

**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 PLAYA CAVERO**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Profesionales que aportaron a este documento:



ÍNDICE DEL CONTENIDO

| | |
|------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| 3. OBJETIVOS | 4 |
| 3.1. Objetivo general | 4 |
| 4. ÁREA DE ESTUDIO | 4 |
| 5. MODELO CONCEPTUAL | 5 |
| 6. METODOLOGÍA..... | 6 |
| 6.1. Guías utilizadas para la evaluación | 7 |
| 6.2. Ubicación de puntos de muestreo | 8 |
| 6.2.1. Zona Intermareal | 8 |
| 6.2.2. Zona Submareal | 12 |
| 6.3. Parámetros y métodos de análisis..... | 13 |
| 6.4. Equipos utilizados | 14 |
| 6.5. Procesamiento de datos | 14 |
| 6.6. Criterios de evaluación..... | 15 |
| 7. RESULTADOS | 19 |
| 7.1. Ambiente Intermareal..... | 19 |
| 7.1.1. Agua superficial de mar..... | 19 |
| 7.1.2. Sedimento (arena de playa) | 21 |
| 7.1.3. Hidrobiológico | 24 |
| 7.1.4. Superficie de litoral | 29 |
| 7.2. Ambiente submareal | 30 |
| 7.2.1. Hidrobiológico | 30 |
| 8. DISCUSIÓN | 30 |
| 8.1. Ambiente Intermareal..... | 32 |
| 8.2. Ambiente Submareal..... | 50 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 52 |
| 10. RECOMENDACIONES | 54 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA | 54 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 6.1. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados ... | 7 |
| Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en el ambiente intermareal de playa Cavero | 11 |
| Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal de playa Cavero | 11 |
| Tabla 6.4. Ubicación del punto de referencia de la verificación en orilla rocosa para la identificación de focos potenciales de contaminación en la playa Cavero..... | 11 |
| Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en el ambiente intermareal de playa Cavero | 11 |
| Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en el ambiente intermareal de las playas control (puntos blanco) | 12 |
| Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente submareal de playa Cavero | 12 |
| Tabla 6.8. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente submareal de las playas control (puntos blanco)..... | 13 |
| Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología | 13 |
| Tabla 6.10. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa), según los ECA vigente y niveles de fondo de las zonas “blanco” | 16 |
| Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en el ambiente intermareal de playa Cavero | 19 |
| Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal..... | 23 |
| Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal | 24 |
| Tabla 7.4. Clasificación según nivel de evidencia de focos potenciales en la playa Cavero | 29 |
| Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado-Refinería La Pampilla | 36 |
| Tabla 8.2. Descripción del foco potencial de contaminación identificado en la playa Cavero | 40 |
| Tabla 8.3. Vías posibles de propagación del contaminante en la playa Cavero | 43 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de playa Caveró..... | 5 |
| Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Caveró, afectada por el derrame de petróleo crudo..... | 6 |
| Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en playa Caveró | 8 |
| Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en playa Caveró | 9 |
| Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología intermareal y submareal en playa Caveró | 10 |
| Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C ₆ -C ₄₀) en sedimento de la playa Caveró comparadas con los NF _{TPH} y NR _{TPH} | 21 |
| Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F ₂ en sedimento de la playa Caveró | 22 |
| Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F ₃ en sedimento de la playa Caveró | 22 |
| Figura 7.4. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa Caveró..... | 25 |
| Figura 7.5. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa Caveró..... | 25 |
| Figura 7.6. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa Caveró | 26 |
| Figura 7.7. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en Playa Caveró..... | 26 |
| Figura 7.8. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Caveró..... | 27 |
| Figura 7.9. Abundancia de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Caveró | 28 |
| Figura 7.10. Abundancia de especies de megabentos en la playa Caveró | 30 |
| Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático – playa Caveró..... | 31 |
| Figura 8.2. Concentraciones de fracciones F1, F1, F3 que supera los niveles de fondo en sedimento (arena de playa) en la playa Caveró | 33 |
| Figura 8.3. Resultados de la EAF, EAS, DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C ₆ -C ₄₀) y fracciones en sedimento intermareal de la playa Caveró..... | 34 |
| Figura 8.4. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos en sedimento intermareal de la playa Caveró | 35 |
| Figura 8.5. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) en el punto CAV-SD-3 en relación a los niveles de fondo y niveles de referencia en la playa Caveró . | 37 |
| Figura 8.6. Distribución de TPH C ₆ -C ₄₀ en la playa Caveró y el alcance proyectado | 38 |
| Figura 8.7. Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Caveró identificada como foco potencial de contaminación | 39 |
| Figura 8.8. Evidencias observadas organolépticamente y restos de residuos sólidos impregnados con hidrocarburos en el punto de verificación en roca (CAV-R1) para la identificación del foco potencial de contaminación en la playa Caveró. | 41 |
| Figura 8.9. Vista del entorno, observación organoléptica y muestreo de sedimento intermareal en los puntos CAV-SD-1 (a), CAV-SD-2 (b y c) y CAV-SD-3 (d)..... | 42 |



| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 8.10. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en playa Cavero comparado con los puntos de las playas blanco. | 44 |
| Figura 8.11. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa Cavero comparados con los puntos de las playas blanco..... | 45 |
| Figura 8.12. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto de muestreo de playa Cavero comparados con los puntos de las playas blanco | 46 |
| Figura 8.13. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado de playa Cavero comparados con los puntos de las playas blanco..... | 47 |
| Figura 8.14. Riqueza de especies de Cavero comparado con los puntos de las playas blanco. | 48 |
| Figura 8.15. Punto CAV-R7 mostrando el sustrato rocoso (zona mediolitoral) impregnado con hidrocarburo..... | 49 |
| Figura 8.16. Punto CAV-R3 mostrando el sustrato rocoso (zona supralitoral) impregnado con hidrocarburo y la existencia de cirrípedos muertos | 50 |
| Figura 8.17. Abundancia de especies de megabentos en la playa Cavero comparado con los puntos blancos (Playa La Encantada, La Herradura y Cocoy) | 51 |
| Figura 8.18. Color y textura que representan manchas de petróleo crudo en roca, visualizado en los periodos de los sobrevuelos con RPAS en la evaluación ambiental focal del 17 al 26 de enero, la evaluación ambiental de seguimiento del 17 al 26 de febrero y en la evaluación ambiental de causalidad del 26 de marzo al 6 de abril. | 52 |



1. INTRODUCCIÓN

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de la Refinería La Pampilla (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), referida 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, operada por Relapasaa, en el 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, responsabiliza a Relapasaa el cumplimiento de las medidas administrativas impuestas, entre ellas, realizar la limpieza de playas como Acciones de Primera Respuesta³. Asimismo, 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 de fecha 25 de febrero de 2022 y el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM, 24 de marzo de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales

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.

3 El **Decreto Supremo N.º 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.»



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»

Protegidas y ecosistemas frágiles, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N. ° 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido los días 15 y 24 de enero del 2022.

La verificación de limpieza de playas⁴, fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)⁵ que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66⁶ del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos-RPAAH, aprobado por Decreto Supremo N. ° 039-2014-EM y en la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos aprobada mediante Decreto Supremo N. ° 005-2021-EM, en el Art. 66-B.3⁷, 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 27, 30 y 31 de marzo del 2022 (en adelante, EAC de la playa Cavero), que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera (orilla arenosa) de la playa Cavero realizada 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 del agua superficial, arena, sedimento⁸ (arena de

- 4 El Decreto Supremo Nº 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.»*
- 5 De acuerdo al Artículo 24 del Reglamento de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental–OEFA, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N. ° 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.»*
- 6 **Decreto Supremo N. ° 039-2014-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos**
«Artículo 66º.- Siniestros y emergencias En el caso de siniestros o emergencias con consecuencias negativas al ambiente, ocasionadas por la realización de Actividades de Hidrocarburos, el Titular deberá tomar medidas inmediatas para controlar y minimizar sus impactos, de acuerdo a su Plan de Contingencia. Las áreas que por cualquier motivo resulten contaminadas o afectadas por siniestros o emergencias en las Actividades de Hidrocarburos, deberán ser descontaminadas o de ser el caso rehabilitadas en el menor plazo posible, teniendo en cuenta la magnitud de la contaminación, el daño ambiental y el riesgo de mantener esa situación.»
- 7 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».*
- 8 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».* Y según el Decreto Supremo N.º 012-2017-MNAM «Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados», el sedimento se define como: *«Material no consolidado depositado por procesos fluviales o marinos recientes, y que se encuentran permanente o temporalmente por debajo del espejo de aguas superficiales.»*

**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»

playa y sedimento marino), el estado de la comunidad de macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita análoga* (muy-muy) consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente, los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) establecidos para sedimento en relación a los hidrocarburos de petróleo y otros elementos (asociados a la caracterización del petróleo derramado) en zonas “blanco”, con condiciones similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado. Asimismo, se realizó la identificación de focos potenciales de contaminación según indicadores establecidos por el Oefa en áreas donde, por sus condiciones, no fue posible realizar muestreos (orillas rocosas). 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 Cavero, 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, 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*⁹, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, operada por Relapasaa, ubicado en el distrito de Ventanilla, provincia y departamento 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 Focal¹⁰ realizada entre el 19 enero al 5 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 Seguimiento¹¹ realizada entre el 17 al 27 de febrero de 2022, a través del monitoreo de parámetros que permitió identificar,

⁹ Buque de bandera italiana.

¹⁰ INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STECC. 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.

¹¹ REAS-035-2022-STECC. 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.



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»

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 Seguimiento¹², realizadas entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (Provincia Constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

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

Por otro lado, Relapasaa, mediante Escrito Repsol S/N del 1 de febrero de 2022, Carta RLP-GSCMA-057-2022 del 4 de febrero de 2022, , RLP-GSCMA- 155-2022, de fecha 15 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA- 213-2022 de fecha 23 de febrero de 2022 carta RLP-GSCMA-280-2022 del 9 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-365-2022 del 18 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022 y carta RLP-GSCMA-423-2022, de fecha 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 8 de abril de 2022, carta RLP-GSCMA-515-2022, de fecha 13 de abril de 2022; comunicó el avance de las acciones de primera respuesta y la culminación de la limpieza de playas de entre los cuales se encuentra la playa Caveró.

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 (orilla rocosa y arenosa) y el estado de las comunidades de macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita analoga* en la playa Caveró.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

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

4. ÁREA DE ESTUDIO

12 REAS-036-2022-STEC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N. ° 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.



La playa Cavero se ubica en el distrito de Ventanilla, provincia Constitucional del Callao. Pertenece a la Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino-costero» aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA el 25 de enero de 2016.

La evaluación ambiental se realizó en la zona marino-costera de la playa Cavero (zona litoral afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022) entre el segmento C-04-A hasta C-05-B¹³ según las cartas emitidas por Repsol que definen los tramos de tratamiento en divisiones, segmentos¹⁴ y ubicaciones puntuales¹⁵ de las playas. (Figura 4.1).

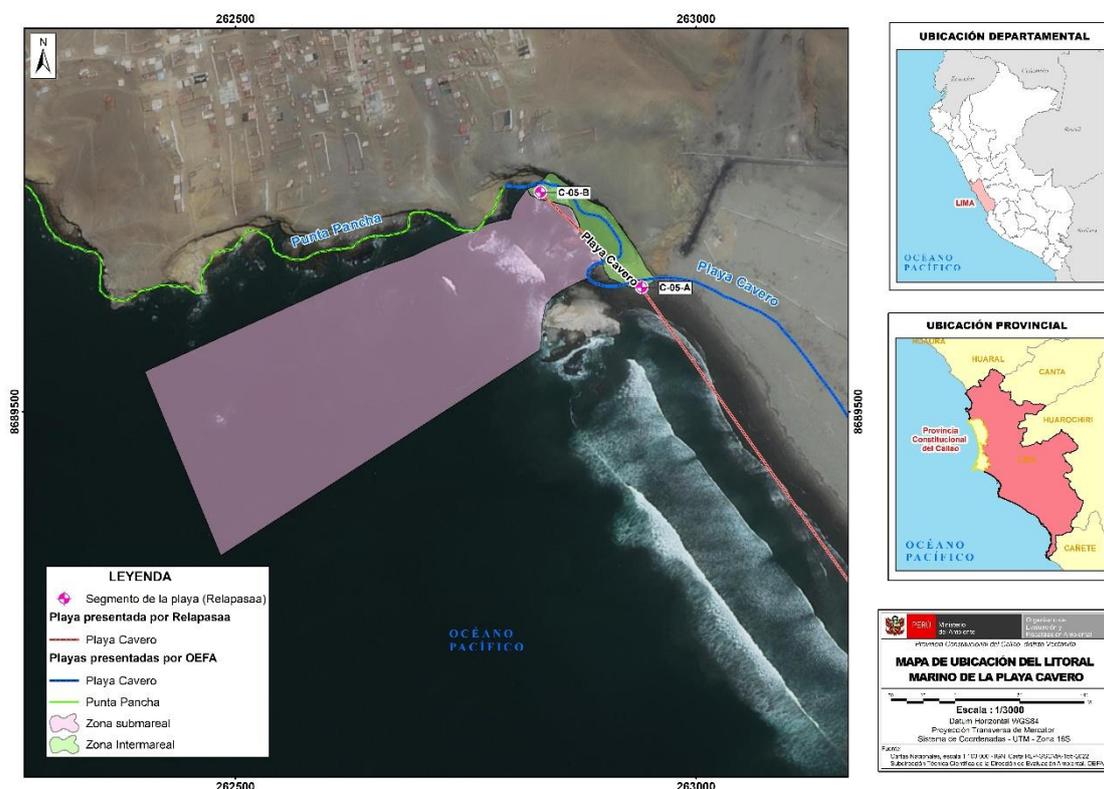


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de playa Cavero Fuente: CSIG-OEFA-2022.

5. MODELO CONCEPTUAL

La Figura 5.1 presenta el modelo conceptual de la evaluación ambiental de causalidad en el área afectada por el derrame de petróleo crudo en playa Cavero.

