

**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 CHORRILLOS**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

Profesionales que aportaron a este documento:

**ÍNDICE DEL CONTENIDO**

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo general	4
4. ÁREA DE ESTUDIO	4
5. MODELO CONCEPTUAL	5
6. METODOLOGÍA	6
6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación	6
6.1.2. Ubicación de puntos de muestreo	8
6.1.3. Parámetros y métodos de análisis	14
6.1.4. Equipos utilizados	17
6.1.5. Criterios de evaluación.....	18
7. RESULTADOS	22
7.1. Zona Intermareal.....	22
7.1.1. Agua superficial de mar	22
7.1.2. Sedimento (arena de playa)	24
7.1.3. Hidrobiología.....	26
7.1.4. Superficie de litoral	30
7.2. Zona submareal	30
7.2.1. Agua Superficial.....	30
7.2.2. Sedimento	32
7.2.3. Hidrobiología.....	35
8. DISCUSIÓN.....	36
8.1. Zona Intermareal.....	37
8.2. Zona submareal	45
9. CONCLUSIONES	48
10. RECOMENDACIONES	50
11. BIBLIOGRAFÍA.....	50



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados ...	6
Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la zona intermareal de la playa Chorrillos.....	10
Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Chorrillos	11
Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en la zona intermareal de la playa Chorrillos	11
Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco).....	12
Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos en la zona submareal de la playa Chorrillos	14
Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Chorrillos	14
Tabla 6.8. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de las playas control (puntos blanco).....	14
Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos e hidrobiología	15
Tabla 6.10. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal, según los ECA vigente y niveles de fondo.....	20
Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Chorrillos	23
Tabla 7.2. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal	25
Tabla 7.3. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Chorrillos	30
Tabla 7.4. Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Chorrillos	35
Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado - Refinería La Pampilla	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Chorrillos	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Chorrillos, afectada por el derrame de petróleo crudo	6
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Chorrillos	8
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Chorrillos	9
Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Chorrillos	10
Figura 6.4. Puntos de muestreo de agua submareal ubicados en la playa Chorrillos.....	12
Figura 6.5. Puntos de muestreo de sedimento submareal ubicados en la playa Chorrillos	13
Figura 7.1. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de playa Chorrillos	27
Figura 7.2. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de playa Chorrillos	28



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 7.3. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos29

Figura 7.4. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados en playa Chorrillos29

Figura 7.5. Concentraciones de TPH C₆ – C₄₀ en sedimento submareal de la playa Chorrillos33

Figura 7.6. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Chorrillos34

Figura 7.7. Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Chorrillos .34

Figura 7.8. Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Chorrillos .35

Figura 7.9. Abundancia de especies de megabentos en la playa Chorrillos36

Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Chorrillos37

Figura 8.2. Resultados de las acciones de la DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) en sedimento intermareal en la playa Chorrillos.....40

Figura 8.3. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Chorrillos comparado con los puntos de las playas blanco42

Figura 8.4. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados la playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco43

Figura 8.5. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados en playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco.....44

Figura 8.6. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco45

Figura 8.7. Puntos con presencia de TPH(C₆-C₄₀) que superan el Nivel de Fondo en los puntos de muestreo submareal en sedimento47

Figura 8.8. Abundancia de especies de megabentos en la playa Chorrillos comparado con el punto blanco de playa Chica48



1. INTRODUCCIÓN

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

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

Asimismo, la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM mediante la señalada resolución², determinó «que el derrame de petróleo crudo constituía un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica (fauna silvestre y recursos hidrobiológicos), y un alto riesgo para la salud pública»; por lo que, 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.

¹ Buque de bandera italiana.

² 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.



La verificación de limpieza de playas (como Acciones de Primera Respuesta)³ fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)⁴ que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66⁵ 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.3⁶, indica que los resultados de los muestreos realizados en durante actividades de «Supervisión y resultado de las Acciones de Primera Respuesta por siniestros y/o emergencias ambientales», son comparables con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; con la finalidad de establecer plazos apropiados para que el/la Titular de la Actividad de Hidrocarburos presente el Plan de Rehabilitación, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Competente.

Esta evaluación fue realizada entre el 03, 09 y 10 de abril de 2022, donde el presente documento forma parte del informe de evaluación ambiental de causalidad en la playa Chorrillos (en adelante, informe de EAC en la playa Chorrillos), que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera de la playa Chorrillos realizado por RELAPASAA debido a la afectación por el derrame de petróleo ocurrido frente a la Refinería La Pampilla. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal y submareal del agua superficial, arena, sedimento⁷ (arena de playa y sedimento marino), el estado de la comunidad de megabentos y de la población de *Emerita analoga* (muy-muy) consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente,

³ 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.»

⁴ 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.»

⁵ Decreto Supremo N° 039-2014-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos
«Artículo 66°.- 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.»

⁶ 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».

⁷ 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».



los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) establecidos para sedimento en relación a los hidrocarburos de petróleo y otros elementos (asociados a la caracterización del petróleo derramado) en zonas “blanco”, con condiciones similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado. Complementariamente, se realizó fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) para la evaluación en superficie de litoral de la zona marino-costera de la playa Chorrillos, con el fin de identificar superficialmente colores y texturas que representen manchas de petróleo crudo tanto en arena de playa como en la zona rocosa.

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*⁸, 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 Focal⁹ 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 Seguimiento¹⁰ 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 Seguimiento¹¹, 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 (provincia

⁸ Buque de bandera italiana.

⁹ INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEAC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

¹⁰ REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.

¹¹ REAS-036-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través de parámetros que permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.



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 Memorandum 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-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 08 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 Chorrillos.

En atención a lo solicitado, la Subdirección Técnica Científica realizó la presente evaluación ambiental para verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera y el estado de la comunidad de megabentos y de la población de *Emerita analoga* en la playa Chorrillos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

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

4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Chorrillos se ubica en el distrito Chancay, provincia Huaral, que fue afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, según las cartas emitidas por RELAPASSA define los tramos de tratamiento en divisiones y segmentos¹² y ubicaciones puntuales¹³ de las playas (Figura 4.1).

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

¹² En la carta RLP-GSCMA-155-2022, del 15 de febrero de 2022, se define la división y segmentos en las playas en tratamientos.

¹³ La carta RLP-GSCMA-155-2022, del 13 de abril de 2022, define la ubicación y el estado actual de los segmentos en las playas.



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 evaluación ambiental se realizó en la zona marino-costera desde el segmento H-04-A hasta H-04-B¹⁴ que corresponde a la playa Chorrillos.

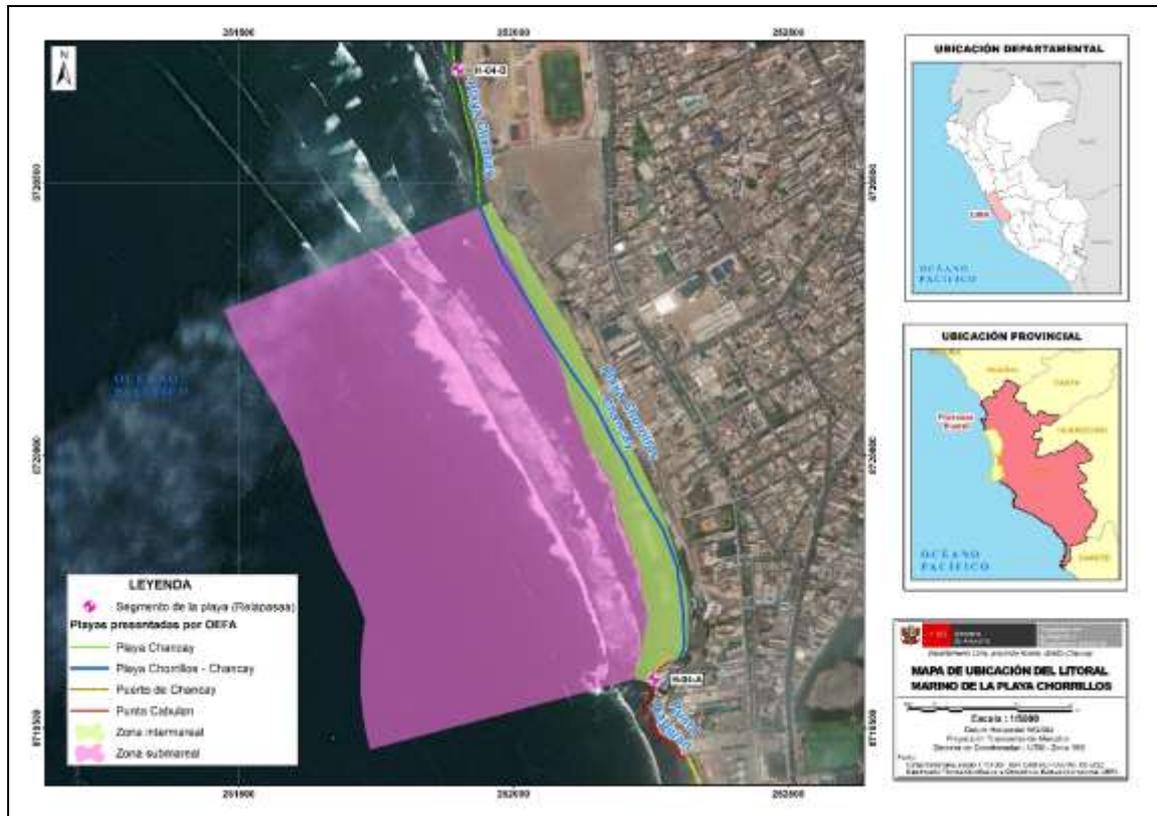


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Chorrillos

Fuente: CSIG-OEFA-2022.

5. MODELO CONCEPTUAL

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

Se evaluó la línea litoral a lo largo del área afectada por el derrame de petróleo en la playa Chorrillos, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa) y submareal. Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento (arena de playa) y sedimento submareal; mediante muestreos en embarcaciones y a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con el apoyo de embarcaciones para la inmersión de buzos en el ambiente submareal, y en la zona intermareal con muestreos sobre modelos de zonación. Complementariamente, se realizó fotogrametría con sobrevuelos con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (drones) para la evaluación del litoral de la zona marino-costera de la playa Chorrillos.

¹⁴ El segmento de H-04 se ubica desde H-04-A 252254, 8719590 (extremo sur) hasta H-04-B 251897, 8720707 (extremo norte), de acuerdo a la carta RLP-GSCMA-504-2022, del 08 de abril de 2022. Cabe señalar que, para la ubicación de puntos de muestreo de la presente evaluación ambiental, se consideró la información de descrita en las cartas RLP-GSCMA-155-2022 y RLP-GSCMA-155-2022 por parte de RELAPASAA, con respecto a la definición de división y segmentos y ubicación y estado actual de segmentos en la playa Chorrillos respectivamente.

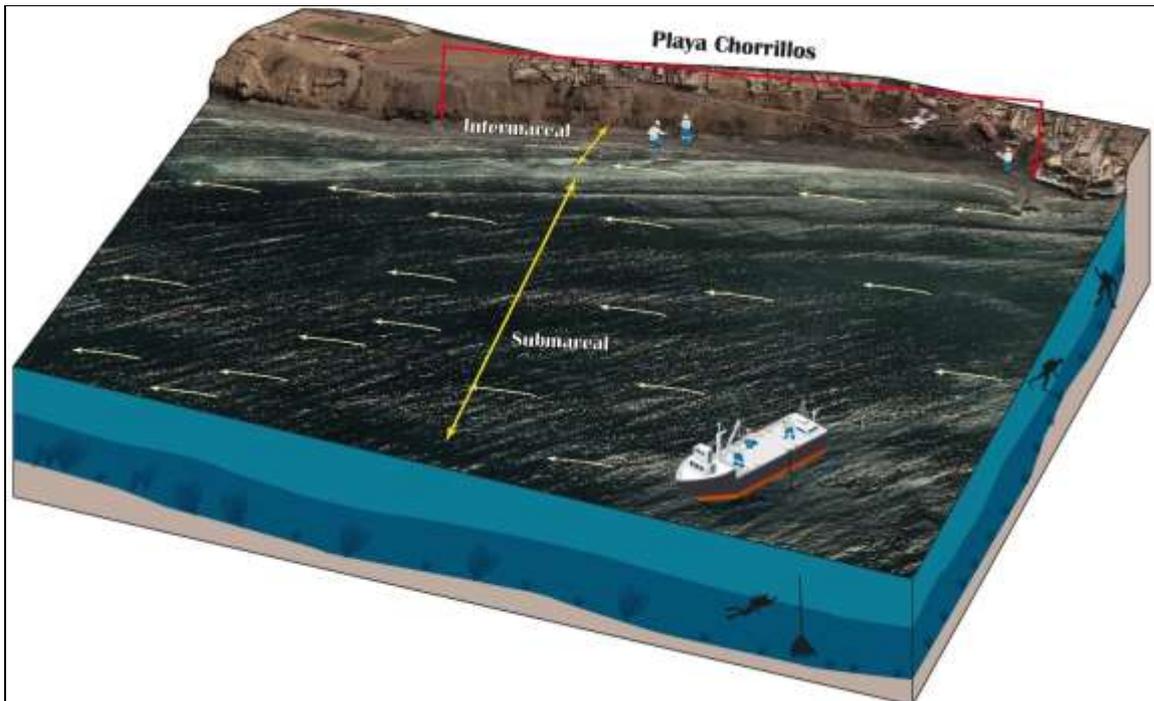


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Chorrillos, afectada por el derrame de petróleo crudo

6. METODOLOGÍA

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

6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua de mar, arena, sedimento, y evaluación de la comunidad de megabentos y de la población de *E. analoga* 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
	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
Sedimentos Submareal e intermareal (arena de playa)	Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001)	Capítulos 4	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP). #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016	Capítulo 11	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	NOAA. Shoreline Assessment Manual 4ta Edition	5. Shoreline Assessment Process and Activities	-	Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)	Estados Unidos
	<i>E. analoga</i>	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater	Section 10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection	Guía internacional	American Public Health Association (APHA)
Megabentos	Methods for the Study of marine benthos	Section 4-4.1: Diving systems; Hookah systems y Section 4-4.3: Data collection and recording	Guía internacional	Hellenic Centre for Marine Research	Reino Unido 2005



6.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

6.1.2.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de la playa Chorrillos fue evaluada en un total de 3 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada de 380 m entre un punto y otro para la caracterización espacial del agua de mar a nivel intermareal de la playa (Figura 6.1).



