg/kg de TPH(C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) y 2131 mg/kg de TPH(C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>), respectivamente.

- En sedimento (arena de playa), se superaron los Niveles de Fondo para 8 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, níquel, plomo y vanadio), evaluados por su relación con composición del crudo derramado; cuyas concentraciones resultaron próximos a los valores de NF y NR establecidos en los 20 puntos de muestreo. Determinándose que no se encontró relación alguna con el derrame de hidrocarburos.
- Los puntos de muestreo CHM-SD-9, CHM-SD-10, CHM-SD-11, CHM-SD-12, CHM-SD-13, CHM-SD-14 y CHM-SD-15 en la playa Chacra y Mar; y CHM-SD-16, CHM-SD-17, CHM-SD-18, CHM-SD-19 y CHM-SD-20 en la playa Pasamayo, registraron concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (Acenafteno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno) que superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia para 10 de los 17 compuestos evaluados, los que estuvieron directamente relacionados a los puntos con TPH(C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>) en concentraciones superiores al NF<sub>TPH</sub> (<0,30 mg/kg).
- En cuanto a la evaluación hidrobiológica, existe evidencia de alteraciones o cambios negativos en la comunidad de macrobentos y en la población de *Emerita analoga* en el ambiente intermareal de playa Chacra y Mar.

## 10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, R.S.K. y Hughes, R. (1999). An Introduction to Marine Ecology, Third Edition.
- Barron, M. G., Podrabsky, T., Ogle, R. S., Dugan, J. E., & Ricker, R. W. (1999). Sensitivity of the sand crab *Emerita analoga* to a weathered oil. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 62(4), 469-475.
- Baldarrago, D., Pastor Cuba, R., Aragón, B., Liza, C. y Tejada Cáceres, A. (2017). Diversidad y Abundancia de las comunidades bentónicas en matrices de organismos bioingenieros de las regiones de Moquegua y Tacna, 2015. Informe Instituto del Mar del Peru, 44(3): 429 – 441.
- Carefoot, T. (1977). Pacific seashores: a guide to intertidal ecology. University of Washington Press. Seattle. 208 pp.
- Corona-Ramírez, L. y Iturbe-Argüelles, R. (2005). Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. Ingeniería, investigación y tecnología, 6(2), 119-126.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

- Figueruelo, J. y Marino-Dávila, M. (2004). Química Física del Medio Ambiente y de los Procesos Ambientales. Editorial Reverté. Ciudad de México. México. 614 p.
- Ibanez-Erquiaga, B., Pacheco, A.S., Rivadeneira, M.M. y Tejada, C.L. (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.
- Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G., & Sylaios, G. (2021). Oil spill modeling: a critical review on current trends, perspectives, and challenges. Journal of marine science and engineering, 9(2), 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>.
- Kerr, J.M., McMillen, S.J., Magaw, R.I., Melton, H.R y Naughton, G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydrocarbons. The petroleum Environmental Research Forum, USA.
- Menge, B. A. y Branch, G. M. (2001). Rocky intertidal communities. Capítulo 9 In: Bertness, M. D., S. D. Gaines, M. E. Hay (eds) Marine community ecology. Sunderland; Sinauer Associates, pág 221-251.
- Montes, R. 2008. Efecto ecotoxicológico del petróleo crudo sobre el primer estadio de *Emerita analoga* Stimpson, 1857 (Decápoda: Anomura). Biologist 6(2): 101-111.
- Moreno, R.A., Labra, F.A., Cotoras, D.D., Camus, P.A., Gutiérrez, D, Aguirre, L., Rozbaczylo, N., Poulin, E., Lagos, N.A., Zamorano, D., Rivadeneira, M.M. (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.
- Osorio, C., Bahamonde, N. y López, M.T. (1967). El limache *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. Bol. Mus. Nac. de Hist.Nat., Chile, 29(6): 61-116.
- Paredes C., Cardoso F. y Tarazona J. (1999). Invertebrados del intermareal rocoso del departamento de Lima, Perú: Una lista comentada de especies. Revista Peruana de Biología. 6(2): 143-151.
- Paredes C. (1974). El modelo de zonación de la orilla rocosa del Departamento de Lima. Revista Peruana de Biología, 1(2): 168-191
- Reible, D. (2014) Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments. Springer, 496 p.
- Sánchez, G. (1988). Algunos aspectos bio-ecológicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el



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  
Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú

Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.

- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A., Lourie, S.A., Martin, K.D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C.A., 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. e Igrada 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.