Se evaluó la línea litoral a lo largo del área afectada por el derrame de petróleo en playa Cavero, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa, pedregosa y rocosa). Los

13 Los segmentos de C-04 se ubican desde C-04-A 264130, 8687940; C-04-B 262940, 8689636 y C-05 se ubican desde C-05-A 262940, 8689636, C-05-B 262050, 8689770.

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

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



componentes físicos evaluados fueron agua superficial de mar superficial y sedimento (arena de playa), mediante muestreos 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 el ambiente 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 Cavero.

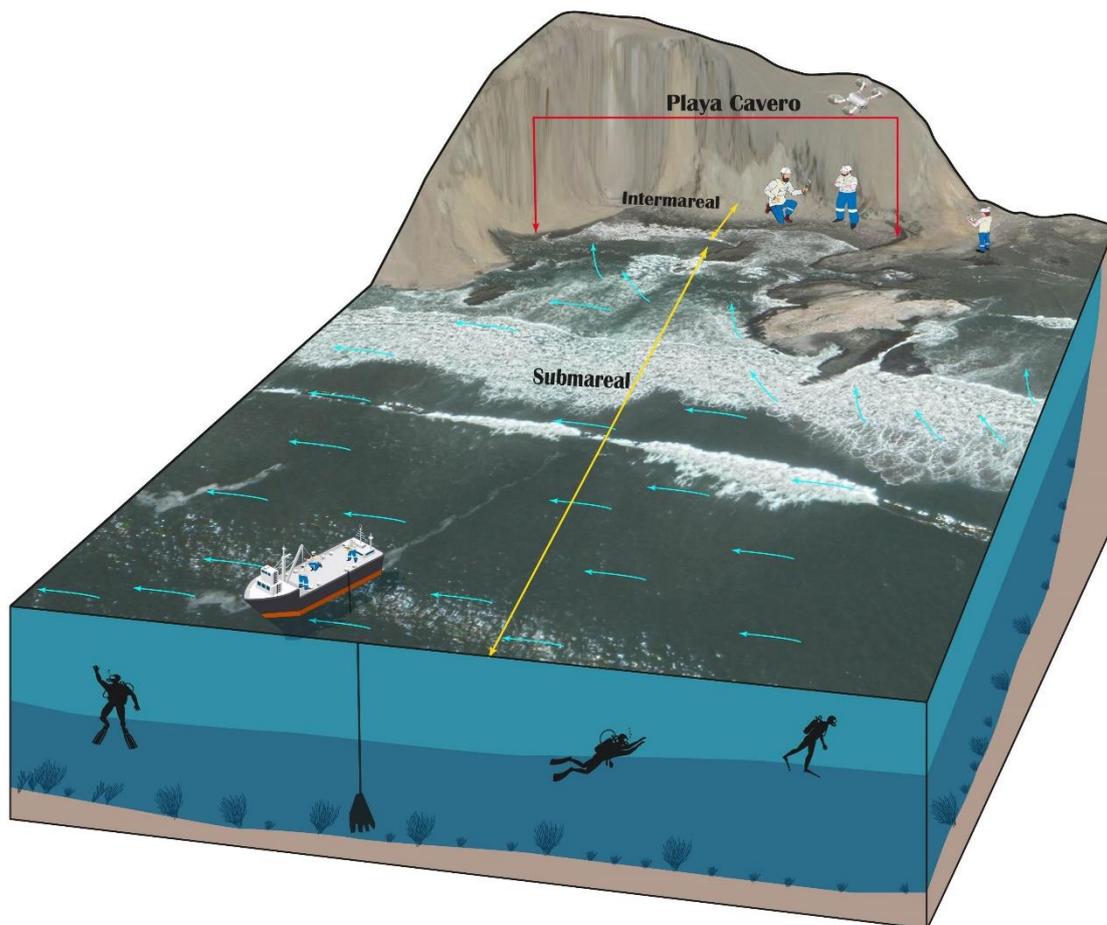


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Cavero, afectada por el derrame de petróleo crudo.

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 de mar, sedimento (arena de playa) y comunidades hidrobiológicas, la zona marino-costera de playa Cavero.

**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»

6.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología 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 |
| Sedimento intermareal (arena de playa) | Guía para el muestreo de suelos | Plan de muestreo sección 1.3.1. Muestreo de identificación (MI) Anexo 2: Patrones de muestreo para definir la localización de puntos de muestreo en suelos contaminados | Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM | Ministerio del Ambiente (MINAM) | Perú |
| | Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001) | Capítulos 4 | - | Agencia de Protección Ambiental (EPA) | Estados Unidos |
| | Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</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 |
| Macrobentos (incluye <i>Emerita analoga</i>) | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater | Section 10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection | Guía internacional | American Public Health Association (APHA) | Estados Unidos 2012 |



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»

| Componentes ambientales | Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento | Sección | Dispositivo Legal | Entidad | País |
|-------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|
| 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 |

6.2. Ubicación de puntos de muestreo

6.2.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de playa Cavero fue evaluada en un total de 2 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la playa, a una distancia aproximada de 50 m entre un punto y otro para la caracterización de la zona intermareal de la playa (Figura 6.1)

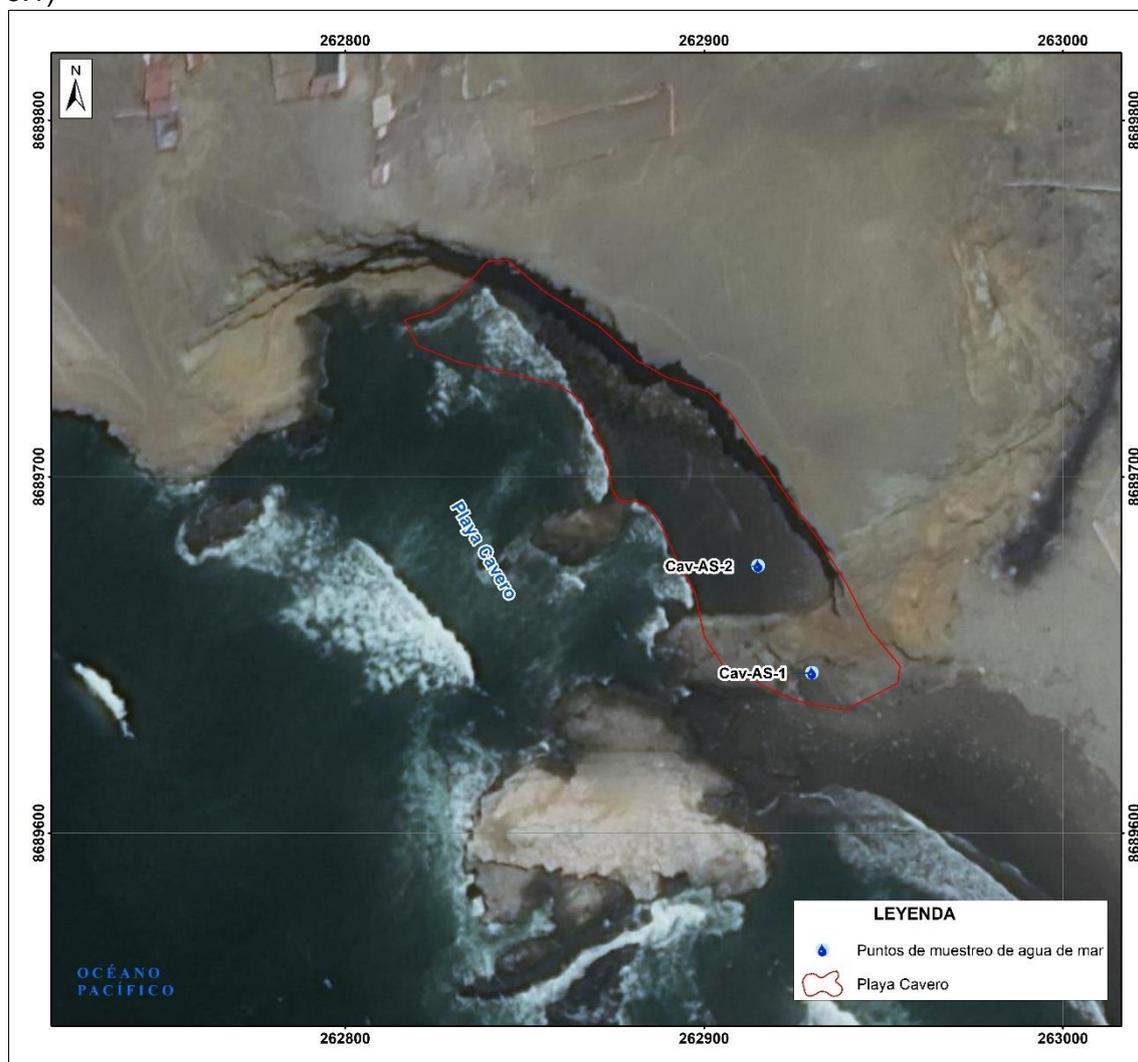


Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en playa Cavero



En el ambiente intermareal se muestrearon 3 puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) (Tabla 6.2), según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEAC, a nivel superficial considerando una profundidad de 0–5 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C₆-C₄₀), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F₁ (C₆-C₁₀), fracción media F₂ (C₁₀-C₂₈) y fracción F₃ de cadena larga (C₂₈-C₄₀); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en 1 compósito para caracterizar la playa.

Adicionalmente, se realizó una evaluación en zonas de rocosas donde no fue posible obtener muestras de sedimento, del cual se estableció un punto de referencia.

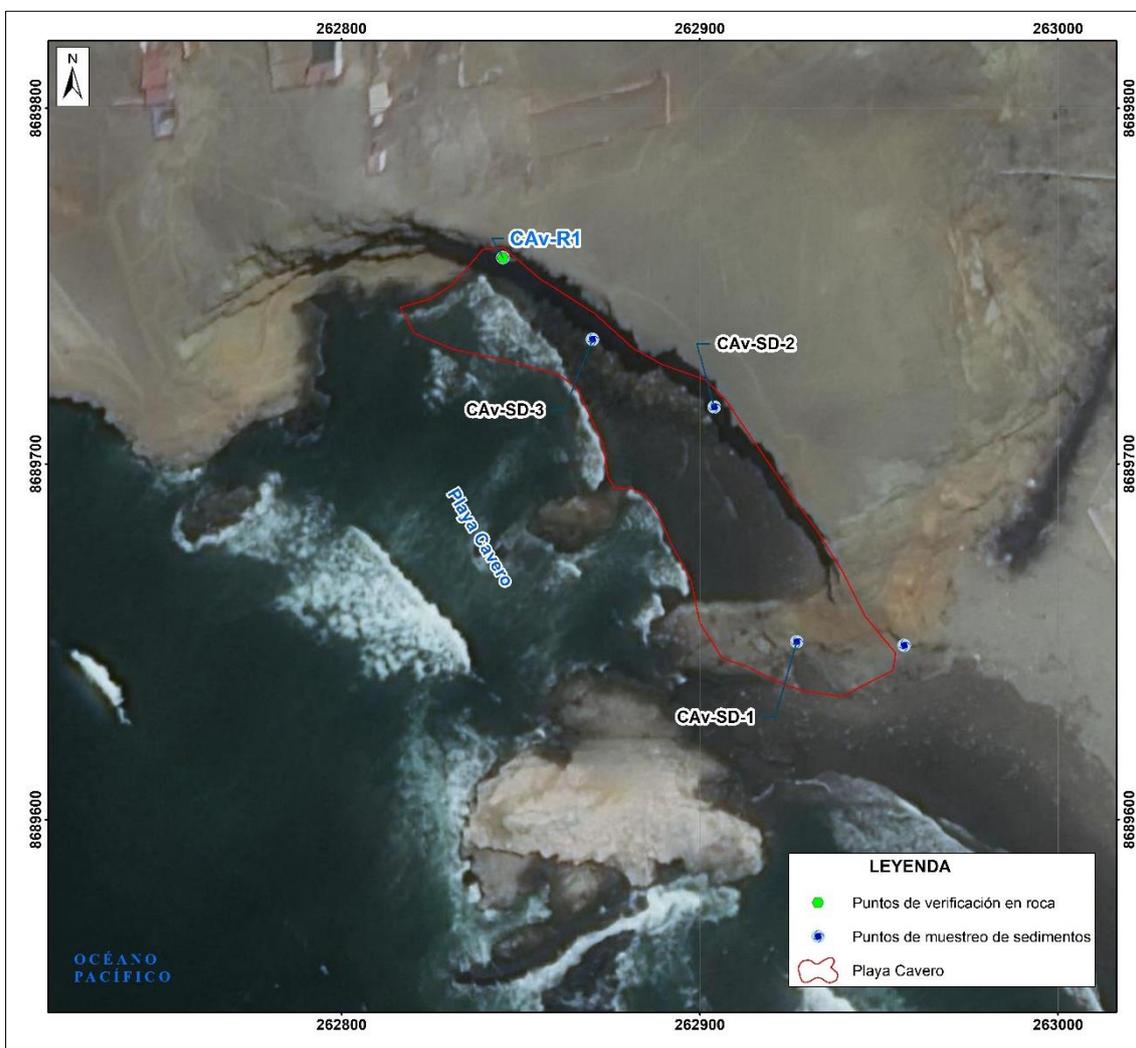


Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en playa Caverro

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 6 puntos en intermareal, 5 puntos correspondiente a la evaluación de macrobentos de orilla rocosa (CAV-R2, CAV-R3, CAV-R5, CAV-R6 y CAV-R7) y un punto para la evaluación de *Emerita analoga* (CAV-4) (Figura 6.3).



Asimismo, se evaluaron 6 puntos blancos, ubicados en las playas La Encantada, La Herradura, Cocoy y Chica. La ubicación de los puntos blancos se muestran en el reporte de campo de playas blanco (Anexo 3). Cabe destacar que, el punto CAV-R1¹⁶ no se considera para el análisis debido a que su ubicación se encuentra fuera de los límites de playa Cavero.



Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología intermareal y submareal en playa Cavero

En la Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal de playa Cavero.