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

En la zona intermareal se muestrearon 9 puntos de sedimento (arena de playa) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEC, a nivel superficial considerando una profundidad de 0 a 10 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C₆-C₄₀), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F₁ (C₆-C₁₀), fracción media F₂ (C₁₀-C₂₈) y fracción F₃



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

de cadena larga (C₂₈-C₄₀); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en un compósito para caracterizar la playa.



Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Chorrillos

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 2 puntos en intermareal (2 playas de arena). Asimismo, se evaluaron 3 puntos blancos ubicados en las playas La Encantada, Cocoy y Chica. La ubicación de los puntos blanco se muestra en el reporte de campo de playas blanco (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.).



Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Chorrillos

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	Chr-AS-1	252304	8719713	0	Playa Chorrillos, punto intermareal ubicado en la zona sur de la playa, aproximadamente a 100 m al norte del Castillo de Chancay
2	Chr-AS-2	252211	8719991	0	Playa Chorrillos, punto intermareal ubicado en la zona media de la playa, aproximadamente a 380 m al norte del punto Chr-AS-1



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)		
3	Chr-AS-3	252024	8720332	0	Playa Chorrillos, punto intermareal ubicado en la zona norte de la playa, aproximadamente a 380 m al norte del punto Chr-AS-2

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	Cho-SD-1	251991	8720386	0	Ubicado aproximadamente a 910 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
2	Cho-SD-2	252041	8720298	0	Ubicado aproximadamente a 814 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
3	Cho-SD-3	252096	8720202	0	Ubicado aproximadamente a 700 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
4	Cho-SD-4	252137	8720130	0	Ubicado aproximadamente a 618 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
5	Cho-SD-5	252190	8720031	0	Ubicado aproximadamente a 504 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
6	Cho-SD-6	252233	8719941	0	Ubicado aproximadamente a 407 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
7	Cho-SD-7	252261	8719862	0	Ubicado aproximadamente a 327 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
8	Cho-SD-8	252298	8719757	0	Ubicado aproximadamente a 212 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa
9	Cho-SD-9	252298	8719643	0	Ubicado aproximadamente a 99 m aproximadamente al norte del Castillo de Chancay y a 5 m de la línea de playa

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

Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de *Emerita analoga* (muy muy) en la zona intermareal de la playa Chorrillos

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	Cho-1	252247	8719917	0	Playa Chorrillos, intermareal arenoso ubicado aproximadamente a 300 m al norte del Castillo de Chancay
2	Cho-2	252093	8720224	0	Playa Chorrillos, intermareal arenoso ubicado aproximadamente a 340 m al norte del punto Cho-1



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

Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de *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		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	BE-1	283696	8647741	0	Playa La Encantada, intermareal arenoso ubicado frente a la parte sur de los Pantanos de Villa, Chorrillos
2	BP-1	213443	8758705	0	Playa Cocoy, intermareal arenoso ubicado a 2 km al oeste del humedal Paraiso
3	BSP-1	215988	8765594	0	Playa Chica, intermareal arenoso ubicado a 1,4 km al norte del extremo norte del humedal Paraiso

6.1.2.2. Zona Submareal

En las proximidades a la zona intermareal de la playa Chorrillos se evaluaron 4 puntos de muestreo (MS-142, MS-143, MS-144 y MS-148) a nivel submareal, según se observa en la Figura 6.4.



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



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

Para la evaluación de los sedimentos en la zona submareal de la playa Chorrillos se evaluaron 4 puntos de muestreo (MS-142, MS-143, MS-144 y MS-148). La Figura 6.5 muestra la ubicación de los puntos evaluados.



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

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



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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		Este (m)	Norte (m)				
1	MS-142	251442	8719093	13,6	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 1 km al noroeste del muelle de Chancay.
2	MS-143	251357	8720181	12,1	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 0,8 km de la Playa Chorrillos en línea recta.
3	MS-144	250928	8721066	8,1	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 0,5 km de la Playa Chancay en línea recta.
4	MS-148	249608	8720528	23,8	X	X	Punto submareal, ubicado aproximadamente a 2,5 km de la Playa Chancay en línea recta.

* La profundidad aplica para la toma de muestras de sedimento

En las Tablas 6.7 y 6.8 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la zona submareal de la playa Chorrillos y del punto blanco (playa Chica).

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	Cho-S1	251800	8719880	0	Ubicado frente a playa Chorrillos, en distrito de Chancay, a aproximadamente 340 m de la línea de costa. Fondo mixto

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	BSP-S1	215824	8765490	9	Punto submareal ubicado frente a playa Chica, distrito de Huacho, a aproximadamente 160 m de la línea de costa. Fondo mixto

6.1.3. Parámetros y métodos de análisis

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



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

Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos e hidrobiología

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua de mar – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	3	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	3	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	3	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	3	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)	3	EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020	
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	3	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	
Sedimentos	Arena de playa – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	9	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ PERU S.A.C.
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	9	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño,	9	EPA Method 3050 B Rev2 / EPA Method 6020 B. Rev.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

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
		Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)			
		Análisis granulométrico	1	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS PERU
Agua salina	Agua de mar – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	4	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	4	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	4	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	4	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)	4	EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020	
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	4	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	
Sedimentos	Sedimentos – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (Fracciones F1, F2 y F3)	4	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ PERU S.A.C
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno,	4	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	



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
		Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno			
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)	4	EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2	
		Análisis granulométrico	4	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS PERU
Hidrobiología	Hidrobiología – Zona Intermareal	Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> (muy muy)	2	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
	Hidrobiología – Zona Submareal	Megabentos	1	Methods for the Study of marine benthos - 2013	<i>In situ</i>

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

Agua Salina:

Informes de ensayo: IE-22-5578, IE-22-5634, IE-22-5301, IE-22-5288, IE-22-5303, IE-22-5307, IE-22-5313 emitidos por ALAB E.I.R.L. / Informes de ensayo: 222329-I emitidos por Envirotec S.A.C.

Sedimentos

Informes de ensayo: SAA-22/00457, SAA-22/00454, SAA-22/00313, SAA-22/00323 emitidos por AGQ Perú S.A.C. / Informes de ensayo: 24927/2022, 23529/2022 emitidos por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 082-2022-OEFA/OTEC, 159-2022-OEFA/OTEC, 160-2022-OEFA/OTEC.

6.1.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los Reportes de campo N.º RC-041-2022-STECC, RC-021-2022-STECC y RC-022-2022-STECC.

6.1.4.1. Procesamiento de datos

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

En el caso de los datos biológicos, los resultados de laboratorio de *E. analoga* sirvieron para elaborar figuras de barras e histogramas de frecuencias de acuerdo a Sánchez (1988). Para la abundancia y biomasa, considerando que se evaluaron 3 transectos por cada punto, se



trabajó con individuos promedio por cada distancia de muestreo a lo largo de los transectos; en el caso de frecuencia de tallas, estas se trabajaron con el total de individuos por cada distancia de muestreo a lo largo de los transectos de cada punto. Asimismo, para las proporciones por sexo, se trabajó mediante el cálculo de porcentajes de sexo/estado, considerando la escala propuesta por Osorio et al. (1967). Respecto a los datos de megabentos, se elaboraron figuras de abundancias de individuos en cada punto de muestreo, considerando las réplicas correspondientes para cada punto y comunidad.

6.1.5. Criterios de evaluación

A nivel intermareal

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

Referencialmente se compararon con los ECA de la Categoría 2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat. 2 C2) y Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat. 4 E3) para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁵ que la categoría Cat.1 B1 no incluye valores para su comparación (ver Tabla 6.10).

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

A nivel submareal

Para la zona submareal hasta los 500 m perpendicular de la orilla del ambiente intermareal (establecido según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero», R.J. N.º 030-2016-ANA) se comparó con la Categoría Cat. 2 C3 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras para la zona submareal». Y, referencialmente, se comparó con las categorías Cat. 1 B1 «Poblacional y Recreacional; Contacto Primario» y Cat. 4 E3 «Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas costeros y marinos» para comparar los

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



resultados de parámetros de interés¹⁵ que fueron analizados y que la categoría Cat.2 C3 no presenta valores de comparación (ver Tabla 6.10).

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

Los resultados del análisis de sedimento submareal se compararon con los valores de nivel de fondo de hidrocarburos de petróleo y metales totales, determinados para sedimento en puntos ubicados a nivel submareal en zonas denominadas “blanco”: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEAC, 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 6.10 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal.

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

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

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



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

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

- No aplica

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

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

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

La evaluación hidrobiológica consideró a la población de Emerita analoga en el ambiente intermareal y a la comunidad de megabentos en el ambiente submareal. Se eligió a E. analoga

**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

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), así mismo, 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).

Para la evaluación de comunidades hidrobiológicas, tanto en ambiente intermareal y submareal, los resultados obtenidos en la playa Chorrillos fueron comparados con los obtenidos en los puntos de muestreo de las zonas blanco ubicados al norte, en las playas Cocoy y playa Chica (distrito Huacho, provincia Huaura), y al sur en las playas La Encantada y La Herradura (distrito Chorrillos, provincia Lima).

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

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

7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de muestreos de calidad de agua superficial de mar y de sedimento, en la zona intermareal realizada entre el 09 y 10 de abril de 2022 y submareal realizada el 03 y 10 de abril de 2022 en la playa Chorrillos. También se presentan los resultados de la evaluación de la población de *Emerita analoga* en la zona intermareal; mientras que en la zona submareal se evaluó el estado de la comunidad de megabentos.

7.1. Zona Intermareal

7.1.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros físico químicos en el agua de mar de la playa Chorrillos se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.



Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa Chorrillos, 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 7,82 unidades de pH y 7,91 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 7,84 mg/L mayor a 4 mg/L establecido por el ECA en mención. La conductividad eléctrica estuvo entre 51,7 mS/cm y 52,2 mS/cm.

Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Chorrillos

N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Parámetros			
		Fecha	Hora	T (°C)	pH (unidad de pH)	O.D. (mg/L)	C.E. (mS/cm)
1	Chr-AS-1	09/04/2022	09:20	18,7	7,82	7,81	51,7
2	Chr-AS-2	09/04/2022	09:55	18,8	7,91	7,90	51,9
3	Chr-AS-3	09/04/2022	10:30	19,4	7,87	7,81	52,2
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat. 1 B1	-	6,0 - 9,0	≥ 5	-

Fuente: RC-041-2022-STE (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Chorrillos)

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua de mar de la zona intermareal de la playa Chorrillos reportó 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 (C₆-C₄₀)

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

BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)

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



Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)¹⁷ en agua de mar de la playa Chorrillos, 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 referencial con la Cat.4 E3 son Antraceno (0,0004 mg/L), Benzo(a)pireno (0,0001 mg/L) y Fluoranteno (0,001 mg/L), los mismos que al reportarse en concentraciones menores al L.C.M. cumplieron con los ECA en mención.

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

Los resultados de fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de mar de la playa Chorrillos registró valores 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 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales el boro superó el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 3 puntos muestreados. Además, se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA para agua (2017) Cat.1 B1 debido a considerarse parámetros de interés¹⁸ para la evaluación.