**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»

Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en el ambiente intermareal de playa Cavelo

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84–Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | Cav-AS-1 | 262930 | 8689645 | 0 | Playa Cavelo, punto intermareal ubicado en el extremo sur de la playa en la zona de entrante y al este de la punta de la playa Cavelo. |
| 2 | Cav-AS-2 | 262915 | 8689675 | 0 | Playa Cavelo, punto intermareal ubicado en la zona central de la playa, aproximadamente a 50 m al norte del punto Cav-AS-1 en línea recta. |

Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal de playa Cavelo

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84 – Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | CAv-SD-1 | 262927 | 8689650 | 0 | Ubicado en la playa Cavelo aproximadamente a 1,2 km al noroeste de la playa Delfines |
| 2 | CAv-SD-2 | 262904 | 8689716 | 0 | Ubicado en la playa Cavelo aproximadamente a 1,30 km al noroeste de la playa Delfines |
| 3 | CAv-SD-3 | 262870 | 8689735 | 0 | Ubicado en la playa Cavelo aproximadamente a 1,35 km al noroeste de la playa Delfines |

La Tabla 6.4 presenta la ubicación del área evaluada para la identificación de focos potenciales de contaminación en la playa Cavelo.

Tabla 6.4. Ubicación del punto de referencia de la verificación en orilla rocosa para la identificación de focos potenciales de contaminación en la playa Cavelo

| N.º | Código | Hora | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 L | | Altitud (m s.n.m.) | Sustrato | Descripción |
|-----|--------|-------|----------------------------------|-----------|-----------------------|----------|-----------------------------------------------|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| 1 | CAv-R1 | 11:00 | 262845 | 8689758 | 0-1 | Rocoso | Ubicado en el sector norte de la playa Cavelo |

En la Tabla 6.5 y 6.6 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en playa Cavelo y de los puntos blanco (playa Chica, La Encalada, La Herradura y Cocoy).

Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy muy) en el ambiente intermareal de playa Cavelo

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84 – Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | CAV-R2 | 262929 | 8689619 | 0 | Playa Cavelo, intermareal rocoso ubicado en la zona externa de la playa |
| 2 | CAV-R3 | 262907 | 8689604 | 0 | Playa Cavelo, intermareal rocoso ubicado en el islote frente a la zona externa de la playa |

**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»

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------------|-------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84 – Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 3 | CAV-R5 | 262871 | 8689732 | 0 | Playa Caveró, intermareal rocoso ubicado cerca al centro de la playa |
| 4 | CAV-R6 | 262835 | 8689757 | 0 | Playa Caveró, intermareal rocoso ubicado en el extremo norte de la playa |
| 5 | CAV-4 | 262903 | 8689681 | 0 | Playa Caveró, intermareal arenoso ubicado en la parte sur de la playa |
| 6 | CAV-R7 | 262916 | 8689662 | 0 | Playa Caveró, intermareal rocoso ubicado en el extremo sur de la playa |

Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy muy) en el ambiente intermareal de las playas control (puntos blanco)

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|-----|------------------------------|-------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84 – Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | BE-1 | 283696 | 8647741 | 0 | Playa La Encantada, intermareal arenoso ubicado frente a la parte sur de los Pantanos de Villa, Chorrillos |
| 2 | BrP-1 | 278113 | 8652408 | 0 | Playa La Herradura, intermareal rocoso ubicado a 900 m al suroeste de la zona de playa, ingresando por el paso La Araña |
| 3 | BP-1 | 213443 | 8758705 | 0 | Playa Cocoy, intermareal arenoso ubicado a 2 km al oeste del humedal Paraiso |
| 4 | BrSP-1 | 213952 | 8758835 | 0 | Playa Cocoy, intermareal rocoso ubicado a 0,49 km al este del punto BP-1 y 1,5 km del humedal Paraiso |
| 5 | BrE-1 | 213900 | 8758875 | 0 | Playa Cocoy, intermareal rocoso ubicado a 60 m al sureste del punto BrSP-1 |
| 6 | BSP-1 | 215988 | 8765594 | 0 | Playa Chica, intermareal arenoso ubicado a 1,4 km al norte del extremo norte del humedal Paraiso |

6.2.2. Zona Submareal

En las Tablas 6.7 y 6.8 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en el ambiente submareal de playa Caveró y de los puntos blanco (playa La Encantada, La Herradura y Cocoy) (Figura 6.3). La ubicación de los puntos blancos se muestra en el reporte de campo de playas blanco (Anexo 3)

Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente submareal de playa Caveró

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM | | Profundidad (m) | Descripción |
|-----|------------------------------|-------------------|-----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | WGS 84 – Zona 18L | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | Cav-S1 | 262463 | 8689377 | 11 | Punto submareal ubicado frente a Playa Caveró, a aproximadamente a 500 m de la línea de costa. Fondo Blando |
| 2 | Cav-S2 | 262312 | 8689582 | 7 | Punto submareal ubicado al lado Norte de Playa Caveró, a 260 m al Norte del punto Cav-S1. Fondo Blando |

**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»

Tabla 6.8. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente 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 | BE-S1 | 283623 | 8647466 | 12 | Punto submareal ubicado frente a Playa La Encantada, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de la línea de costa. Fondo Blando |
| 2 | BrP-S1 | 278213 | 8652764 | 8 | Punto submareal ubicado al lado Sur de Playa La Herradura, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de los acantilados. Fondo Blando |
| 3 | BP-S1 | 213457 | 8758982 | 6 | Punto submareal ubicado frente a Playa Cocoy, distrito de Huacho, a aproximadamente 250 m de la línea de costa. Fondo Blando |

6.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.9 se presenta los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, sedimento (arena de playa), e hidrobiología en playa Cavero.

Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología

| Componente | Tipo de muestra | Parámetros | Cantidad | Método de análisis | Laboratorio contratado |
|-------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Agua salina | Agua superficial de mar – Ambiente 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, Acenafreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno | 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, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, 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 | |

**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»

| Componente | Tipo de muestra | Parámetros | Cantidad | Método de análisis | Laboratorio contratado |
|---------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------|------------------------|
| Sedimento | Arena de playa – Ambiente Intermareal | Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3) | 8 | 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 | 8 | EPA Method 8270E. Rev.6 (2018) | |
| | | Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc) | 8 | EPA Method 3050 B Rev2 / EPA Method 6020 B. Rev.2 | |
| | | Análisis granulométrico | 1 | ASTM D422-63 (Reapproved 2007) | ALS LS PERU |
| Hidrobiología | Hidrobiología – Ambiente Intermareal | Macrobentos (macroinvertebrados bentónicos) | 1 | SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900 | OEFA - OTEC |
| | | Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> (muy muy) | 1 | SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900 | OEFA - OTEC |
| | Hidrobiología – Ambiente Submareal | Megabentos | 1 | Methods for the Study of marine benthos - 2013 | <i>In situ</i> |

Fuente: Anexo 4: Informes de ensayo

Agua Salina:

Informes de ensayo IE-22-4695, IE-22-4760 emitidos por ALAB E.I.R.L.

Sedimentos

Informes de ensayo: S-22/018670, SAA-22/00299, SAA-22/00300 emitidos por AGQ Perú S.A.C.;

Informe de ensayo: 24904/2022 emitido por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 082-2022-OEFA/OTEC, 170-2022-OEFA/OTEC, 171-2022-OEFA/OTEC, 172-2022-OEFA/OTEC, 174-2022-OEFA/OTEC, 175-2022-OEFA/OTEC, 084-2022-OEFA/OTEC.

6.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los reportes de campo N.º RC-021-2022-STEC, N.º RC-022-2022-STEC y RC-025-2022-STEC.

6.5. Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de agua superficial de mar y sedimento intermareal (arena de playa) se detallan en el Anexo 5: Resultados de laboratorio sistematizados; estos fueron digitalizados y sistematizados en una base de datos, consignando la información recogida por cada punto de muestreo. Se utilizaron figuras de



barras con los valores de los parámetros evaluados, a fin de comparar e identificar concentraciones que incumplan valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua 2017, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, y el nivel de fondo determinado previamente para sedimento intermareal (arena de playa).

Se realizó un análisis exploratorio y estructural de los datos de manera que se identificaron los valores extremos de las concentraciones, la distribución normal de las concentraciones o su normalización mediante transformaciones (logarítmicas, box-cox, entre otras), la evaluación de la distribución de las variables y su posible correlación¹⁷.

La presentación de las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo fue realizada según la interpolación espacial de *Kriging*, donde se observa la mayor concentración de TPH en relación con los puntos aledaños. Esta interpolación tiene fines de visualización de las concentraciones del TPH en playa Cavero. Complementariamente, se realizó ajustes para determinar áreas afectadas con base a dicha interpolación.

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

6.6. Criterios de evaluación

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

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

¹⁷

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



adelante, Cat. 4 E3) para comparar los resultados de parámetros de interés 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 Totales de Petróleo (y fracciones F₁, F₂ y F₃), HAPs y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) que fueron establecidos en zonas “blanco”: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N. ° 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».

En la Tabla 6.10 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento (arena de playa).

Tabla 6.10. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa), según los ECA vigente y niveles de fondo de las zonas “blanco”

| Componente | Parámetro | | Unidad | ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional | Nivel de Fondo |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| | | | | Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario | |
| | | | | Zona Intermareal | |
| Agua Superficial de Mar | Aceites y grasas | | mg/L | Ausencia de película visible | - |
| | TPH | | mg/L | 0,5* | - |
| | TPH (Fracción aromática) | | mg/L | 0,007** | - |
| | BTEX | Benceno | mg/L | 0,05* | - |
| | PAH | Benzo(a)Pireno | mg/L | 0,0001* | - |
| | | Antraceno | mg/L | 0,0004* | - |
| | | Fluoranteno | mg/L | 0,001* | - |
| | Metales Totales | Níquel | mg/L | 0,02 | - |
| Vanadio | | mg/L | 0,1 | - | |
| Sedimento | TPH (C ₆ -C ₄₀) | | mg/kg PS | - | <0,30 |
| | Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) | Acenafteno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Acenaftileno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Antraceno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Benzo (a) antraceno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Benzo (a) pireno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Benzo (b) fluoranteno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Benzo (e) pireno | mg/kg PS | - | < 0,030 |
| | | Benzo (g,h,i) perileno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Benzo (k) fluoranteno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Criseno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Dibenzo (a,h) antraceno | mg/kg PS | - | < 0,0040 |
| | | Fenantreno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Fluoranteno | mg/kg PS | - | < 0,005 |
| | | Fluoreno | mg/kg PS | - | < 0,005 |



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

| Componente | Parámetro | Unidad | ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional | Nivel de Fondo | |
|------------|-----------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|
| | | | Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario | | |
| | | | Zona Intermareal | | |
| | Indeno (1,2,3-cd) pireno | mg/kg PS | - | < 0,005 | |
| | | mg/kg PS | - | < 0,003 | |
| | | mg/kg PS | - | < 0,005 | |
| | Metales Totales | Aluminio | mg/kg PS | - | 7543 |
| | | Antimonio | mg/kg PS | - | 0,06 |
| | | Arsénico | mg/kg PS | - | 7,09 |
| | | Bario | mg/kg PS | - | 15,8 |
| | | Berilio | mg/kg PS | - | 0,21 |
| | | Boro | mg/kg PS | - | 6,2 |
| | | Cadmio | mg/kg PS | - | 0,11 |
| | | Calcio | mg/kg PS | - | 14236 |
| | | Cobalto | mg/kg PS | - | 3,71 |
| | | Cobre | mg/kg PS | - | 7,91 |
| | | Cromo | mg/kg PS | - | 8,64 |
| | | Estaño | mg/kg PS | - | 1,03 |
| | | Estroncio | mg/kg PS | - | 54,77 |
| | | Fósforo | mg/kg PS | - | 1159 |
| | | Hierro | mg/kg PS | - | 12403 |
| | | Litio | mg/kg PS | - | 9,14 |
| | | Magnesio | mg/kg PS | - | 4451 |
| | | Manganeso | mg/kg PS | - | 185,5 |
| | | Mercurio | mg/kg PS | - | - |
| | | Molibdeno | mg/kg PS | - | 0,28 |
| | | Niquel | mg/kg PS | - | 3,64 |
| | | Plomo | mg/kg PS | - | 7,56 |
| | | Potasio | mg/kg PS | - | 1007 |
| | | Selenio | mg/kg PS | - | 1,79 |
| | | Sodio | mg/kg PS | - | 2081 |
| Talio | mg/kg PS | - | 0,04 | | |
| Titanio | mg/kg PS | - | 507,7 | | |
| Vanadio | mg/kg PS | - | 33,01 | | |
| Zinc | mg/kg PS | - | 35,23 | | |

- No aplica

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

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

Para determinar la existencia de los focos potenciales de contaminación¹⁸ en la playa Cavero, se realizó una verificación de las orillas rocosas mediante un sondeo visual de la playa y



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»

alrededores, incidiendo en áreas donde no podían obtenerse muestras de sedimento, lo cual, corresponde a orillas rocosas. Se hizo uso de una «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (ver Anexo 3) elaborado con base a indicadores de evaluación del Oefa para recoger la información mediante observaciones organolépticas, en un diseño de verificación de tipo razonado.

Para la evaluación hidrobiológica se consideró a la población de *Emerita analoga* y macrobentos en el ambiente intermareal y a la comunidad de megabentos en el ambiente submareal. Se eligió a *E. analoga* por ser una especie de distribución continua en las playas de la costa central de Perú y por ser una de las especies dominantes de las playas de arena en el departamento de Lima (Tarazona et al., 1986), 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).

Los resultados obtenidos en la playa Cavero, tanto en ambiente intermareal y submareal, fueron comparados con lo obtenido 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 al 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.

(...)

4.9 Foco de contaminación. - Este término se denomina también «fuente secundaria de contaminación» o «hotspot», y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales.



7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de calidad de agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) y orillas rocosas en el ambiente intermareal, además de los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos y *Emerita analoga*, realizada entre el 27, 30 y 31 de marzo de 2022 en playa Cavero; mientras que en el ambiente submareal se evaluó a la comunidad de megabentos.

7.1. Ambiente Intermareal

7.1.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros físico químicos en el agua superficial de mar se detallan en el Anexo 5.

Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de playa Cavero, los valores de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua 2017 Cat. 1 B1 y referencialmente con la Cat.4 E3 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,59 unidades de pH y 7,68 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 7,61 mg/L mayor a 5 mg/L y 4 mg/L, establecidos por los ECA en mención. La conductividad eléctrica registró valores entre 52,9 y 53,0 mS/cm.

Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en el ambiente intermareal de playa Cavero

| 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 | Cav-AS-1 | 27/03/2022 | 11:00 | 18,7 | 7,68 | 7,52 | 52,9 |
| 2 | Cav-AS-2 | 27/03/2022 | 10:05 | 18,0 | 7,59 | 7,70 | 53,0 |
| Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM | | | Cat. 1 B1 | - | 6,0 - 9,0 | ≥ 5 | - |
| | | | Cat. 4 E3 | - | 6,8 - 8,5 | ≥ 4 | - |

Fuente: Anexo 3: RC-025-2022-STEC

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

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

Hidrocarburos totales del petróleo-TPH (C₆-C₄₀)

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua superficial de mar incluyeron la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃. En playa Cavero se reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de

**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»

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 superficial de mar de playa Cavero reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0050 en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua, 2017, Cat.4 E3 para Benceno (0,05 mg/L), única categoría que contempla dicho parámetro del grupo de BTEX.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)¹⁹ en agua superficial de mar de playa Cavero, 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 el ECA en mención.

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

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

Metales totales

Se analizaron 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales el boro superó el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 2 puntos muestreados. El níquel y vanadio, parámetros de interés²⁰ para la evaluación, se encontraron por debajo del límite de cuantificación (< 0,0004 mg/L y < 0,0003 mg/L, respectivamente), cumpliendo con el ECA Cat. 1 B1 (Ni: 0,02 mg/L, V: 0,1 mg/L).

La concentración de todos los metales totales en las muestras en las muestras colectadas de agua superficial de mar de playa Cavero se encuentra en el Anexo 5.

¹⁹ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h), antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno y Pireno.

²⁰ Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, el Anexo F, Tabla I, reporta los metales presentes en su composición: 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).



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 Cavero reportó presencia de hidrocarburos totales de petróleo por encima del límite de cuantificación (L.C: <0,30 mg/kg) en los 3 puntos de muestreo, con concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) superiores al nivel de fondo (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), tal como se muestra en la Figura 7.1.

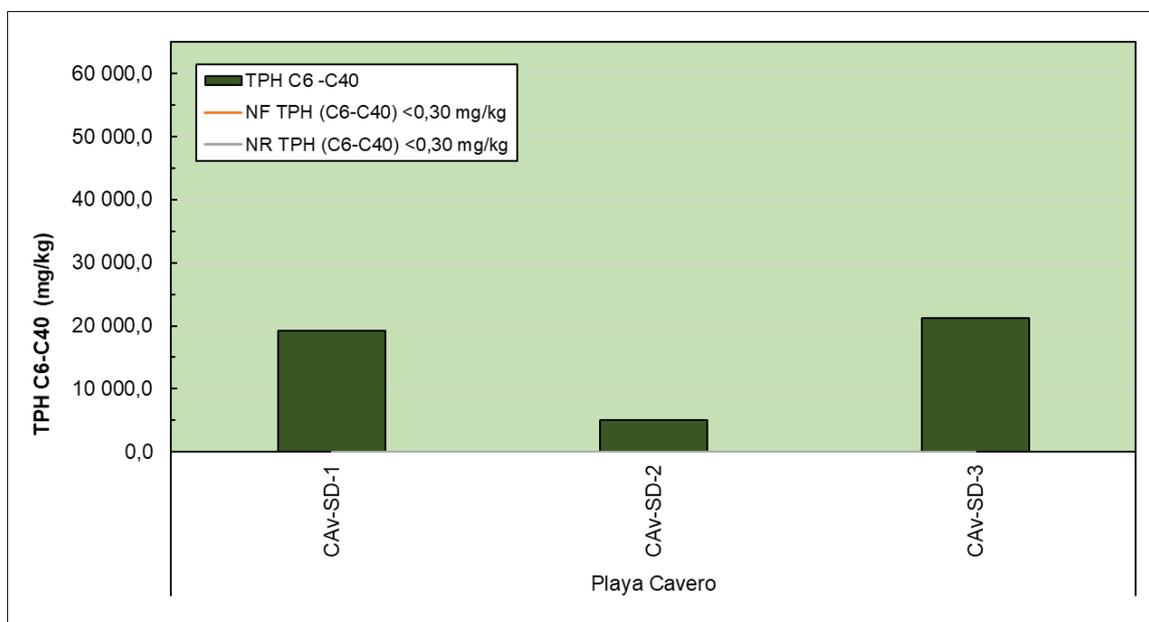


Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C₆-C₄₀) en sedimento de la playa Cavero comparadas con los NF_{TPH} y NR_{TPH}

Fracciones de hidrocarburos F₁, F₂ y F₃

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

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

Las concentraciones de las fracciones F₂ y F₃, en los 3 puntos muestreados superaron los NF_{TPH} (<5,00 mg/kg) y NR_{TPH} (<5,00 mg/kg), tal como se muestran en la Figura 7.2 y Figura 7.3, donde se observa predominancia de cadenas carbonadas de la fracción F₂ y en menor proporción de cadenas de secuencia carbonada larga F₃ respecto del resto de la playa.



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

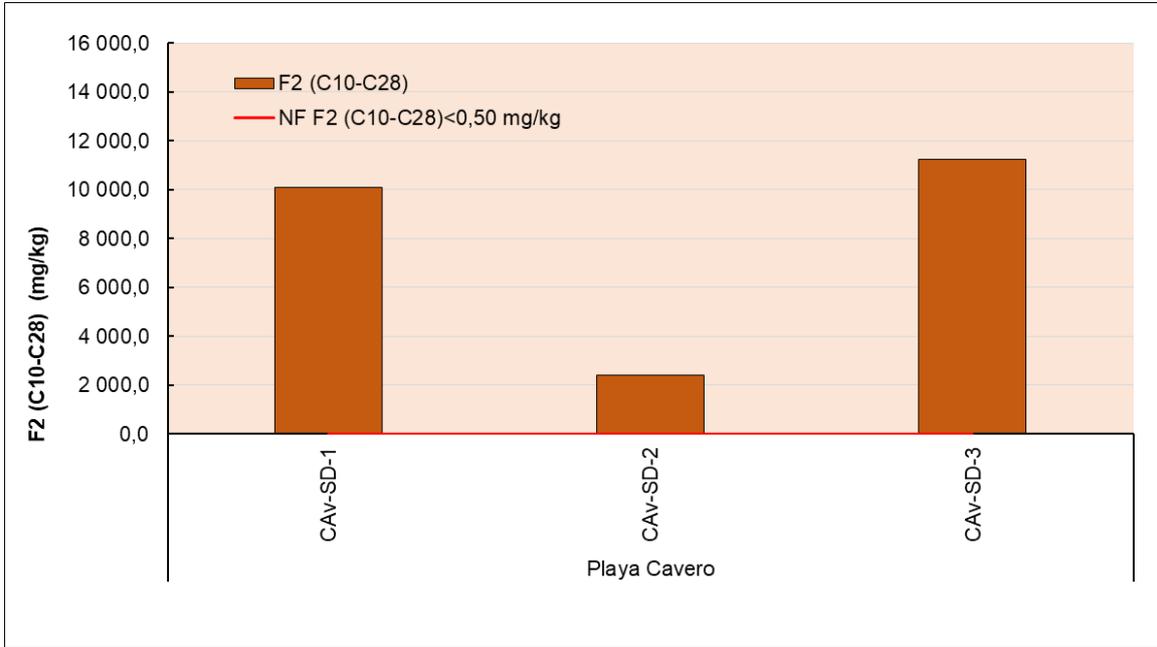


Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F₂ en sedimento de la playa Cavero

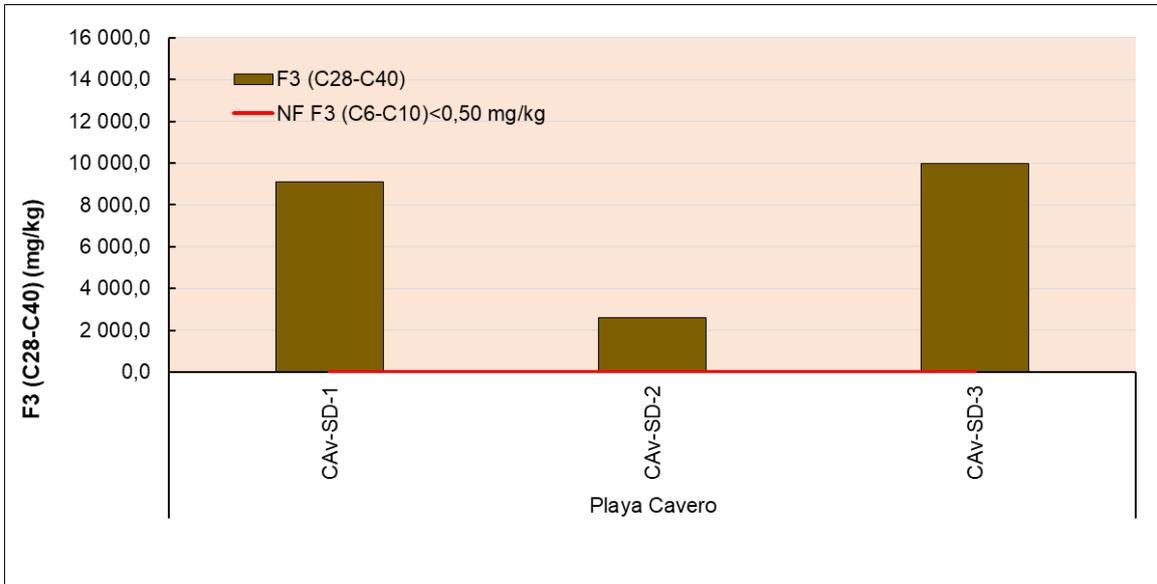


Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F₃ en sedimento de la playa Cavero

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 Cavero se detallan en la Tabla 7.2, los puntos CAV-SD-1, CAV-SD-2 y CAV-SD-3 registraron concentraciones que superaron los NF y NR de los parámetros acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno y pireno, según se detalla en la Tabla 7.2.

**Tabla 7.2.** Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal

| Parámetro | Unidad | Punto de muestreo | | | Nivel de Fondo | Nivel de Referencia |
|--------------------------|----------|-------------------|----------|----------|----------------|---------------------|
| | | Cav-SD-1 | Cav-SD-2 | Cav-SD-3 | | |
| Acenafteno | mg/kg PS | < 0,005 | 0,058 | 0,315 | < 0,005 | < 0,005 |
| Acenaftileno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Antraceno | mg/kg PS | < 0,005 | 0,294 | 1,700 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (a) antraceno | mg/kg PS | 0,702 | 1,100 | 0,746 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (a) pireno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (b) fluoranteno | mg/kg PS | 0,437 | 0,116 | 0,638 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (e) pireno | mg/kg PS | 1,030 | 0,084 | 0,507 | < 0,030 | < 0,030 |
| Benzo (g,h,i) perileno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (k) fluoranteno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Criseno | mg/kg PS | 4,200 | 0,863 | 5,130 | < 0,005 | < 0,005 |
| Dibenzo (a,h) antraceno | mg/kg PS | < 0,0040 | < 0,0040 | < 0,0040 | < 0,0040 | < 0,0040 |
| Fenantreno | mg/kg PS | 1,370 | 1,440 | 5,340 | < 0,005 | < 0,005 |
| Fluoranteno | mg/kg PS | 0,561 | 0,084 | 0,451 | < 0,005 | < 0,005 |
| Fluoreno | mg/kg PS | 1,930 | 0,242 | 1,940 | < 0,005 | < 0,005 |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Naftaleno | mg/kg PS | 0,555 | < 0,003 | 0,755 | < 0,003 | < 0,003 |
| Pireno | mg/kg PS | 1,560 | 0,331 | 1,820 | < 0,005 | < 0,005 |

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

Las concentraciones de HAP's de todas las muestras colectadas de sedimento de la playa Caverro se encuentra en el Anexo 5.

Metales totales

Se determinó un total de 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, los cuales 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 crudo²¹ por parte del administrado.

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo¹⁷ señalado. Del análisis se reportó que 2 puntos muestreados presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF:3,64 mg/kg y NR:4,39 mg/kg); mientras que, en 1 de los 3 puntos de muestreo (excepto CAV-AS-1 y CAV-SD-2) la concentración de vanadio superó los niveles de fondo (NF: 33,01 mg/kg) y referencia (NR: 47,06 mg/kg), tal como se observa en la Tabla 7.3.

21 Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, el Anexo F, Tabla I, reporta 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).



El punto CAv-SD-3 presentó las concentraciones más altas reportadas con respecto a los demás puntos, cuyos valores superaron ampliamente los niveles de fondo y de referencia para el cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo y vanadio, según se detalla en la Tabla 7.3

Tabla 7.3. 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 |
| CAv-SD-1 | 0,13552 | 4432 | 18 | 720 | 10610 | 3,37 | 14 | 1626 | 23 |
| CAv-SD-2 | 0,14981 | 5919 | 25 | 752 | 12524 | 4,41 | 18,3 | 2175 | 28 |
| CAv-SD-3 | 0,6352 | 20803 | 84 | 767 | 28188 | 9,34 | 100 | 2501 | 77 |
| Nivel de Fondo - NF (mg/kg) | 0,11 | 14236 | 7,91 | 1159 | 12403 | 3,64 | 7,56 | 2081 | 33,01 |
| Nivel de Referencia - NR (mg/kg) | 0,21 | 25955 | 11 | 1815 | 15396 | 4,39 | 9,49 | 3299 | 47,06 |



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

Granulometría

La granulometría fue evaluada con 1 punto de muestreo compósito (Cav-SD-com1) para caracterizar la playa. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena mayor al 82,7 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural arenosa en toda la playa.