La concentración de níquel (Ni) y vanadio (V) en las muestras colectadas de agua de mar de la playa Chorrillos 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) Cat.1 B1 (Ni: 0,02 mg/L, V: 0,1 mg/L).

Los resultados analíticos de todos los parámetros de las muestras colectadas de agua de mar de la playa Chorrillos se encuentran en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

7.1.2. Sedimento (arena de playa)

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales del petróleo – TPH

La determinación analítica en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa) de la playa Chorrillos reportó presencia de hidrocarburos por debajo del límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,30 mg/L, con concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) por debajo del nivel de

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

¹⁸ 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).



fondo (NF_{TPH} : $<0,30$ mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH} : $<0,30$ mg/kg), tal como se muestra en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Fracciones de hidrocarburos F_1 , F_2 y F_3

Se determinaron 3 fracciones de hidrocarburos de cadena carbonada corta C_6 - C_{10} en la fracción F_1 , de cadena carbonada entre C_{10} - C_{28} en la fracción F_2 y de cadena larga C_{28} - C_{40} como fracción F_3 (Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos).

La concentración de hidrocarburos F_1 estuvo por debajo del límite de cuantificación (L.C. $<0,30$ mg/kg) en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, debajo de los niveles de fondo (NF_{TPH} : $<0,30$ mg/kg) y niveles de referencia (NR_{TPH} : $<0,30$ mg/kg).

Las concentraciones de las fracciones F_2 y F_3 , en los 3 puntos muestreados se encontraron por debajo del límite de cuantificación (L.C.M. $<5,00$ mg/kg), por ende, debajo del NF_{TPH} ($<5,00$ mg/kg) y NR_{TPH} ($<5,00$ mg/kg).

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

Las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) determinados en las muestras colectadas de sedimento de la playa Chorrillos se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos, estas fueron valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros de los puntos de muestreo Cho-SD-1 al Cho-SD-9; los cuales estuvieron por debajo de los niveles de fondo y niveles de referencia.

Metales totales

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

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo¹⁹ señalado. Del análisis se reportó que en solo 8 y 2 puntos muestreados se presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF : 3,64 mg/kg) y de referencia (NR : 4,39 mg/kg) respectivamente; mientras que, en solo 7 y 2 puntos de muestreo, las concentraciones de vanadio superaron los niveles de fondo (NF : 33,01 mg/kg) y de referencia (NR : 47,06 mg/kg) respectivamente, tal como se observa en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal

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
Cho-SD-1	0,07818	6858	13	964	13245	4,02	7,633	1351	37
Cho-SD-2	0,08125	6194	12	770	12114	3,83	7,455	1363	32
Cho-SD-3	0,1103	8573	16	1396	16421	4,37	7,471	1661	51

¹⁹ 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

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
Cho-SD-4	0,10156	7555	15	1054	14684	4,29	7,55	1508	40
Cho-SD-5	0,14793	7752	16	1179	15392	4,4	7,251	2491	47
Cho-SD-6	0,12893	6166	11	749	12058	3,49	6,865	2735	31
Cho-SD-7	0,11264	8445	18	1271	15666	4,25	7,534	1560	49
Cho-SD-8	0,12559	14159	15	1062	13679	3,98	10,5	1974	39
Cho-SD-9	0,10498	9050	15	1371	16422	4,54	9,14	909	53
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

Granulometría

La granulometría fue evaluada con un punto de muestreo compósito (Cho-SD-Com1) para caracterizar la playa Chorrillos. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena al 100 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural Arenosa en toda la playa.

7.1.3. Hidrobiología

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

7.1.3.1. Análisis Poblacional de *Emerita analoga*

A. Distribución batimétrica

La distribución de la abundancia de *Emerita analoga* presentó mayores valores en los niveles más alejados de la línea de acarreo, iniciando la distribución en los 5 y 15 m de distancia para los puntos de muestreo Cho-1 y Cho-2, respectivamente; la mayor abundancia promedio se logró alcanzar a los 35 m de distancia con 40,7 ind/0,028 m² en Cho-1 y 59.7 ind/0,028 m² en Cho-2 (Figura 7.1).



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

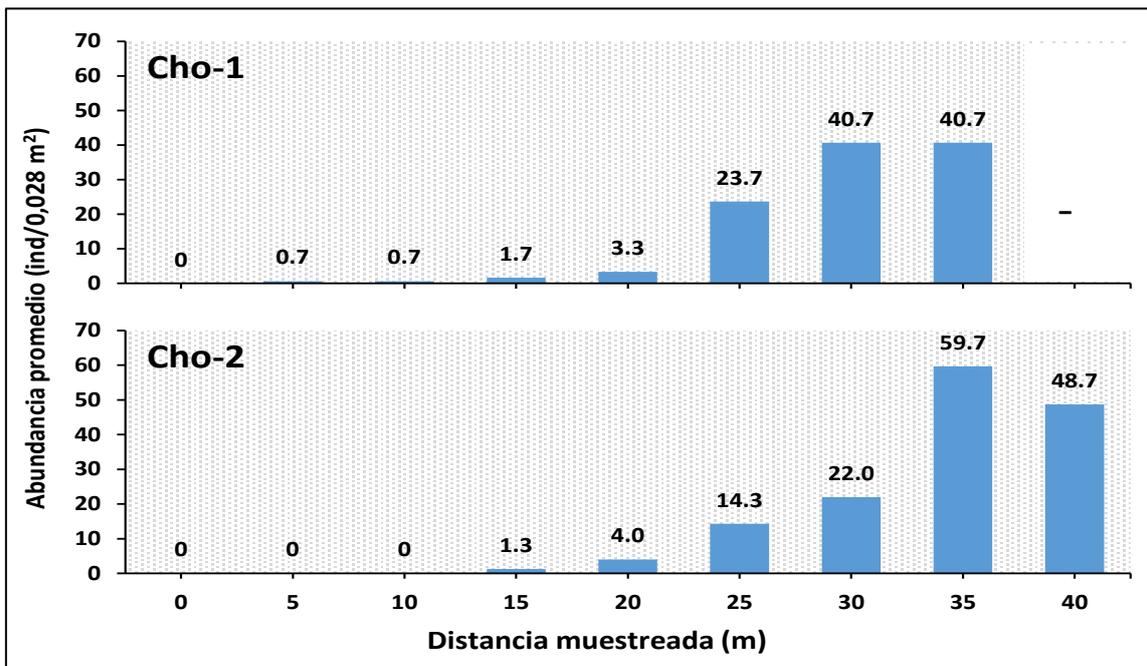


Figura 7.1. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa; con valores a partir de los 5 y 15 m de distancia para los puntos de muestreo Cho-1 y Cho-2, respectivamente; asimismo, la mayor biomasa promedio se registró a los 35 m de distancia de muestreo con valores de 99,2 g/0,028 m² para el punto Cho-1 y 169,8 g/0,028 m² para el punto Cho-2 (Figura 7.2).

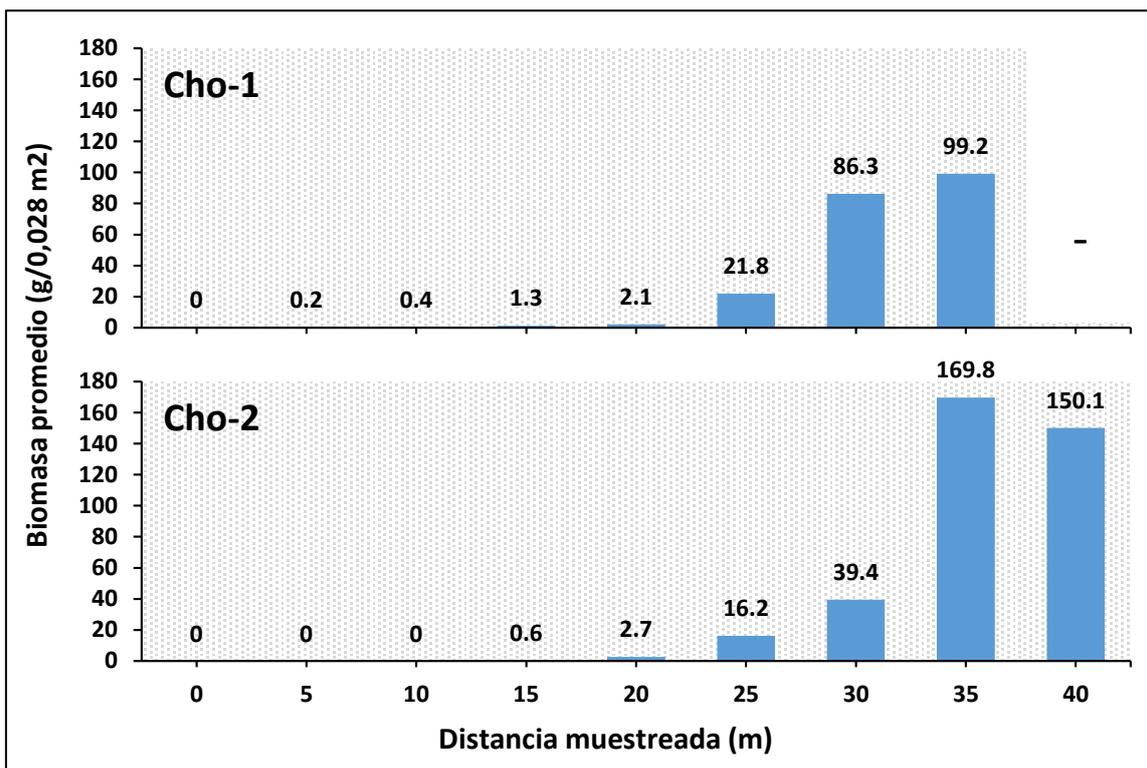


Figura 7.2. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos

B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en playa Chorrillos muestra una estructura de tallas congregado en 2 grupo, un grupo principal que va desde los 10 mm hasta 17 mm y un grupo secundario que va desde los 22 mm hasta los 27 mm, con presencia de tallas intermedia entre ambos grupos (Figura 7.3). La talla con mayor frecuencia se presenta alrededor de los 14 mm.



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

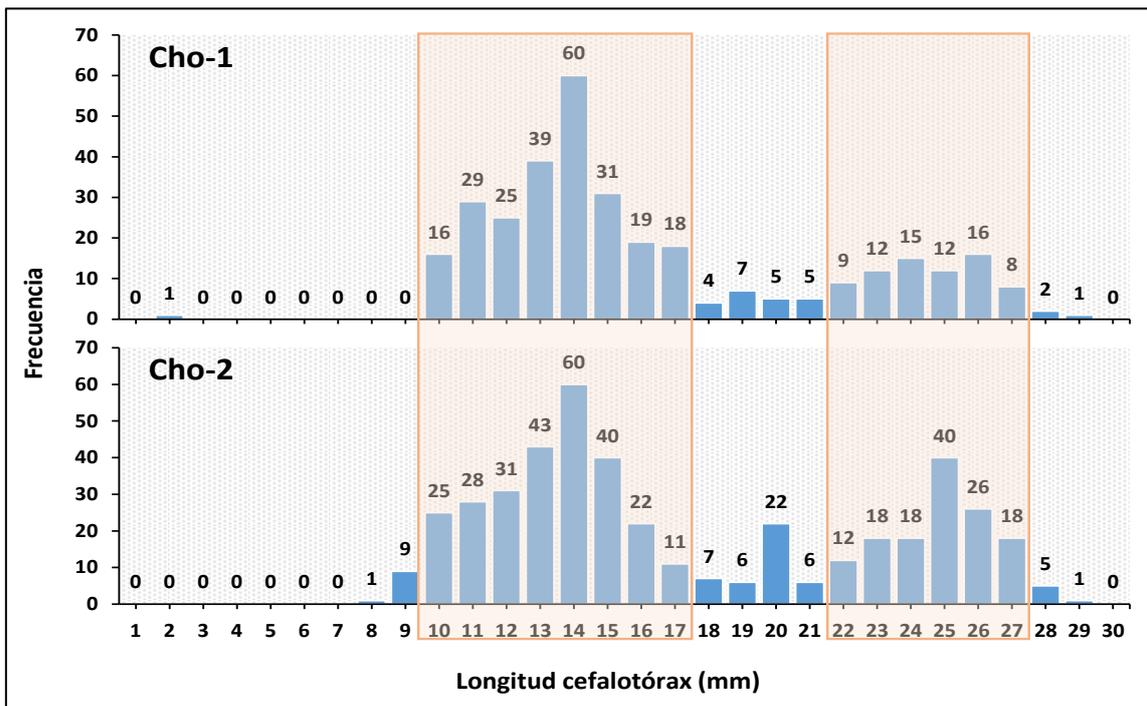


Figura 7.3. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos

C. Proporción de sexos

La proporción por sexos y estadios de *E. analoga* en playa Chorrillos muestra predominancia de machos con el mayor porcentaje de 60,8 % en el punto Cho-1 y 53,3 % en Cho-2; seguido de hembras ovígeras con 33,5 % y 42,0 %, hembras con 5,7 % y 4,7 %, para los puntos de muestreo Cho-1 y Cho-2, respectivamente; no se registró juveniles en playa Chorrillos (Figura 7.4).

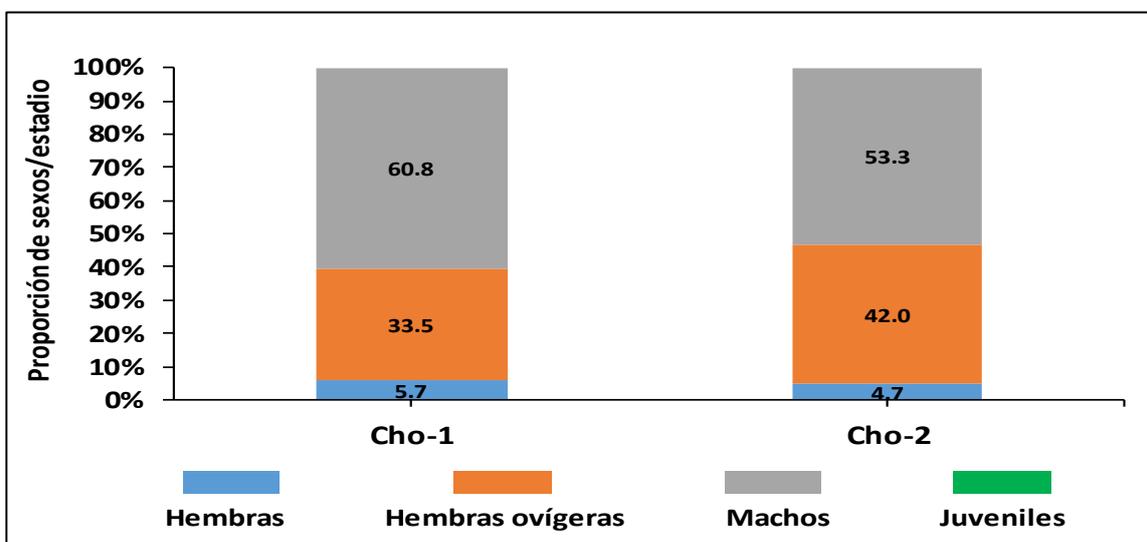


Figura 7.4. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados en playa Chorrillos



7.1.4. Superficie de litoral

Fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)

Resultado del estudio fotogramétrico con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) en el periodo evaluado del 26 de marzo al 6 de abril, en la zona marino-costera del segmento H-04²⁰ (dividido desde H-04-A hasta H-04-B) que corresponden a la playa Chorrillos, no se visualizó superficialmente colores y texturas que representen: Manchas de petróleo crudo en arena de playa, manchas de petróleo crudo en zona de mar, manchas en zonas de turbulencias en mar y manchas cercanas a zonas donde se observa actividades de limpieza, como muestra el Mapa de fotogrametría con RPAS en superficie de litoral en el Anexo N.º 7 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

El reporte de resultados N.º RR-007-2022-STEAC del estudio de fotogrametría en el marco de la ejecución de la verificación de la limpieza de playas y Áreas Naturales Protegidas, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N°2 de la refinería La Pampilla ocurrido los días 15 y 24 de enero de 2022, se encuentra en el Anexo N.º 8 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

7.2. Zona submareal

7.2.1. Agua Superficial

Parámetros de campo

Los valores *in situ* de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto se encontraron dentro de lo establecido en los ECA para agua (2017) Cat.2 C3, en todos los puntos de muestreo de agua superficial (Tabla 7.3). Los valores de pH se ubicaron entre 7,73 unidades de pH y 7,84 unidades de pH, valores ubicados en el rango de la Cat.2 C3 (6,8 unidades de pH a 8,5 unidades de pH), y para oxígeno disuelto las concentraciones fueron mayores al valor mínimo indicado en la categoría Cat.2 C3 ($\geq 2,5$ mg/L) de la referida norma.

Tabla 7.3. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Chorrillos

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	pH (Unidades de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
MS-143	3/04/2022	14:15	18,3	7,73	5,93	61,8
MS-142	3/04/2022	14:40	17,8	7,78	5,9	64,1
MS-144	3/04/2022	13:45	18,3	7,83	7,15	69
MS-148	3/04/2022	12:15	19,2	7,84	6,12	59,3
Estándares de Calidad Ambiental para Agua		Cat.2 C3	-	6,8 a 8,5	$\geq 2,5$	-

²⁰ El segmento de H-04 se ubica desde H-04-A 252254, 8719590 (extremo sur) hasta H-04-B 251897, 8720707 (extremo norte), de acuerdo a la carta RLP-GSCMA-504-2022, del 08 de abril de 2022. Cabe señalar que, para la ubicación de puntos de muestreo de la presente evaluación ambiental, se consideró la información de descrita en las cartas RLP-GSCMA-155-2022 y RLP-GSCMA-155-2022 por parte de RELAPASAA, con respecto a la definición de división y segmentos y ubicación y estado actual de segmentos en la playa Chorrillos 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

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	pH (Unidades de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM						

- : No tiene valor ECA para dicho parámetro.

Fuente: RC-021-2022-STEC (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Chorrillos).

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

La determinación analítica de aceites y grasas en las muestras colectadas en la zona submareal de la playa Chorrillos reportó valores menores al límite de cuantificación (L.C.M. < 0,50 mg/L) en todos los puntos de muestreo, por lo que, estos cumplen el ECA para agua (2017) Cat.2 C3 (2 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C₆-C₄₀)

La determinación de hidrocarburos totales de petróleo, que incluyó la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃, reportó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, los mismos que cumplieron referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.4 E3 (0,5 mg/L).

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)

La determinación del conjunto BTEX (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno, xilenos y tolueno) de las muestras de agua de mar colectadas en la zona submareal de la playa Chorrillos presentaron valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,0050 mg/L) en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.4 E3 para benceno (0,05 mg/L), única categoría que contempla el parámetro del BTEX para su comparación en la precitada norma.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos²¹, (Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos), reportaron valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00010 mg/L) para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo. Dado que los HAP's con estándar de comparación (ECA para agua, 2017) para la Cat.4 E3 son antraceno (0,0004 mg/L), benzo(a)pireno (0,0001 mg/L) y fluoranteno (0,001 mg/L), en todos los puntos de muestreo se cumple referencialmente con dicho estándar al registrarse valores menores al L.C.M. señalado.

Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)

²¹ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenaftreno, 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.



La determinación de la fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en todos los puntos de muestreo presentó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00180 mg/L), cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.2 C3 (0,01 mg/L).

Metales totales

Se determinó 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con el ECA para agua (2017) Cat.2 C3 y referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 respectivamente, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación debido a presentar concentraciones considerables en su caracterización²².

Las concentraciones de níquel y vanadio se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio, (Ni: L.C.M. <0,0004 mg/L y V: L.C.M. <0,0003 mg/L), cumpliendo con los ECA para agua (2017) Cat.2 C3 (Ni: 0,074 mg/L) y referencialmente la Cat.1 B1 (V: 0,1 mg/L).

La concentración de todos los metales totales en las muestras en las muestras colectadas de agua de mar de la playa Chorrillos se encuentran en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

7.2.2. Sedimento

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales de petróleo – TPH (C₆ – C₄₀)

El análisis químico en las muestras de sedimento determinó presencia de hidrocarburos en 2 de los 4 puntos evaluados (Figura 7.5) encontrándose TPH (C₆ – C₄₀) en mayor concentración en el punto MS-148 (50 mg/kg) ubicado aproximadamente a 2,5 km mar adentro de la playa Chorrillos; sin embargo, estas concentraciones no superaron los niveles de fondo (NF_{TPH (C₆-C₄₀)}: 73,62 mg/kg), ni los niveles de referencia (NR_{TPH (C₆-C₄₀)}: 172,6 mg/kg).

²² 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

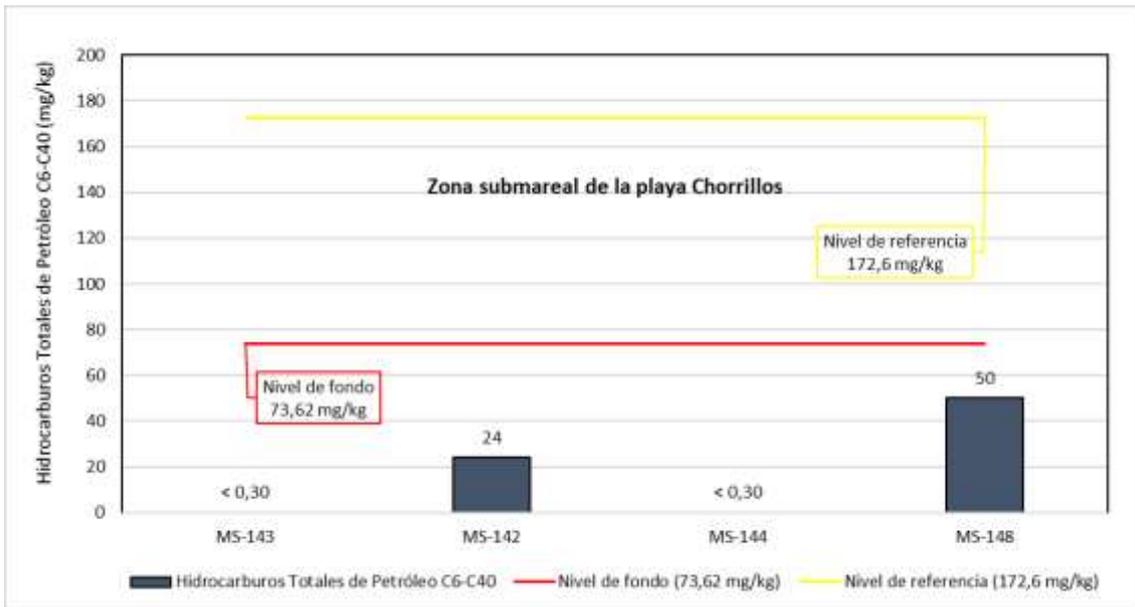


Figura 7.5. Concentraciones de TPH C₆ – C₄₀ en sedimento submareal de la playa Chorrillos

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación analítica de 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Anexo 5), presentó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo, por lo que no se superaron los niveles de fondo y de referencia, de acuerdo a como se señala en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Metales totales

Se determinaron 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación y debido a presentar concentraciones altas en su caracterización²³.

Las concentraciones de níquel en los puntos ubicados cerca de la zona submareal de la playa Chorrillos, en los puntos MS-142 y MS-143 no superaron los niveles de fondo (NF) ni los niveles de referencia (NR); sin embargo, los puntos MS-144 y MS-148 superaron los niveles de fondo (NF_{Ni}: 5,707 mg/kg) y niveles de referencia (NR_{Ni}: 9,1 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.6.

²³ Según información remitida por la DSEM del OEFA, la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, presenta los metales en su composición que 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

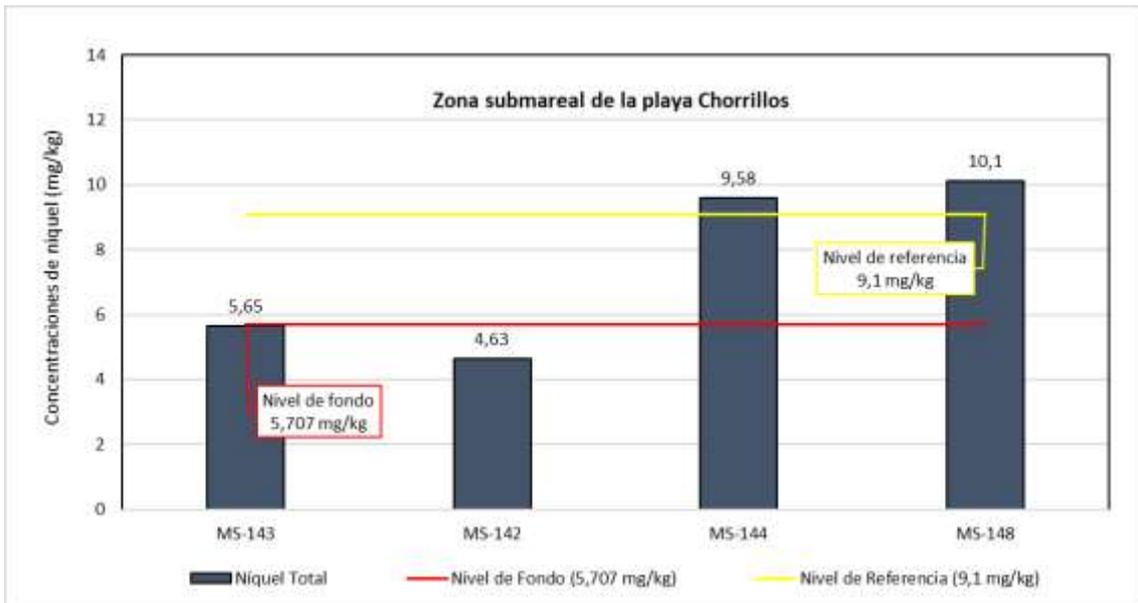


Figura 7.6. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Chorrillos

Por otro lado, las concentraciones de vanadio en los puntos cercanos a la zona submareal de la playa Chorrillos, en los puntos MS-143 y MS-142 no superaron los niveles de fondo (NF) ni los niveles de referencia (NR); sin embargo, los puntos MS-144 y MS-148 superaron solo los niveles de fondo (NF_V: 42,48 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.7.