7.1.3. Hidrobiológico

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 de playa tiene porcentajes de arena cercanos al 100 % y zonas de orilla rocosa, al igual que playa Cavero y las concentraciones de TPH están por debajo del límite de cuantificación (<0,30 mg/kg) (Anexo 4), siendo así las playas blanco, adecuadas para la comparación con playa Cavero.

7.1.3.1. Análisis Poblacional de *Emerita analoga*

A. Distribución batimétrica

La distribución de la abundancia de *Emerita analoga* en el punto CAV-4, inició su distribución a los 25 m de distancia de la línea de acarreo, con una abundancia de 0,7 ind/0,028 m², y culminando en los 45 m con 2,7 ind/0,028 m² (Figura 7.4).

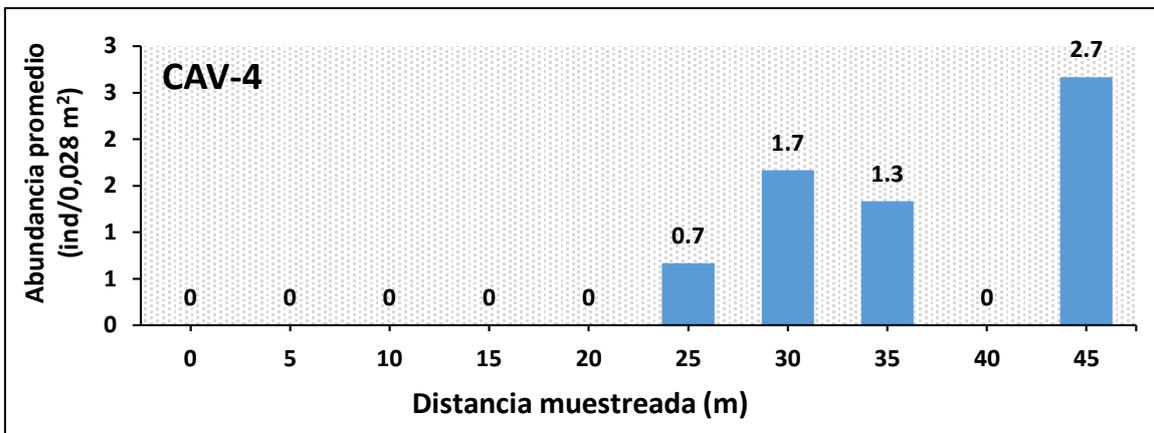


Figura 7.4. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en la playa Cavero

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa para el punto CAV-4; con valores de 0,6 g/0,028 m² a partir de los 25 m de distancia y culminando en los 45 m con una biomasa promedio de 2,8 g/0,028 m² (Figura 7.5).

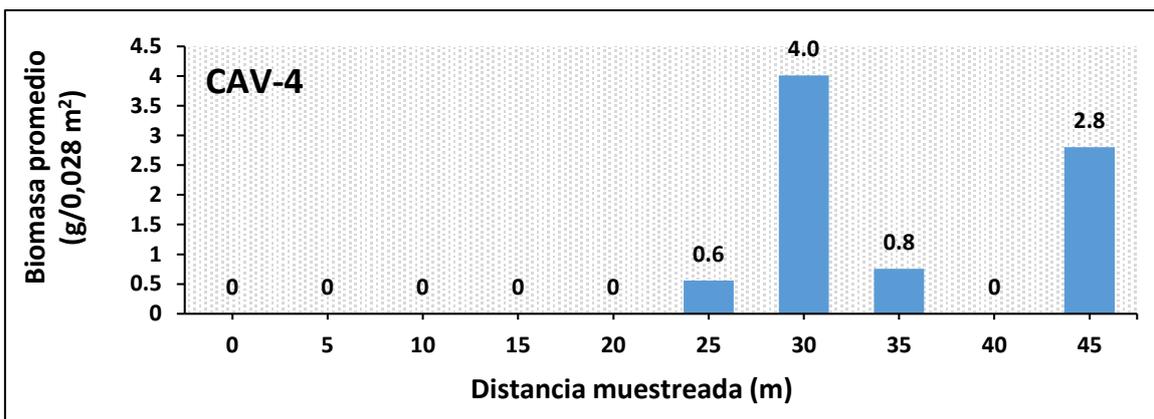


Figura 7.5. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en la playa Cavero

B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en playa Cavero muestra solo una estructura de tallas definida cuyos valores oscilan entre 13 y 16 mm, teniendo la mayor frecuencia de longitud de cefalotórax en el valor de 13 mm, para luego distribuirse en longitudes mayores de forma asimétrica (Figura 7.6).

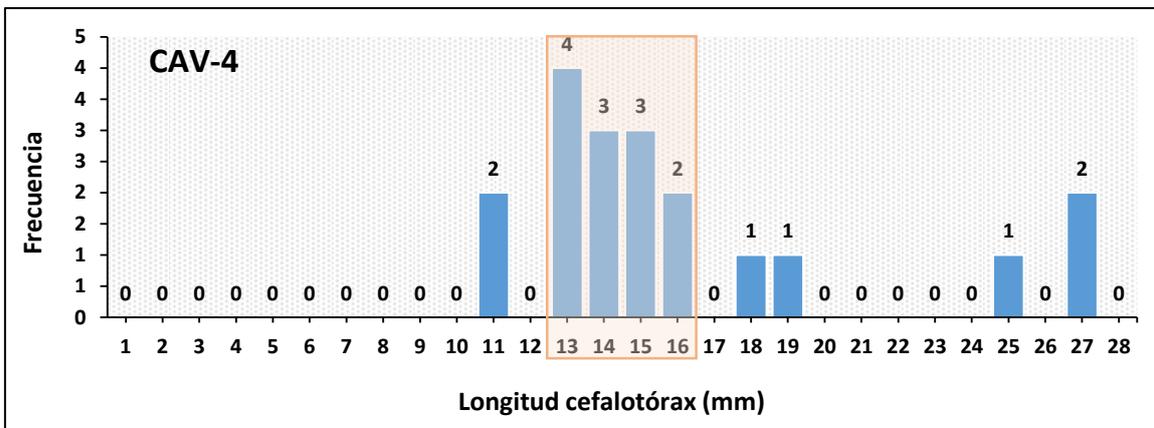


Figura 7.6. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en la playa Cavero

C. Proporción de sexos

La proporción por sexos y estadios de *E. analoga* en playa Cavero muestra predominancia de hembras alcanzando un porcentaje de 63,2%; seguido de machos con 21,1%; la menor proporción lo obtuvo las hembras ovígeras con 15,8%, no se registró juveniles este punto de muestreo (Figura 7.7).

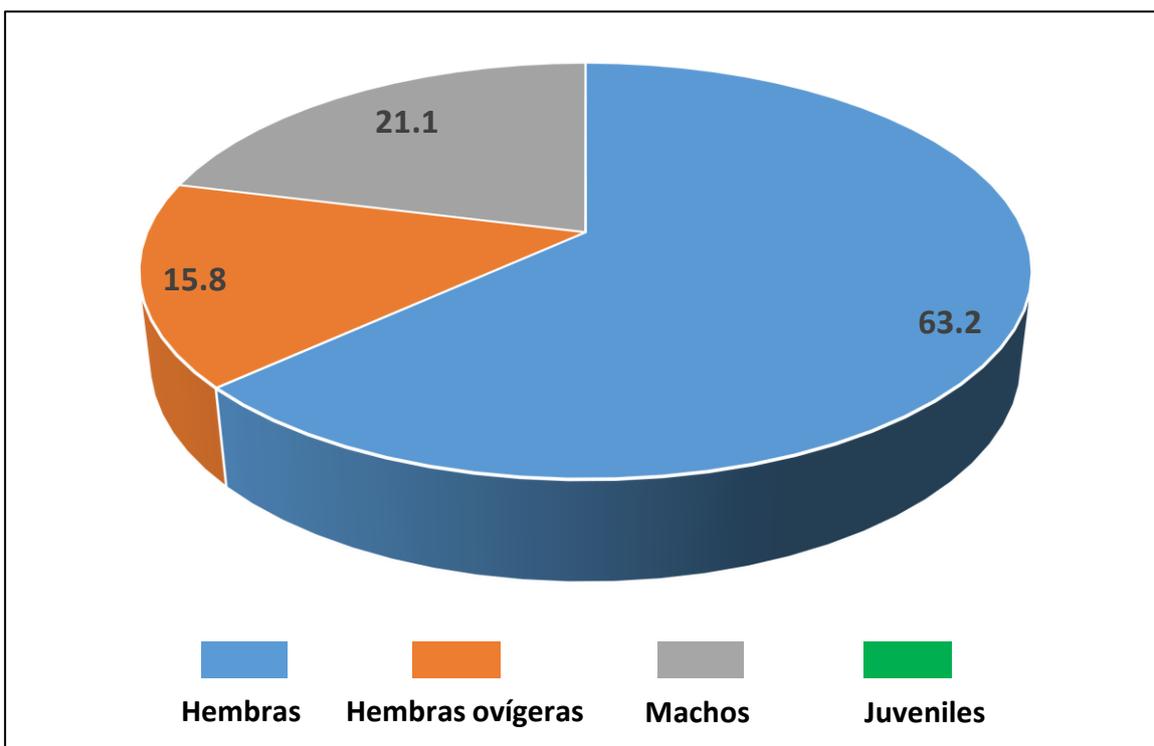


Figura 7.7. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado en Playa Cavero



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»

7.1.3.2. Análisis comunitario

Los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa de playa Cavero, muestra la existencia de 79 especies en total de los 5 puntos de muestreo (CAV-R2, CAV-R3, CAV-R3, CAV-R5, CAV-R6 y CAV-R7), para la zona mediolitoral de la orilla rocosa. Donde los grupos predominantes fueron Anélidos con 30 especies, seguido de moluscos con 18 especies, Artrópodos con 11 especies, Cnidarios con 3 especies, Equinodermos con 2 especies, Nemertinos y Briozoos ambos con una especie; asimismo, el grupo de macroalgas (Rhodophyta y Chlorophyta) en conjunto registró 13 especies (Figura 7.8).

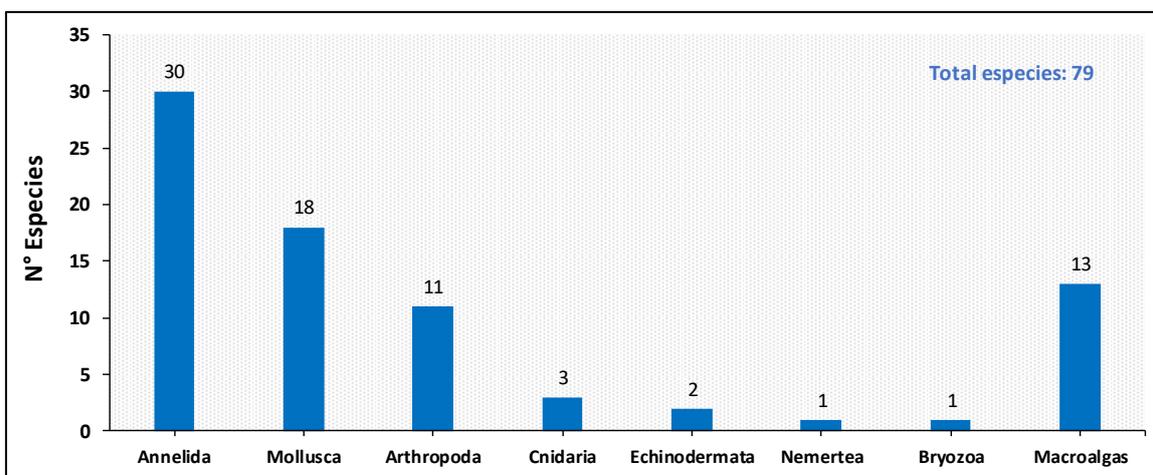


Figura 7.8. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Cavero

En cuanto a la riqueza de especies por réplicas y puntos, los poliquetos fueron el grupo dominante en todas las réplicas y puntos, a excepción de la CAV-R2 (T2), donde el único grupo existente fueron los moluscos, representados únicamente por *Semimytilus algosus*. De igual modo, este mismo punto presenta el menor número de especies de macroalgas con tan solo dos. También, se puede resaltar los resultados obtenidos en la CAV-R5 (T1 y T2), donde solo se registraron 6 y 11 especies, respectivamente. Los resultados de las réplicas y puntos muestran una cantidad viable de especies, a pesar de pertenecer todas a un mismo tipo de sustrato y zonación de este tipo de ambientes (Figura 7.9).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

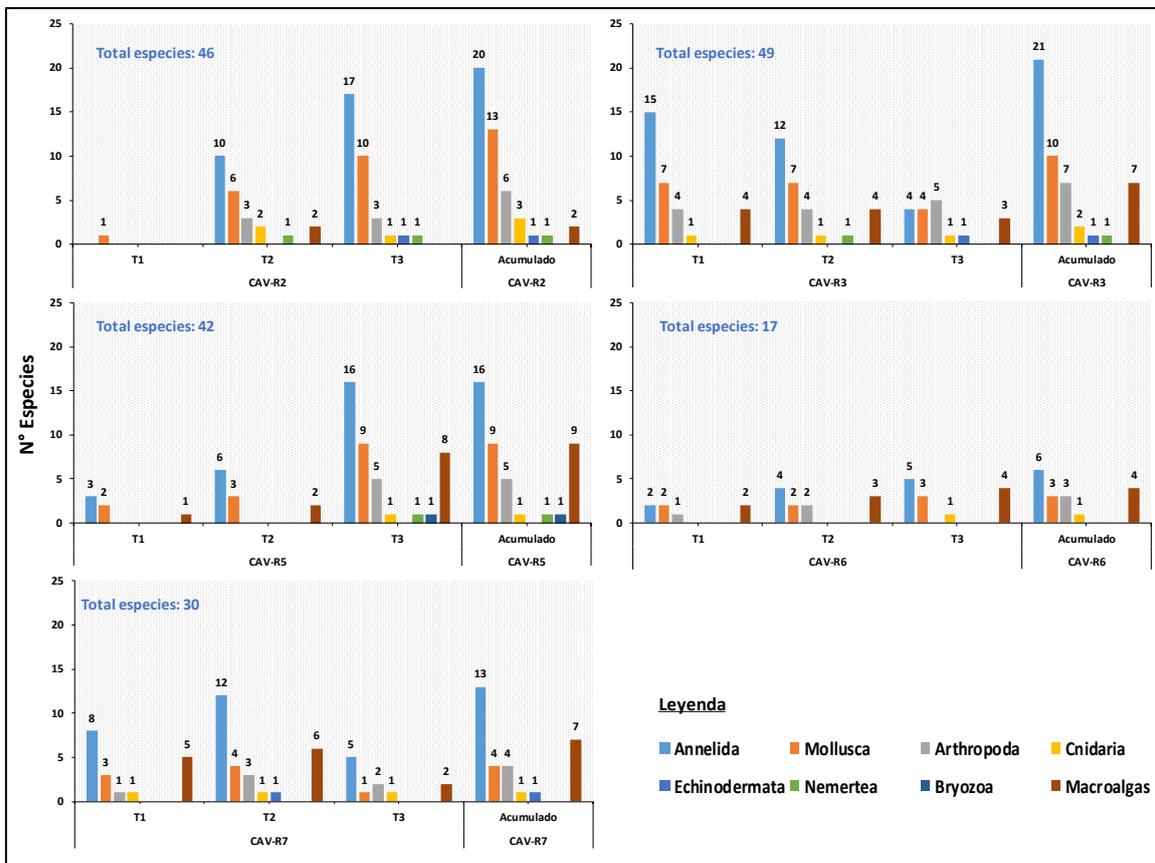


Figura 7.9. Abundancia de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Cavero

7.1.3.3. Identificación de focos de contaminación

Los focos potenciales de contaminación o posibles fuentes secundarias comprenden los componentes ambientales afectados que fueron advertidos con observaciones organolépticas.