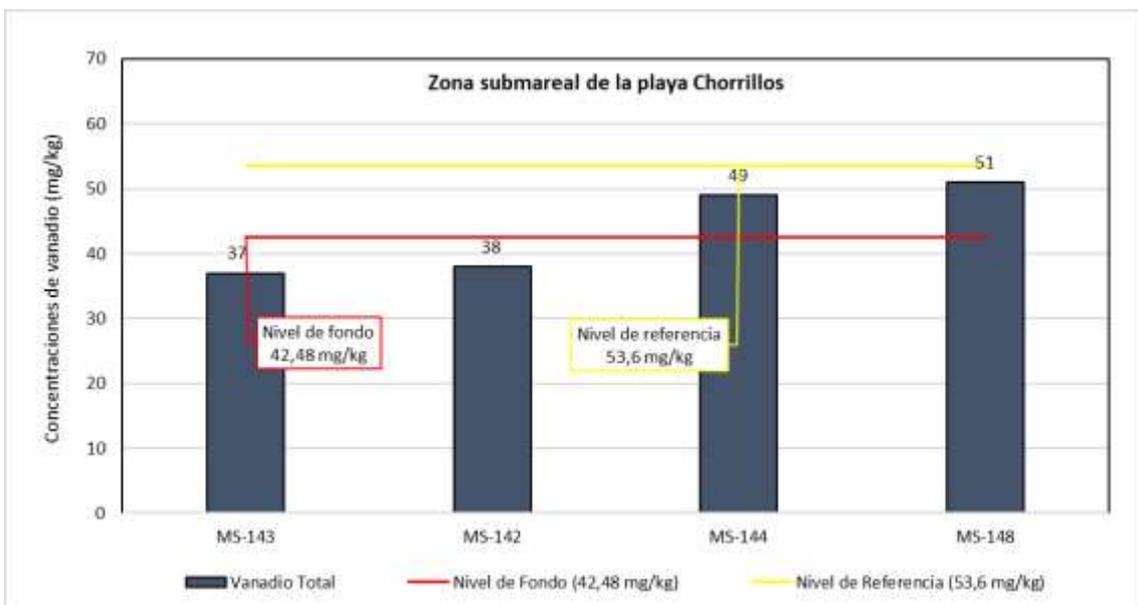


Figura 7.7. Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Chorrillos

En la Tabla 7.4 se muestran los resultados de los metales de los puntos evaluados cercanos a la zona submareal de la playa Chorrillos.

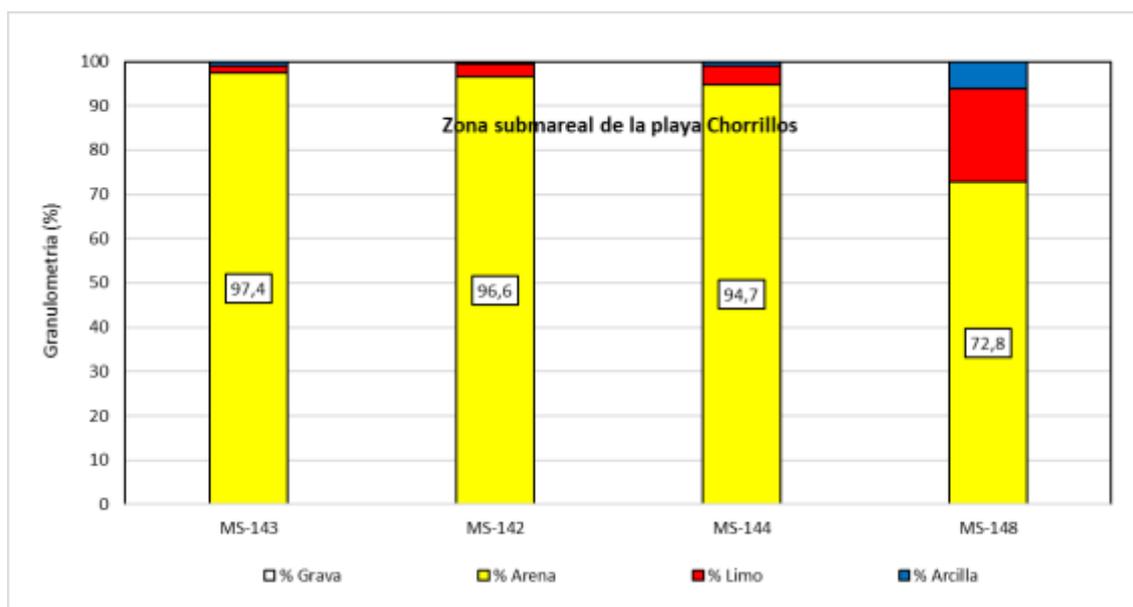
**Tabla 7.4.** Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Chorrillos

Código		MS-143	MS-142	MS-144	MS-148	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Fecha de muestreo		3/04/2022	3/04/2022	3/04/2022	3/04/2022		
Hora de muestreo		14:15	14:40	13:45	12:15		
Parámetro	Unidad						
Metales Totales							
Cadmio Total	mg/kg PS	1,3783	0,96055	0,30338	5,8919	2,2	5,089
Calcio Total	mg/kg PS	9 941	9 078	13 753	14 205	12468	15320
Cobre Total	mg/kg PS	25	19	56	30	15,15	25,59
Fósforo Total	mg/kg PS	1 104	833	1 784	1 494	1879	2537
Hierro Total	mg/kg PS	13 147	11 582	19 688	18 333	13958	16956
Níquel Total	mg/kg PS	5,65	4,63	9,58	10,1	5,707	9,1
Plomo Total	mg/kg PS	8,453	7,115	9,398	15,5	16,64	23,43
Sodio Total	mg/kg PS	4 558	4 086	4 409	7 995	4545	6770
Vanadio Total	mg/kg PS	37	38	49	51	42,48	53,6

Supera el nivel de fondo o referencia.

Granulometría

De los resultados obtenidos se observa que el sedimento en los puntos de la zona evaluada MS-143, MS-142, MS-144 y MS-148 presentaron una composición predominante de arena (> 72%) siendo arena fina en mayor proporción, tal como se observa en la Figura 7.8.

**Figura 7.8.** Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Chorrillos

7.2.3. Hidrobiología

En el caso de la evaluación hidrobiológica submareal que corresponde a la comunidad de megabentos, se evaluó un solo punto (Cho-S1), se pudo verificar que el fondo presenta un



tipo de sedimento compuesto al 70 % de arena y 30 % de roca en las 8 réplicas evaluadas a lo largo del transecto. Se registró un total de 9 especies, y donde la mayor abundancia registrada fue del equinodermo *Ophiactis kroyeri*, con una abundancia 175 Ind./m². Estas condiciones estarían principalmente condicionadas por el tipo de sustrato del fondo marino frente a playa Chorrillos, donde la predominancia de arena favorece la presencia de *O. kroyeri*.

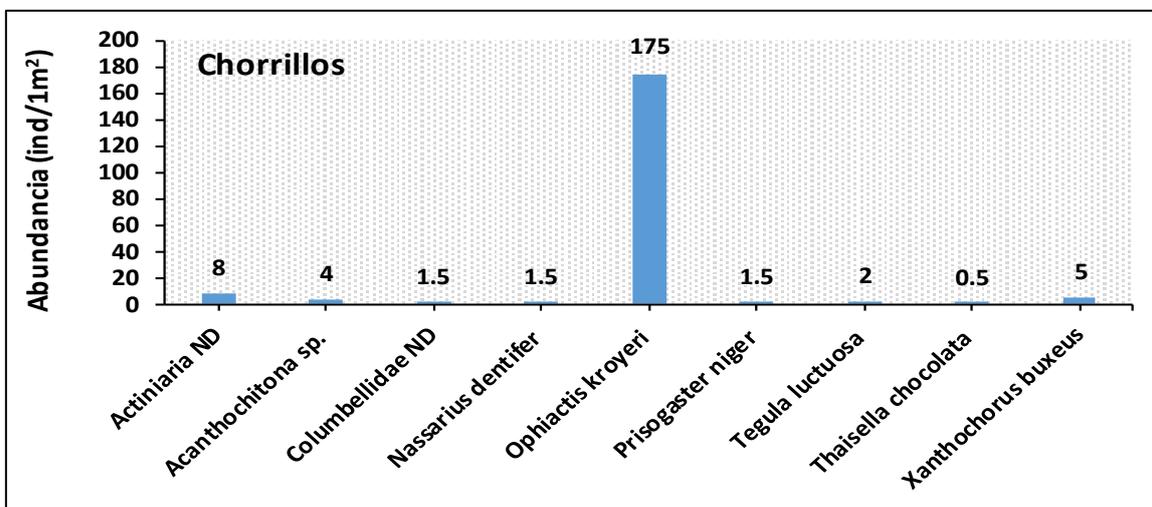


Figura 7.9. Abundancia de especies de megabentos en la playa Chorrillos

8. DISCUSIÓN

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

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

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

La Figura 8.1 presenta el modelo conceptual de la distribución del crudo de petróleo en el medio marino para la evaluación en la playa Chorrillos.

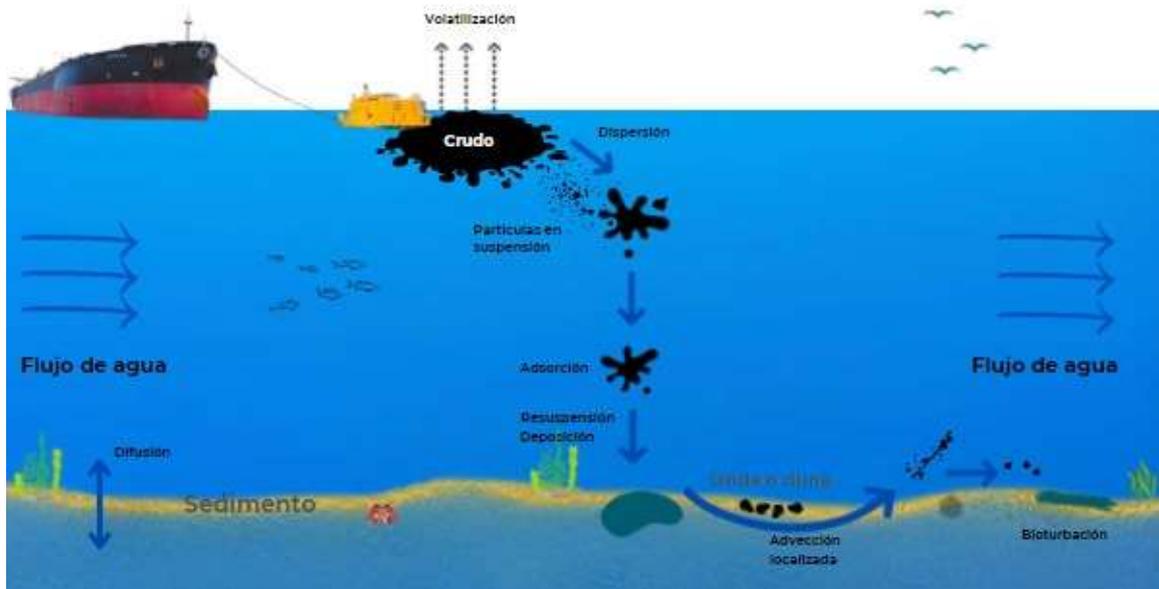


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Chorrillos

Fuente: Adaptado de Karamea et.al. (2021) y Reible, D. (2014).

La zona intermareal se ubica entre la línea de mareas más alta y la línea de marea más baja; dicha zona representa una transición gradual entre el ambiente terrestre, caracterizado por su variabilidad en temperatura, luz y humedad, entre otras variables, y el ambiente acuático, distinguido por su relativa estabilidad ambiental. La alternancia entre el proceso de inundación y exposición al aire determina un ambiente físico único creando gradientes ambientales abruptos que determinan los patrones de distribución y abundancia de los organismos que viven en las costas rocosas (Carefoot, 1977; Barnes y Hughes, 1999; Menge y Branch, 2001; Karkeskint *et al.*, 2009).

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

En el ambiente submareal se considera una distancia perpendicular a la línea de orilla del ambiente intermareal de 500 metros de acuerdo a la clasificación de ANA²⁴, sin embargo, se considera puntos fuera de dicha zona con la finalidad de evaluar posibles fuentes de contaminación asociados al hidrocarburo.

8.1. Zona Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

²⁴ Clasificación del cuerpo de agua marino – costero, aprobado mediante R.J. N.º 030-2016-ANA



Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar se evaluaron 3 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 «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario» y referencialmente con 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» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos». Estas últimas se emplearon de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática) y HAPS, según corresponden.

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH próximo al neutro (entre 7,82 y 7,91 unidades de pH), conductividad eléctrica (entre 51,7 mS/cm y 52,2 mS/cm), temperatura (18,97 °C en promedio) y oxígeno disuelto (7,84 mg/L en promedio) mayor a 4 mg/L establecido por el ECA (4 mg/L). Los valores medidos de unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat.1 B1, en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en la Tabla 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 3 puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA Agua Cat.4 E3 que presenta valores de comparación; los que se detallan en el ítem Resultados y el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Para Metales totales, los resultados mostraron, de los 32 metales analizados, el boro superó el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 3 puntos muestreados, del cual, no se identificó relación alguna con el derrame del crudo, debido a que la composición del crudo no contiene concentraciones registradas de dicho metal. El resto de metales analizados, incluyendo vanadio y níquel (parámetros de interés²⁵), cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.1 B1 debido a registrarse en concentraciones menores al ECA o al L.C.M. (Ver Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos).

La evaluación de la calidad de sedimento (arena de playa), se realizó con el muestreo de 9 puntos, determinados de la identificación del área de potencial interés (API) a lo largo de la playa²⁶, cuya área partió de los segmentos de playa remitidos por Relapasa²⁷.

²⁵ 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).

²⁶ 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 refinera La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero 2022».

²⁷ La playa Chorrillos fue representada por el segmento H-04, que se ubica desde H-04-A 252254, 8719590 (extremo sur) hasta H-04-B 251897, 8720707 (extremo norte), de acuerdo a la carta RLP-GSCMA-504-2022, del 08 de abril de 2022. Cabe señalar que, para la ubicación de puntos de muestreo de la presente evaluación ambiental, se consideró la información de descrita en las cartas RLP-GSCMA-155-2022 y RLP-GSCMA-155-2022 por parte de



Según el análisis granulométrico realizado (1 compósito), el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (98,8%), determinando una textura arenosa y estructura de grano simple y de coloración gris, que caracterizan a playa Chorrillos como una playa Arenosa, de tipo plana con baja pendiente (0 – 2%).

Los resultados obtenidos para Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) y sus fracciones F₁ (C₆-C₁₀), F₂ (C₁₀-C₂₈) y F₃ (C₂₈-C₄₀), HAPs, Metales Totales fueron comparados con los niveles de fondo²⁸ determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Se registró TPH (C₆-C₄₀) en concentraciones por debajo del límite de cuantificación analítico (L.C. <0,30 mg/kg) en todos los puntos de muestreo. Por lo tanto, no hubo resultados que superaran a los NF_{TPH} <0,30 mg/kg y NR_{TPH} <0,30 mg/kg establecidos. De igual manera, las fracciones F₁, F₂ y F₃ no superaron sus límites de cuantificación.

Ninguno de los 9 puntos de muestreo de playa Chorrillos registró Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) que superaran los límites de cuantificación, por lo tanto, tampoco los NF y NR de los 17 compuestos analizados.

Las acciones realizadas por el OEFA entre enero y febrero de 2022 (acciones de supervisión realizadas por la DSEM) registraron concentraciones de TPH(C₆-C₄₀) y fracciones F₂ (TPH_{>C₁₀-C₂₈}) y F₃ (TPH_{>C₂₀-C₄₀}) en sedimento intermareal en concentraciones que superaron referencialmente los niveles de fondo establecidos para TPH_{C₆-C₄₀} (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), y niveles de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg) así como sus fracciones F₂ y F₃ (NF y NR: <0,50 mg/kg) durante los monitoreos realizados entre el 29 de enero al 03 de febrero. Cabe señalar, que las acciones de la DSEM alertaron la presencia de hidrocarburos en fechas (29 de enero al 3 de febrero de 2022) posteriores al derrame debido a la distancia (aproximadamente 42 Km en línea recta en dirección noreste) desde la zona de ocurrencia del derrame de petróleo y la corriente marítima (dirección norte) que determinó el transporte de contaminante.

Por otro lado, tal como se muestra en la Figura 8.2; para la evaluación realizada para el presente informe se registraron TPH(C₆-C₄₀) y sus fracciones en concentraciones menores al límite de cuantificación analítico. En cuanto a los resultados obtenidos para la fracción F₁ registraron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico en los reportes o informes respectivos, por lo cual, no fueron incluidos en la Figura 8.2.

RELAPASAA, con respecto a la definición de división y segmentos y ubicación y estado actual de segmentos en la playa Chorrillos respectivamente.

²⁸ 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 Chorrillos)



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

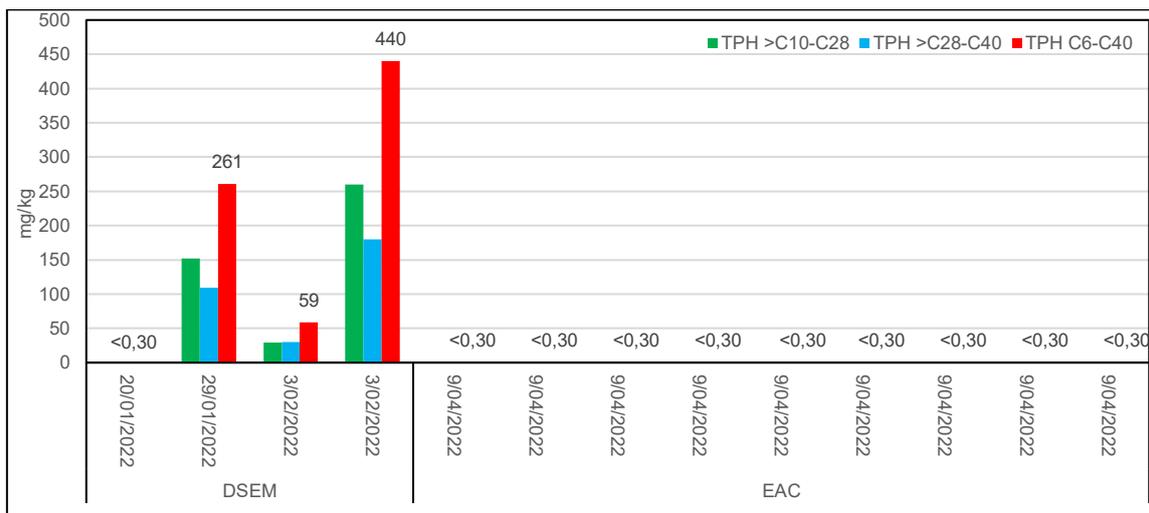


Figura 8.2. Resultados de las acciones de la DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C6-C40) en sedimento intermareal en la playa Chorrillos

Según Relapasaa29, la playa Chorrillos fue considerada limpia, por lo cual, no se realizaron Acciones de Primera Respuesta30 como la limpieza en la playa. Al respecto, es preciso indicar que la disminución de las concentraciones de TPH en arena de playa se debería principalmente a los procesos naturales de degradación (física, química y biológica) que sufren los hidrocarburos al ser expuestos a condiciones ambientales (McCarthy, et al. 1998), que por su naturaleza orgánica, los cambios físicos como la volatilización y la solubilización, son los que ocurren más rápidamente ocasionando la degradación de los hidrocarburos livianos en el intervalo de C6 - C16 (Payne, et al. 1991); donde la fracción F1, es rápidamente transformada y utilizada como nutriente por la microbiota, reduciendo directa o indirectamente las concentraciones (Corona-Ramírez, 2004), mientras que los componentes más complejos (fracciones F2 y F3) pudieron ser atenuados por procesos degradativos progresivos en el medio natural.

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 crudo31 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.

29 RLP-GSMA-155-2022, que propone los objetivos de tratamiento y protocolo para dar por terminadas las actividades de limpieza.

30 El D.S. N.º 005-2021-EM, en el Artículo N.º 66, dicta como Acciones de Primera Respuesta: «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»

31 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).

**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: REPSOL S.A.A.

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que en los 8 puntos muestreados se presentaron concentraciones de níquel que superaron los $NF_{Ni} = 3,64$ mg/kg y $NR_{Ni} = 4,39$ mg/kg; mientras que, en 7 puntos de muestreo se superaron las concentraciones vanadio a los $NF_{Va} = 33,01$ mg/kg y $NR_{Va} = 47,06$, tal como se indica en el ítem Resultados y el Anexo N.° 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Considerando los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la Tabla 8.2, se identificó que los metales cadmio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos debido a encontrarse en concentraciones muy próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Anexo N.° 6 del informe de la EAC en la playa Chorrillos). Asimismo, en relación al níquel y vanadio, en puntos que superaron los NR y NR, los resultados fueron entre 3,49 y 4,54 mg/kg para níquel y entre 31 mg/kg a 53 mg/kg para vanadio, valores próximos a los NF y NR de ambos metales (líneas arriba indicados), 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 y la presencia de efluentes domésticos provenientes de la población de Chancay los que determinen los valores registrados.

Respecto a la evaluación hidrobiológica, la comparación entre playa Chorrillos con los puntos de las playas blanco La Encantada (BE-1), Cocoy (BP-1) y Chica (BSP), se aprecia semejanzas en la abundancia promedio de *E. analoga* con las playas blanco, con patrones de distribución creciente hacia las mayores distancias, tanto en playa Chorrillos como en los blancos (Figura 8.3). Asimismo, estos patrones de distribución de la abundancia, son semejantes a los registrados previamente por Tarazona et al. (1986) y Sánchez (1988).



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

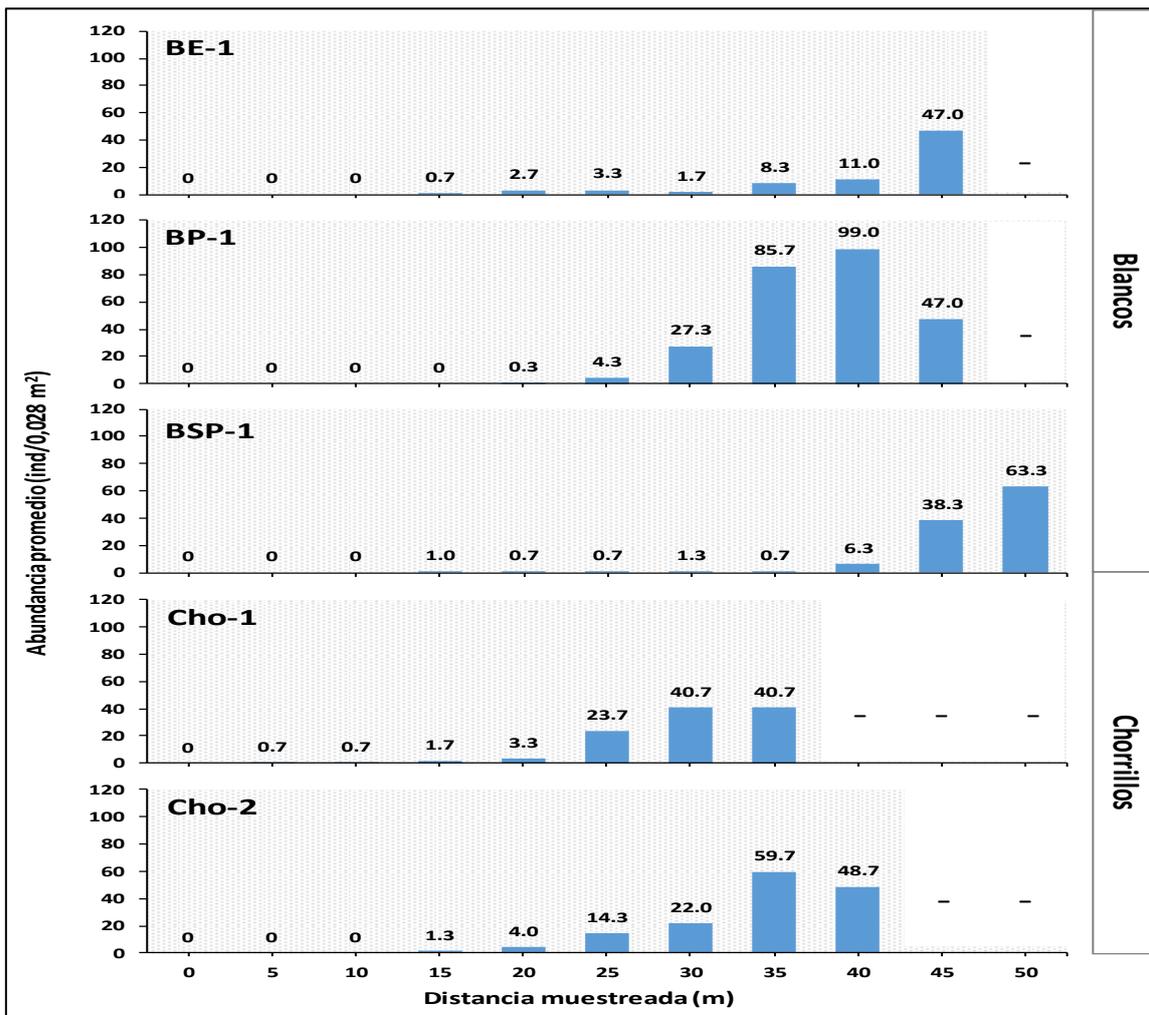


Figura 8.3. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Chorrillos comparado con los puntos de las playas blanco

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra a playa Chorrillos con mayores abundancias en comparación a las playas blanco (Figura 8.4), condición que estaría explicada por la presencia de individuos de mayores tallas, tal como se aprecia en la frecuencia de tallas (Figura 8.5); considerándose así, que la distribución de la biomasa en esta playa se presenta sin perturbación de agentes externos.