Se identificó como foco potencial de contaminación²² de la extensión aproximada de 0,51 ha de la playa Cavero, el cual, fue evaluado mediante un sondeo visual de la playa y alrededores incidiendo en zonas rocosas mediante el uso de la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (Anexo 3) para recoger la información mediante observaciones organolépticas, en un diseño de verificación de tipo razonado.

Según las evidencias encontradas detalladas en la Ficha en mención (Anexo 3) y la Tabla 7.4 «Tabla de clasificación del nivel de evidencia» (utilizados como criterios de priorización y

33 Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados aprobado mediante Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM Artículo 4.- Definiciones (...)
 4.9 Foco de contaminación. - Este término se denomina también «fuente secundaria de contaminación» o «hotspot», y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales.



validación de sitios contaminados), se determinó un nivel “Confirmado” dado que se ha evidenciado hidrocarburos en fase libre²³ a nivel de roca según las observaciones organolépticas que se detallan en la Tabla 7.4. Además, en el caso de la playa Cavero se tomaron en cuenta los resultados reportados de los puntos de muestreo de sedimento intermareal como medio de evidencia complementaria .

Tabla 7.4. Clasificación según nivel de evidencia de focos potenciales en la playa Cavero

| Nivel de evidencia | Descripción |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Confirmado +++ | Se ha observado presencia de hidrocarburos en fase libre en los componentes evaluados. |
| Probable ++ | Se ha observado presencia de hidrocarburos (color, iridiscencia, manchas) en los componentes evaluados. Se tiene información analítica histórica que supera los ECA o normas referenciales. |
| Posible +/- | Se percibió organolépticamente olores a hidrocarburos en los componentes evaluados |
| Sin evidencia / no confirmado | No se evidenció a nivel organoléptico ninguna afectación, sin embargo, se tiene información referencial de impactos. |

Fuente: DEAM/SSIM, basado en la Guía orientativa para la Caracterización y ponderación de focos potenciales de contaminación de la Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

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 C-05²⁴ (dividido desde C-05-A hasta C-05-B) que corresponden a la playa Cavero, se visualizó superficialmente en zonas de orilla rocosa colores oscuros y texturas que representan manchas de petróleo crudo en roca, y que se observaron distintas a las que se presentan comúnmente en zonas de orilla rocosa mojada, como se muestra en el Mapa de fotogrametría con RPAS en superficie de litoral en el Anexo 7 del informe de la EAC en la playa Cavero.

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 encuentran en el Anexo 8 del informe de la EAC en la playa Cavero.

23 Según el MINAM, se denomina hidrocarburo de fase libre o «*producto libre*» y describe la presencia de sustancias no acuosas que se caracterizan por no formar mezclas con el agua o el suelo. Se utiliza frecuentemente para contaminaciones con hidrocarburos que flotan sobre un espejo de agua o que son visibles en la superficie del suelo». Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM, Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados, aprobado el 02 de febrero de 2017.

24 El segmento de C-05 se ubica entre los puntos C-05-A (262940/8689636) hasta C-05-B (262830/8689740).



7.2. Ambiente submareal

7.2.1. Hidrobiológico

En el caso de la evaluación hidrobiológica submareal que corresponde a la comunidad de megabentos, se evaluó dos puntos (CAV-S1 y CAV-S2), se pudo verificar que el fondo presenta un tipo de sedimento compuesto al 100 % de arena en las 8 réplicas evaluadas a lo largo del transecto en cada punto. Se registró una especie, el cual fue *Nassarius dentifer* con 13,5 ind/1 m² y 17,5 ind/1 m² en los puntos CAV-S1 y CAV-S2, respectivamente (Figura 7.10).

Estas condiciones estarían principalmente condicionadas por el tipo de sustrato del fondo marino frente a playa Cavero, donde la predominancia de arena favorece la presencia de la única especie registrada.

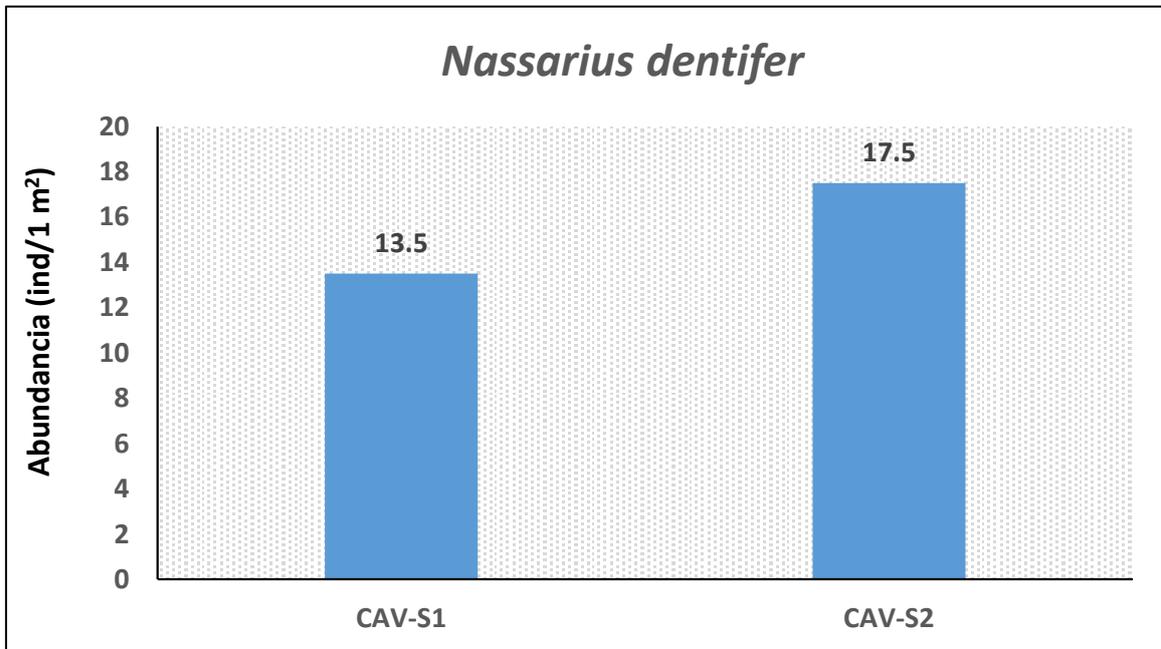


Figura 7.10. Abundancia de especies de megabentos en la playa Cavero

8. DISCUSIÓN

Para realizar la evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza en el agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) de la playa Cavero, 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 del ambiente o zona intermareal. Los componentes físicos del ambiente intermareal fueron evaluados mediante muestreos a pie a lo largo de la orilla, la evaluación hidrobiológica con muestreos sobre modelos de zonación; en el ambiente submareal se realizó con el apoyo de embarcaciones y la inmersión de buzos para evaluar comunidades hidrobiológicas.

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

La zona intermareal según su extensión en la línea de la costa según los segmentos C-04 (C-04-A hasta C-04-B) y C-05 (C-05-A hasta C-05-B)²⁵ indicados por el administrado^{26, 27}. Considerando las posibles vías de transporte de petróleo crudo tomando en cuenta el transporte físico del contaminante a nivel de la columna de agua y en su distribución espacial considerando la dirección del flujo marítimo.

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

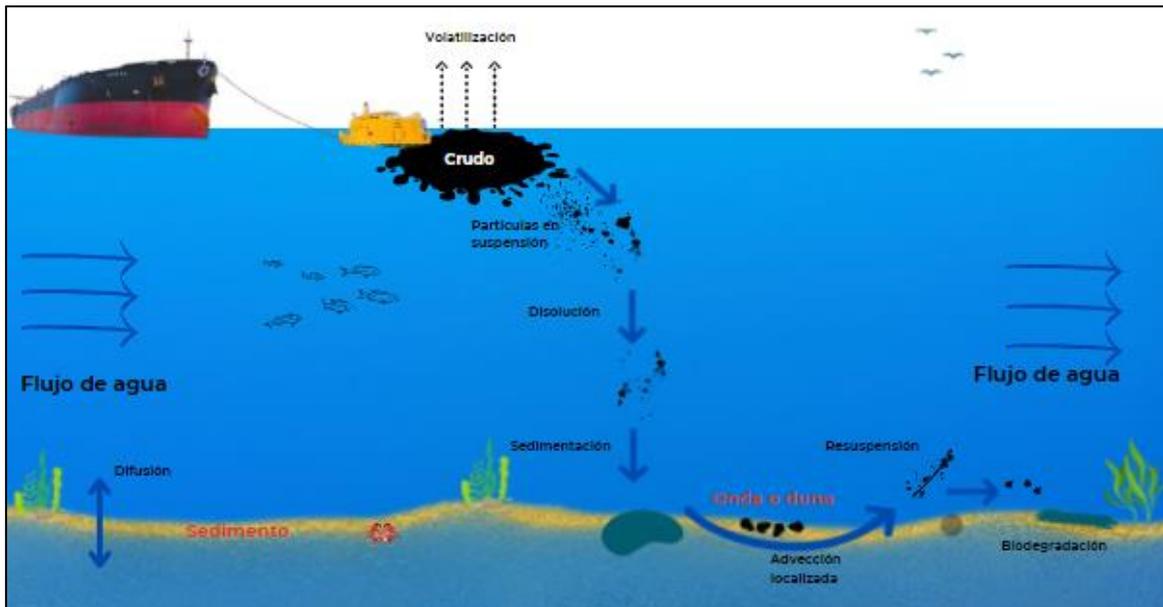


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático – playa Caveró

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

La zona intermareal se ubica entre la línea de mareas más alta y la línea de marea más baja; zona que representa una transición gradual entre el ambiente terrestre y el ambiente acuático, es caracterizado por su variabilidad en temperatura, luz y humedad, entre otras variables y se distingue por su relativa estabilidad ambiental. La alternancia entre procesos de inundación y exposición al aire determina un ambiente físico único creando gradientes ambientales 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 nerítico 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).

25 Los segmentos de C-04 se ubican desde C-04-A 264130, 8687940; C-04-B 262940, 8689636 y C-05 se ubican desde C-05-A 262940, 8689636, C-05-B 262050, 8689770.

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

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



En el ambiente submareal se considera una distancia perpendicular a la línea de orilla del ambiente intermareal de 500 metros de acuerdo con la clasificación de ANA²⁸. Para la playa Cavero, el alcance submareal fue para evaluar comunidades hidrobiológicas.

8.1. Ambiente Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar se evaluaron 2 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, para la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación-Contacto primario» y referencialmente con la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras». Estas últimas se emplearon de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y Metales totales, según corresponden.

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH próximo al neutro (entre 7,59 y 7,68 unidades de pH), conductividad eléctrica (52,95 mS/cm en promedio), temperatura (18,35 °C en promedio) y oxígeno disuelto (7,61 mg/L en promedio). 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 2 puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA Agua Cat.1 B1 y referencialmente con los ECA Agua Cat.4 E3 y ECA Agua Cat.2 C2; los que se detallan en el ítem Resultados y el Anexo 4.

Para Metales totales, los resultados mostraron, que 26 de los 32 metales analizados 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. Particularmente, el boro superó referencialmente el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en todos los puntos de muestreo. El boro no fue objeto de evaluación debido a no haberse relacionado con el crudo debido a que la composición del crudo no contiene concentraciones registradas de dicho metal. (Ver Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Cavero).

La evaluación de la calidad de sedimento (arena de playa) se realizó en áreas de potencial interés (API)²⁹ que fue construida a partir de los segmentos de playa remitidos por

²⁸ Clasificación del cuerpo de agua marino-costero, aprobado mediante RJ N.º 030-2016-ANA

²⁹ Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEC e Informe N.º 00057-2022-OEFA/DEAM-STEC «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.º2 de la refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero 2022.»



Relapasaa³⁰, obteniéndose 3 puntos de muestreo. 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 fondo³¹ determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Según el análisis granulométrico realizado en 1 compósito el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (98,8%), arena fina en mayor proporción, que determina una textura arenosa, estructura de grano simple y de coloración gris oscuro, los cuales caracterizan a la playa Caveró como una playa arenosa en el sector central; la mayor proporción la playa está configurada por afloramientos rocosos fracturados, espigones y material residual.

En los 3 puntos de muestreo (CAv-SD-1, CAv-SD-2 y CAv-SD-3) se registró TPH (C₆-C₄₀) por encima del límite de cuantificación analítico (L.C.M.: <0,30 mg/kg), por lo tanto, superaron a los NF_{TPH} <0,30 mg/kg y NR_{TPH} <0,30 mg/kg establecidos; dichas concentraciones estuvieron en el rango de 5001 a 21203 mg/kg. Asimismo, las fracciones F₁ y F₂ superaron los NF y NR respectivos, cuyas proporciones se muestran en la Figura 8.2.

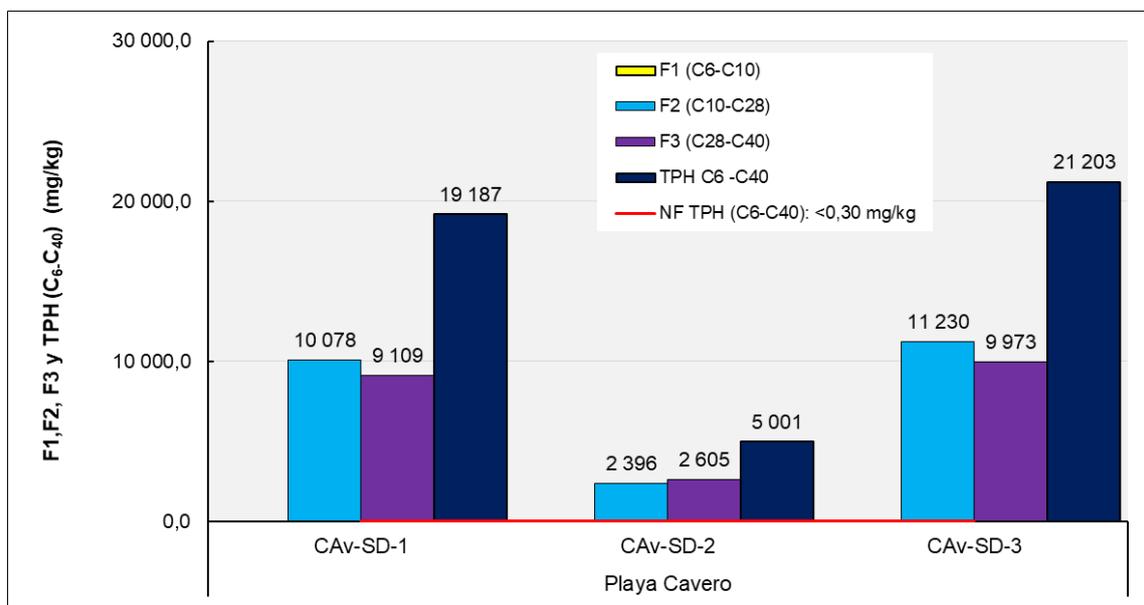


Figura 8.2. Concentraciones de fracciones F1, F1, F3 que supera los niveles de fondo en sedimento (arena de playa) en la playa Caveró

Las evaluaciones realizadas por el OEFA desde enero de 2022 (evaluación ambiental focal³², evaluación ambiental de seguimiento³³ y las acciones de supervisión realizadas por la DSEM)

³⁰ Carta N. ° RLP-GSCMA-155-2022 de fecha 15 de febrero de 2022

³¹ De acuerdo al Informe N. ° 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 6)

³² INFORME N.°00026-2022-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.

³³ REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N. ° 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico



«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»

registraron altas concentraciones de TPH(C6-C40) y fracciones F2 y F3 en sedimento intermareal en concentraciones que superaron ampliamente los niveles de fondo para TPHC6-C40 (NR TPH: <0,30 mg/kg) y niveles de referencia (NRTPH: <0,30 mg/kg) así como sus fracciones F2 y F3 (NF y NR: <0,50 mg/kg) durante los monitoreos realizados entre enero y marzo del 2022, tal como se muestra en la Figura 8.3. 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 dicha figura.

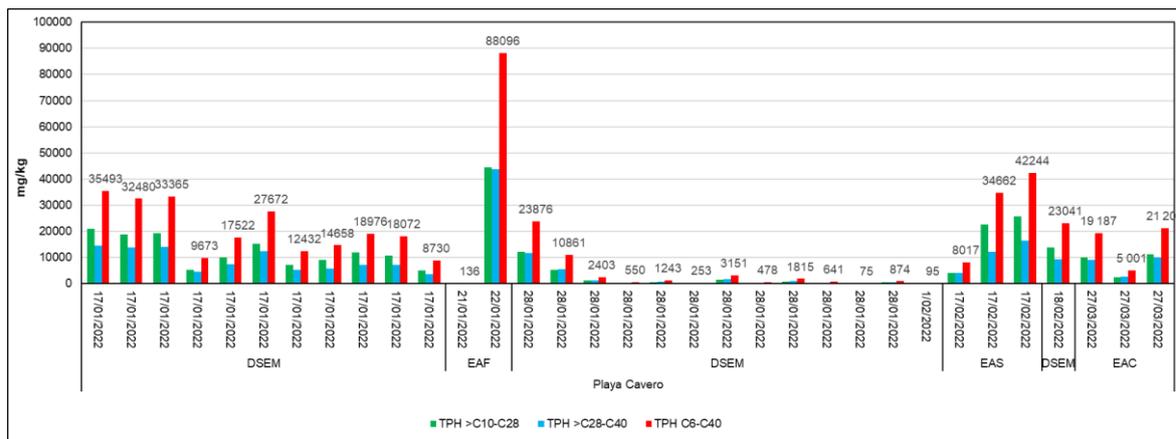


Figura 8.3. Resultados de la EAF, EAS, DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C6-C40) y fracciones en sedimento intermareal de la playa Cavero.

La prevalencia de las concentraciones de TPH en arena de la playa Cavero se debería a que las Acciones de Primera Respuesta (limpieza) atendidas por Relapasaa no fueron suficientes y que las concentraciones altas reportadas y en rangos muy amplios se deberían a la heterogeneidad de distribución del contaminante del sustrato y la ubicación específica de los puntos muestreados. Las altas concentraciones de fracciones F2 y F3 y concentraciones de F1 menores al límite de cuantificación analítico se deberían a procesos de degradación (física, química y biológica) que sufren los hidrocarburos al ser expuestos a condiciones ambientales (McCarthy, et al. 1998), ya que por su naturaleza orgánica, los hidrocarburos de la fracción F1 livianos en el intervalo de C6 - C16 (Payne, et al. 1991), son rápidamente transformados y utilizados como nutrientes por la microbiota, y los componentes más complejos (fracciones F2 y F3) siguen procesos degradativos progresivos en el medio natural (Corona-Ramírez, 2004), reduciendo directa o indirectamente las concentraciones; sin embargo, aún se han reportado altas concentraciones (hasta 21203 mg/kg en el punto CAV-SD-3) a casi 3 meses aproximadamente del momento de ocurrencia del derrame en el Terminal Multiboyas 2.

de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.

REAS-036-2022-STEC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N. ° 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



Con respecto a la evaluación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimento, en los 3 puntos de muestreo (CAv-SD-1, CAv-SD-2 y CAv-SD-3) superaron los NF y NR para 11 de los 17 HAPs evaluados: Acenafteno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno y Pireno (Figura 8.4) según se detallan para cada punto en la Tabla 7.2 del ítem Resultados.

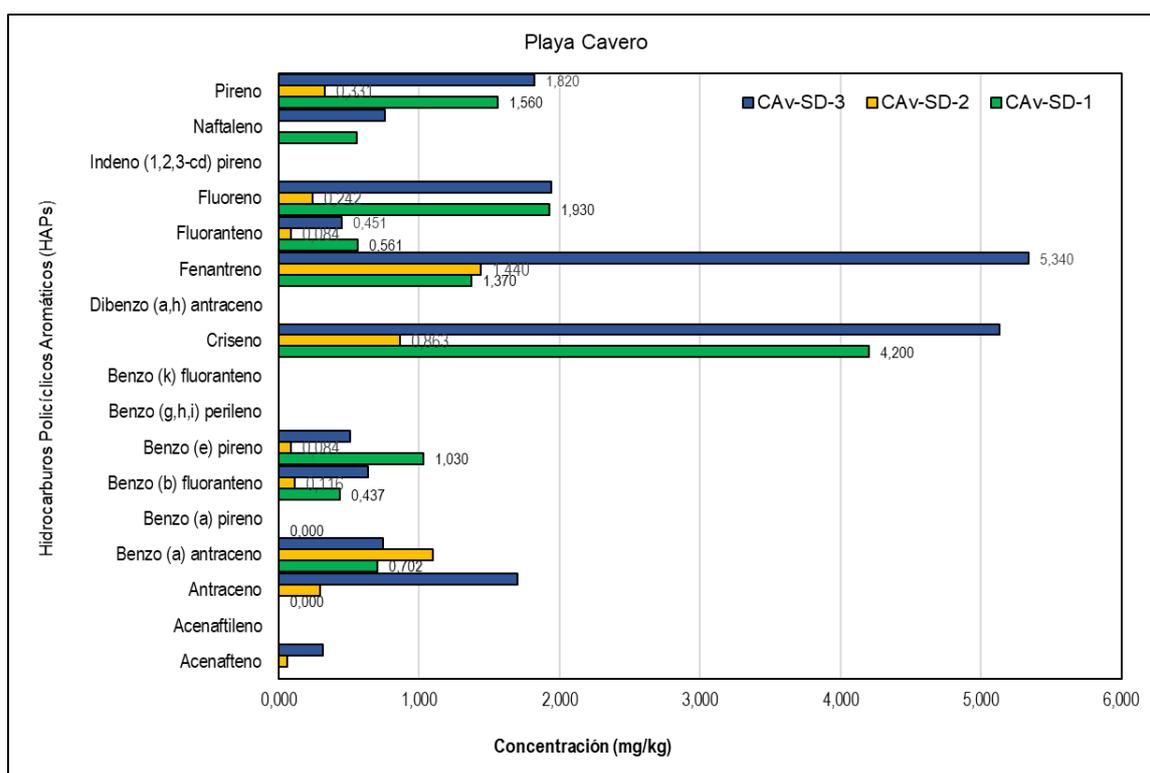


Figura 8.4. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos en sedimento intermareal de la playa Cavero

La presencia de dichos HAPs estuvieron directamente relacionados a al crudo, debido a que, en los 3 puntos en mención, el TPH (C₆-C₄₀) superó ampliamente los NF y NR y por considerarse la única fuente de afectación. La presencia de fenantreno, criseno, benzo(a)pireno y naftaleno indican que tienen un origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001).

La variedad de HAPs registrados (11 especies), indica que la arena de la playa Cavero presenta compuestos aromáticos con alto potencial tóxico a nivel ambiental reconocido (Figueruelo y Marino-Davila, 2004; Montes, 2008), por su resistencia a la biodegradación, potencial de bioacumulación, toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad (Corona, et. al, 2005).

Por otro lado, se analizaron 30 metales en todos los puntos muestreados; sin embargo, se enfatizó la comparación del cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio con los NF y NR debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación en



función de la caracterización del crudo³⁴ por parte del administrado, tal como se muestra en la Tabla 8.1. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

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

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

Fuente: REPSOL S.A.A.

De los resultados obtenidos para los 3 puntos muestreados (CAv-SD-1, CAv-SD-2 y CAv-SD-3) se observó que los metales de interés como cadmio, cobre, calcio, hierro, plomo, níquel y vanadio superaron los niveles de fondo y niveles de referencia establecidos para cada parámetro; tal como se muestra en la Tabla 7.3 el ítem Resultados. En los 2 primeros puntos (CAv-SD-1 y CAv-SD-2) no se ha encontrado una relación con la presencia de hidrocarburos en dichas muestras debido a encontrarse en concentraciones próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Tabla 7.3 y Anexo N.º 6 del informe de la EAC en la playa Caveró). Asimismo, con respecto a níquel y vanadio se ha identificado en el punto CAv-SD-2 superó el NF y NR para ambos metales; mientras que, en CAv-SD-1, no superó los NF y NR para dichos parámetros.

Particularmente, en el punto CAv-SD-03, se observó concentraciones que superaron los niveles de fondo para los metales considerados asociados al crudo como cadmio, cobre, hierro, plomo, níquel y vanadio, tal como se muestra en la Figura 8.5; al superar los niveles de fondo indica que las concentraciones encontradas no representan las condiciones naturales del sedimento intermareal determinado, y que debido a la presencia de los metales que están asociados a la composición del crudo que detalla la Tabla 8.1, no se descarta una relación directa con la presencia de TPH (C₆-C₄₀) ya que fueron reportados en concentraciones muy altas y la muestra contenía restos de petróleo en aparente fase libre al ser evidenciada organolépticamente durante su colecta.