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

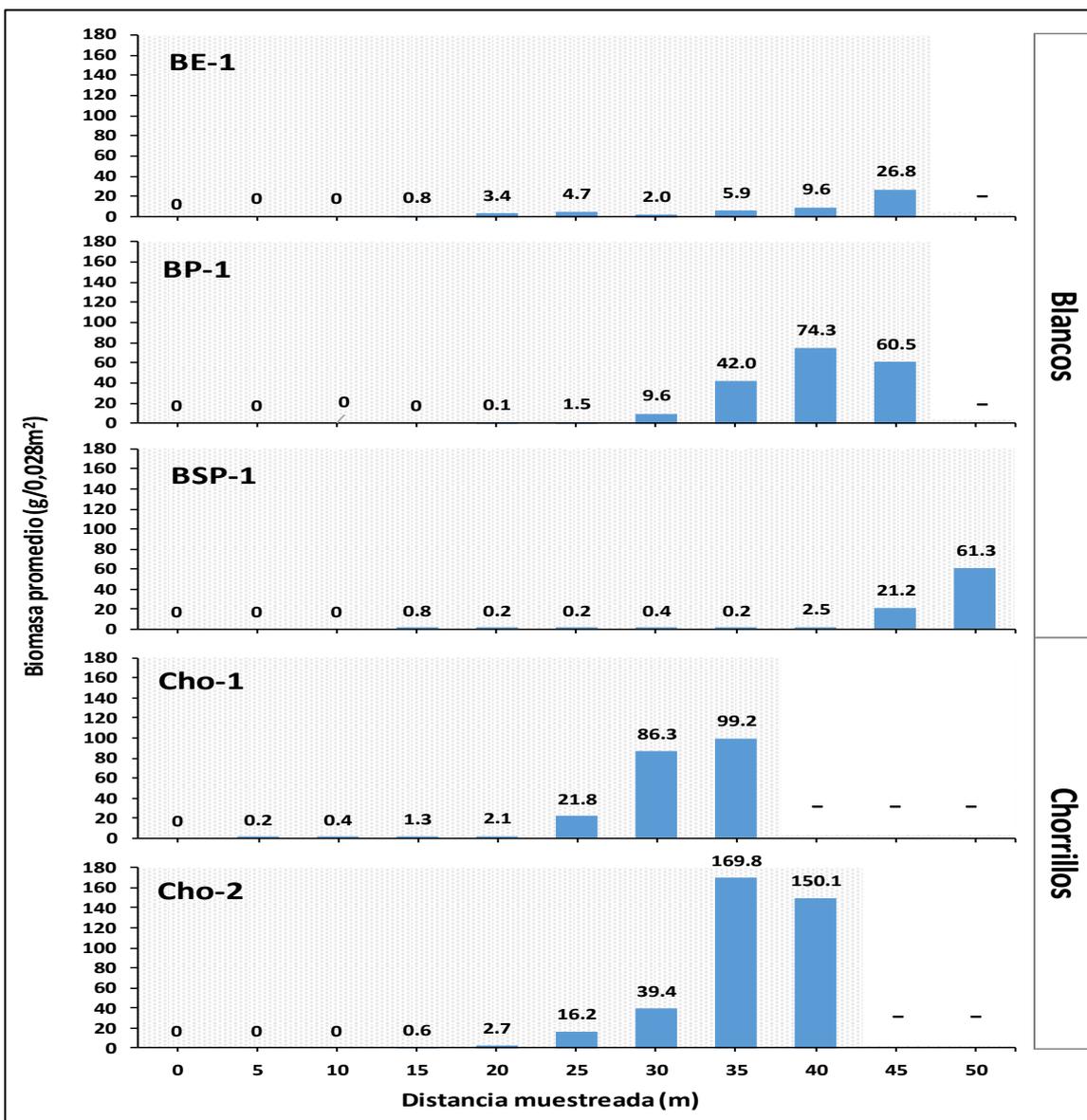


Figura 8.4. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados la playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a la frecuencia de tallas, se puede apreciar que, tanto en las playas blanco como en Chorrillos, existen 2 grupos de tallas bien definidos, con un grupo principal entre los 8 y 15 mm para los blancos y de 10 a 17 mm para playa Chorrillos, y un grupo secundario entre los 19 y 24 mm para los blancos y 22 a 27 para Chorrillos; además, existe la presencia de individuos de tallas intermedias entre estos 2 grupos de tallas. Se verifica un desfase entre ambos grupos de tallas de playa Chorrillos y los blancos (Figura 8.5), sin embargo, esta condición se debería a diferencias en las cohortes de las poblaciones de cada 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

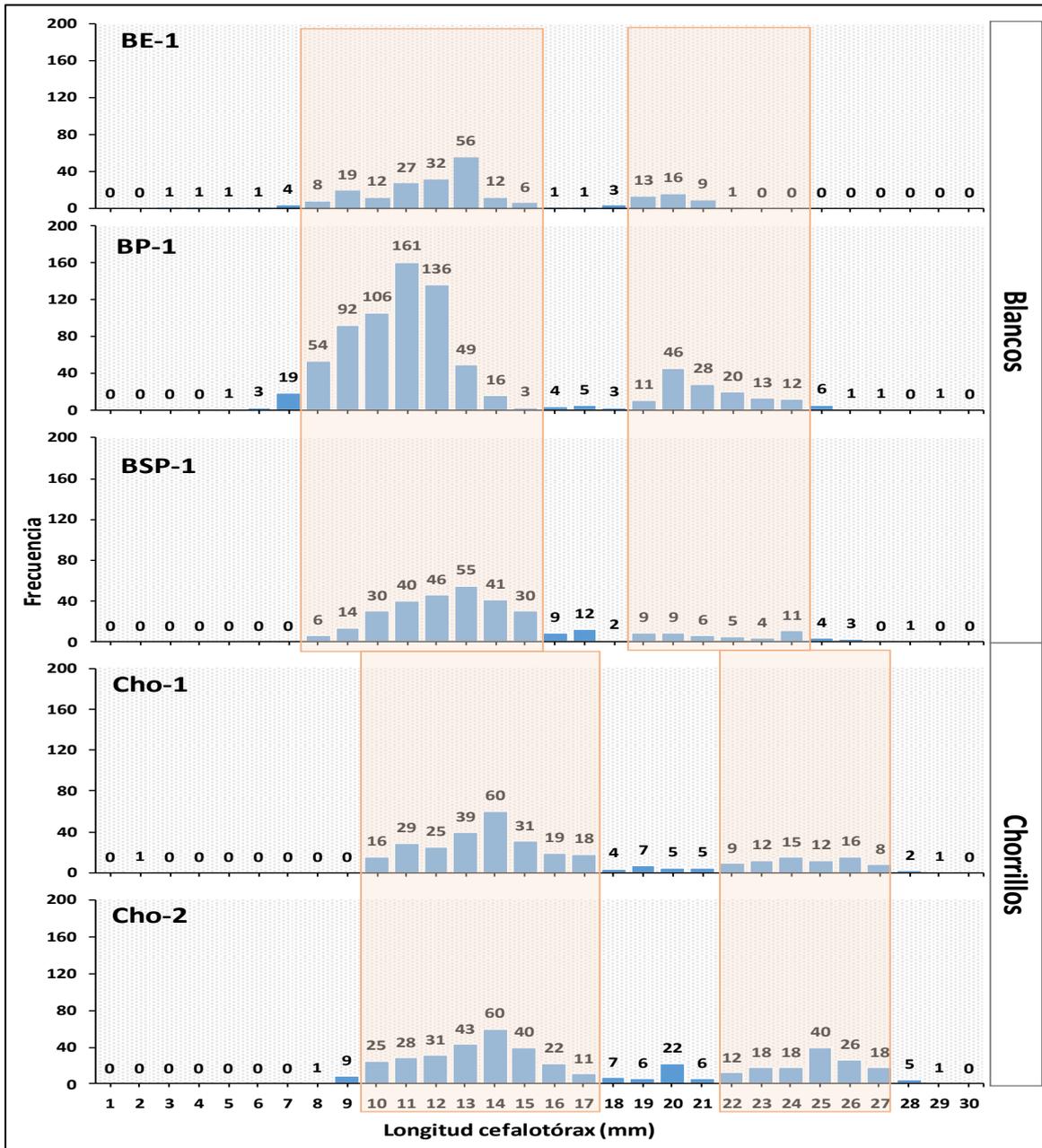


Figura 8.5. Frecuencia de tallas de E. analoga en los puntos evaluados en playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, existe una predominancia de machos tanto en los puntos blancos como en playa Chorrillos; sin embargo, la proporción de hembras ovígeras es aproximadamente el doble en Chorrillos (Figura 8.6). reflejando así, un periodo previo a un proceso reproductivo y el inicio de una nueva cohorte. La mayor presencia de hembras ovígeras explica la presencia de mayores tallas y biomasa en playa Chorrillos.

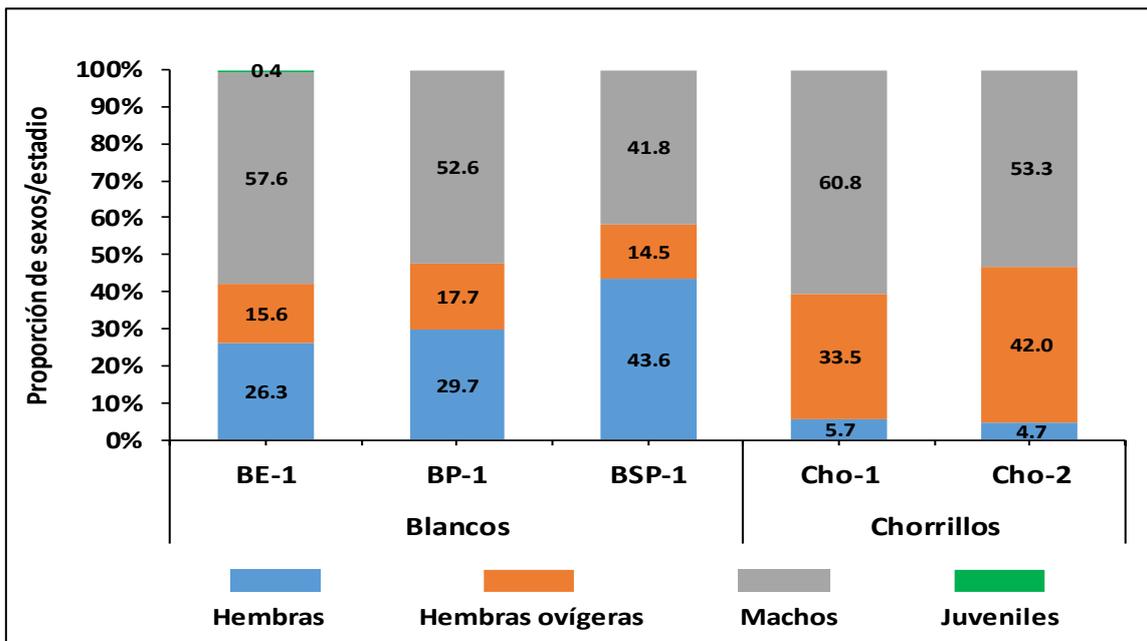


Figura 8.6. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Chorrillos comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a la evaluación hidrobiológica en las playas arenosas, se puede afirmar que no existe evidencias de cambios significativos de la estructura poblacional de *E. analoga* en playa Chorrillos comparados con las playas blanco evaluadas.

8.2. Zona submareal

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

La medición de parámetros de campo (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura) en agua superficial registró pH ligeramente alcalino (de 7,73 a 7,84 unidades de pH), oxígeno disuelto (> 5 mg/L) y conductividad eléctrica (63,5 mS/cm en promedio) y temperatura (18,4 °C en promedio) valores característicos de agua marinas a nivel del litoral evaluado. Dichos valores medidos cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat. 2 C3, en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en el ítem 8. Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial submareal 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 del método de análisis del laboratorio de cada uno de los parámetros analizados en los 4 puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA Agua Cat.2 C3 y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3; los que se indican en detalle en el ítem 8. Resultados y el Anexo N.º 3. Reportes de Campo del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Los resultados de metales totales cumplieron con los ECA Agua Cat.2 C3 y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3; excepto para el boro que superó referencialmente el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 4 puntos muestreados (MS-143, MS-142, MS-144 y MS-148). La presencia de boro en concentraciones superiores al ECA Agua en mención no tendría una relación con la actividad evaluada debido a que el TPH(C6-C40) fue reportando en concentraciones por debajo del límite de cuantificación analítica (< 0,0100 mg/L) en todos los puntos de muestreo, y su presencia estaría condicionada a las condiciones geológicas de la zona.

Los resultados de la evaluación de calidad de sedimento señalan que según el análisis granulométrico el sedimento submareal (MS-143, MS-142, MS-144 y MS-148) presentó composición predominante de arena (> 72,8%) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa. Por otro lado, los puntos MS-142 y MS-148 registraron TPH (C₆-C₄₀) en concentraciones de 24 a 50 mg/kg pero que no superaron los NF_{TPH} 73,62 mg/kg y NR_{TPH} 172,6 mg/kg establecidos, siendo estos las concentraciones más altas en comparación con lo reportado en los puntos MS-143 y MS-144 ubicados entre 500 m y 1 km de la zona intermareal de la playa Chorrillos, los cuales presentaron concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) con un valor mínimo de < 0,30 mg/kg (Figura 8.7).



Figura 8.7. Puntos con presencia de TPH_(C6-C40) que superan el Nivel de Fondo en los puntos de muestreo submareal en sedimento

En los puntos muestreados MS-143, MS-142, MS-144 y MS-148 se registraron Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) por debajo del límite de cuantificación de análisis del laboratorio (L.C.M.), por lo que las concentraciones no superaron los NF y NR en los 18 compuestos analizados, tal como se encuentra en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Chorrillos.

Asimismo, de los resultados obtenidos de los 30 metales en los puntos cercanos a la zona submareal de la playa Chorrillos, solo 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 crudo³² por parte del administrado, en donde solo se consideró el níquel y vanadio por ser los parámetros que presentó mayores concentraciones en la composición del crudo según lo detallado por

³² 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).



REPSOL; donde, de los resultados obtenidos, níquel y vanadio superaron los NF en los puntos MS-144 y MS-148, tal como se muestra en el ítem de Resultados.

Respecto a la comunidad de megabentos, comparando lo obtenido en el punto ubicado frente a playa Chorrillos con los puntos de playas blanco, en ambos se registraron un total de 9 especies, donde el grupo dominante son las estrellas frágiles *Ophiactis kroyeri* con 175 ind/m² en playa Chorrillos y Ophiuroidea ND con 50 ind/m² en el punto blanco (playa Chica) (Figura 8.8). Asimismo, ambos grupos registran a las especies *Thaisella chocolata* y *Tegula luctuosa*; el resto de especies que difieren en ambos grupos se debería a la predominancia del tipo de sustrato, donde playa Chorrillos presenta un 70 % de arena y la playa blanco (Chica) presenta 70% de roca.

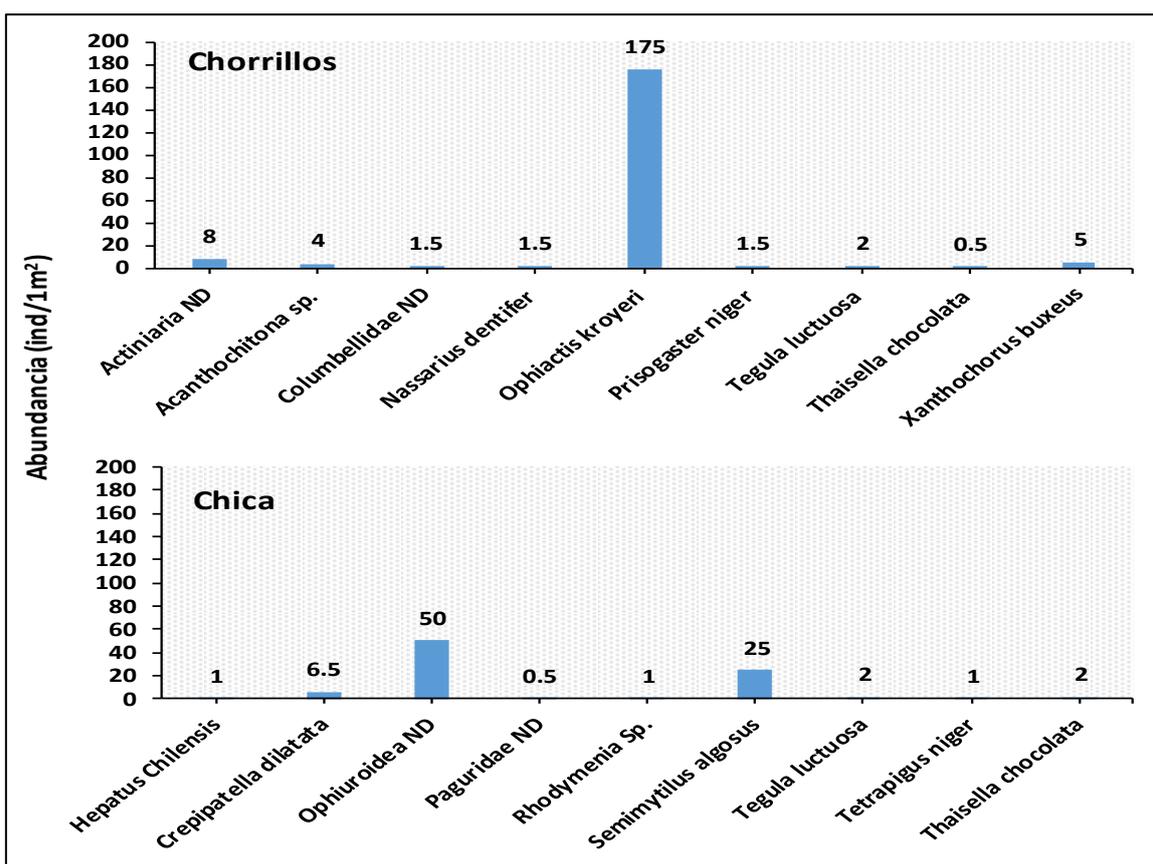


Figura 8.8. Abundancia de especies de megabentos en la playa Chorrillos comparado con el punto blanco de playa Chica

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en el segmento H-04 (H-04-A hasta HA-04-B) en la playa Chorrillos, afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero de 2022, con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del D.S. 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 ECA para agua (2017), nivel de fondo en sedimento (arena de playa), ni afectación de la fauna marina (*Emerita analoga* y megabentos) durante la evaluación realizada entre el 03, 09 y 10 de abril de 2022.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en zona intermareal determinó que en los 3 puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario», y referencialmente con «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, 31 metales excepto boro presentaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA Agua Cat.1 B1, y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3. El boro solo superó el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 3 puntos de muestreo, cuya presencia no tendría una relación con la actividad evaluada.
- La evaluación de la calidad del sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal determinó que los 9 puntos de muestreo no 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 establecidos; asimismo, los resultados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) resultaron por debajo del límite de cuantificación analítico en todos los puntos de muestreo, los cuales no superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia establecidos.
- En arena de playa, se superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia para 8 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel 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 9 puntos de muestreo. Determinándose que no se encontró relación alguna con el derrame de hidrocarburos.
- La evaluación de la calidad del agua de mar ambiente submareal determinó que en los 4 puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2 subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» y referencialmente la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales.
- La evaluación de la calidad del sedimento marino en la zona submareal determinó que los puntos evaluados presentaron una predominancia de arena, en donde los parámetros



evaluados cumplieron con los Niveles de Fondo (73,62 mg/kg) y Niveles de Referencia (172,6 mg/kg) para Hidrocarburos Totales del Petróleo. Asimismo, los 17 compuestos analizados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) no superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia.

- En sedimento submareal, se superaron los valores de NF y NR para 7 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; sin embargo, no se identificó ninguna relación con respecto a puntos de muestreo con presencia TPH por lo que su origen estaría relacionado a otras fuentes como la geología de la zona.
- En cuanto a la evaluación hidrobiológica, no existe evidencia de alteraciones o cambios negativos de la población de *E. analoga* en el ambiente intermareal de playa Chorrillos, ni de la comunidad de megabentos en el ambiente submareal frente a esta misma playa.

Finalmente, de la evaluación ambiental se determina, que la condición de cumplimiento de los ECA Agua (2007) y niveles de fondo y referencia (NF y NR) en los componentes evaluados en la playa Chorrillos se deben a procesos de atenuación natural, puesto que Relapasaa no realizó la «Limpieza del área afectada por el contaminante» como Acciones de Primera Respuesta que dicta el Artículo 66 del D.S. 005-2021-EM, debido a haberla considerado limpia, aun cuando OEFA registró concentraciones superiores al NF y NR para TPH_(C6-C40) en febrero de 2022.

10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión en Energía y Minas

11. BIBLIOGRAFÍA

- Argüelles J., Taipe A., Espinoza E., Aguilar S., García W., Tenorio J., Zavala J., Gamarra A., Santos C. (2010). Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en la región Lima entre Punta Litera - Playa Grande (Barranca y Huara de la Región Lima). Instituto Del Mar Del Perú, Centro Regional de Investigación Pesquera, Huacho – Lima, Unidad de Investigaciones de Invertebrados Marinos, Sede Central. Barnes, R.S.K. & Hughes, R. (2009). An Introduction to Marine Ecology, Third Edition.
- Barron M., T. Podrabsky, R. S. Ogle, J. E. Dugan & R. W. Flicker. (1999). Sensitivity of the Sand Crab *Emerita analoga* to a Weathered Oil. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 62:469-475.
- Carefoot, T. 1977. Pacific seashores: a guide to intertidal ecology. University of Washington Press. Seattle. 208 pp.
- Corona-Ramírez, L. & Iturbe-Arguelles, R. (2004) 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

- Ibanez-Erquiaga B, Pacheco AS, Rivadeneira MM, Tejada CL. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). PLOS ONE 13: e0208244 DOI 10.1371/journal.pone.0208244.
- Karleskint, G., R. Turner y J. Small. 2009. Introduction to Marine Biology, 3a edición, editorial Brooks/Cole, Belmont Canada, 581 pp.
- Keramea, P.; Spanoudaki, K.; Zodiatis, G.; Gikas, G.; Sylaios, G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives and Challenges. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>
- McCarthy, K. J., Uhler, A. D., & Stout, S. A. (1998). Weathering affects petroleum identification. Soil and Groundwater Cleanup, Aug/Sept. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú.
- Menge, B. A. y G. M. Branch. 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.
- Moreno RA, Labra FA, Cotoras DD, Camus PA, Gutiérrez D, Aguirre L, Rozbaczylo N, Poulin E, Lagos NA, Zamorano D, Rivadeneira MM. (2021). Evolutionary drivers of the hump-shaped latitudinal gradient of benthic polychaete species richness along the Southeastern Pacific coast. PeerJ 9: e12010 DOI 10.7717/peerj.12010
- Osorio, C., N. Bahamonde & M.T. López. (1967). El limache *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. Bol. Mus. Nac. de Hist.Nat., Chile, 29(6): 61-116.
- Payne, J. R., Clayton, J. R., McNabb, G. D. & Kirstein, B. E. (1991). Exxon Valdez oil weathering fate and behavior: Model predictions and field observations. *Proceeding of the 1991 Oil Spill Conference*, 641-654. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú.
- Reible, D. (2014) *Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments*. Springer, 496 p.
- Sánchez G. (1988). Algunos aspectos bio-icologicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA,



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

Robertson J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57(7):573–583 DOI 10.1641/B570707.

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