34

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

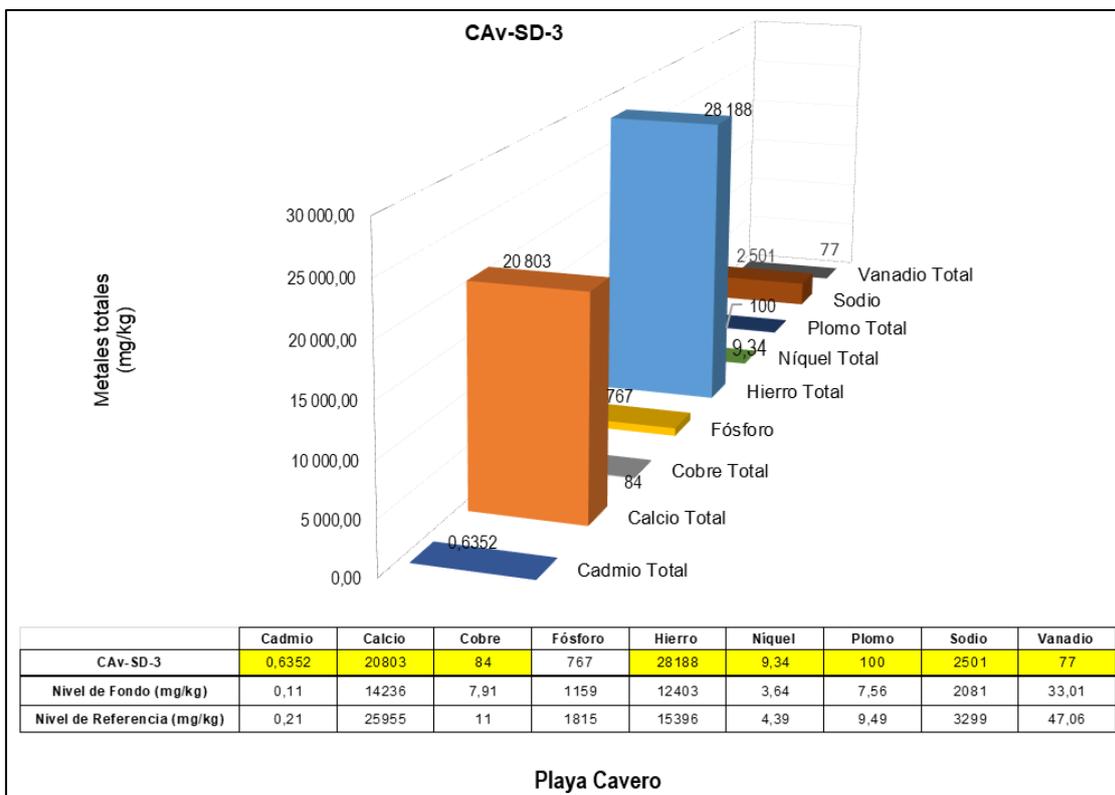


Figura 8.5. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) en el punto CAV-SD-3 en relación a los niveles de fondo y niveles de referencia en la playa Cavelero

Además, ese mismo punto (CAV-SD-3) reportó otros metales como zinc, titanio, magnesio, manganeso y cobalto en concentraciones que superaron los niveles de fondo y niveles de referencia establecidos para cada metal (Ver Anexo 5); sin embargo, no se determinó su relación con la presencia de crudo, debido a que son metales que no se forman parte de la composición del mismo, y su presencia tendría otro origen como de tipo geológico o por acumulación progresiva en el entorno donde la muestra fue colectada.

Identificación de focos potenciales de contaminación

Para determinar el alcance de la afectación por hidrocarburos en la playa Cavelero se consideraron 2 aspectos: Los ajustes inferenciales para determinar áreas afectadas y las pautas para determinar focos potenciales de contaminación, los cuales se detallan a continuación:

La distribución y el alcance de la afectación mostrado en la Figura 8.6, fue realizado mediante un ajuste de inferencia espacial *Kriging* realizado con base a los resultados reportados y considerando el área donde se ubicaron dichos puntos, se permitió visualizar el alcance de la distribución de las concentraciones de TPH_(C6-C40) en el área muestreada, donde se observan las concentraciones superiores al NF_{TPH} (<0,30 mg/kg) en toda la playa (Figura 8.6).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación Ambiental

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

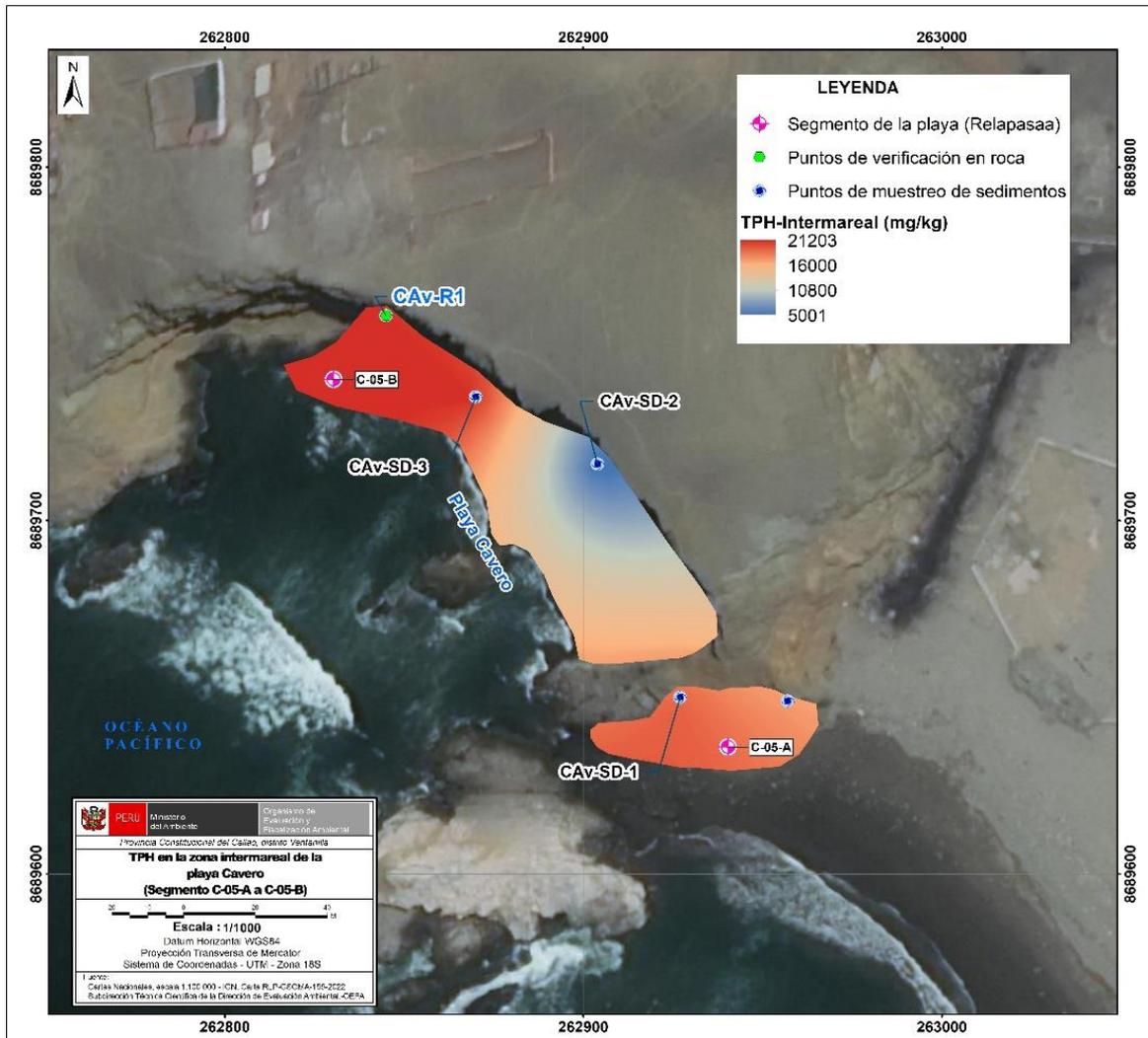


Figura 8.6. Distribución de TPH C₆-C₄₀ en la playa Cavero y el alcance proyectado

Y la Figura 8.7, elaborada también con base al ajuste *Kriging* antes señalado, muestra el área evaluada de 0,51 ha, la misma que fue determinada como área impactada, debido a registrar concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superan el nivel de fondo ($NF_{TPH} < 0,30$ mg/kg) en sedimento (arena de playa) en todos los puntos muestreados y por las condiciones observadas durante la evaluación.

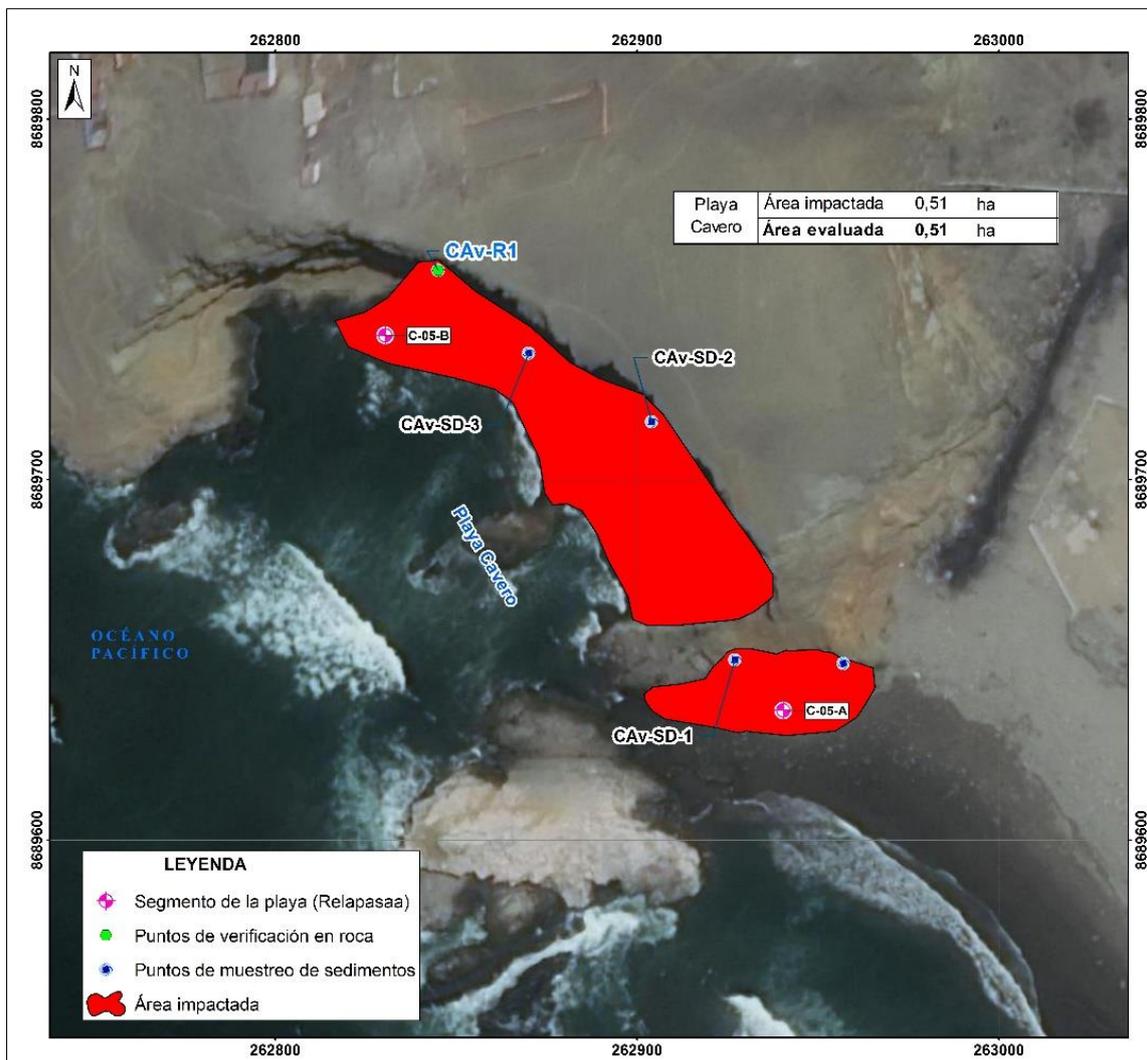


Figura 8.7. Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Caveró identificada como foco potencial de contaminación

La playa Caveró en toda su extensión evaluada (0,51 ha aproximadamente) fue identificada como un foco potencial de contaminación³⁵, dicha playa presenta un afloramiento rocoso (aproximadamente 60%) y con material residual pedregoso (espigones), la zona central y sur es de configuración mixta (arenoso y rocoso).

El sector norte de la playa Caveró, representado por un entrante de afloramiento rocoso (CAV-R1), fue evaluado mediante la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (ver Anexo 3) que recogió información mediante

35 Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados aprobado mediante Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM Artículo 4.- Definiciones
(...) 4.9 Foco de contaminación. - Este término se denomina también «fuente secundaria de contaminación» o «hotspot», y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales.



observaciones organolépticas. Asimismo, se determinó presencia de hidrocarburos (TPH C₆-C₄₀ y HAPs) según los resultados reportados en los 3 puntos de muestreo de sedimento intermareal. Las características se detallan en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2. Descripción del foco potencial de contaminación identificado en la playa Cavero

| N.º | Foco potencial identificado | Características / Descripción | Medio de evidencia | Área afectada aproximada |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Zona rocosa y orilla arenosa ubicada en la extensión de la playa Cavero impregnada por hidrocarburos en fase libre y en proceso oxidativo | 1) Sustrato rocoso impregnado de hidrocarburos en fase libre y en proceso de degradación <ul style="list-style-type: none"> - Cubierta: discontinua parcheada - Características organolépticas de hidrocarburos: <ul style="list-style-type: none"> o Color o Olor o Viscosidad al tacto | Confirmado en fase libre por frotis | 0,51 ha |
| | | 2) Sustrato arenoso (sedimento) con hidrocarburos evidenciados en fase libre y en proceso de degradación con potencial contaminante. <ul style="list-style-type: none"> - Características organolépticas de hidrocarburos: <ul style="list-style-type: none"> o Color o Olor o Viscosidad al tacto - Concentraciones de TPH y HAPs que superan el nivel de fondo y nivel de referencia. | Confirmado en fase libre por frotis Confirmado por superación del nivel de fondo y nivel de referencia para: <ul style="list-style-type: none"> o Hidrocarburos Totales del Petróleo TPH(C₆-C₄₀) o HAPs: <ul style="list-style-type: none"> - Acenafeno - Antraceno Benzo(a)antraceno - Benzo(b)fluoranteno - Benzo(e)pireno - Criseno - Fenantreno - Fluoranteno - Fluoreno - Naftaleno - Pireno | |

Fuente: Anexo 3 y Anexo 4 del EAC de la playa Cavero

- 1) En la zona rocosa, con referencia al punto de verificación CAV-R1, se evidenció organolépticamente la presencia de hidrocarburos en fase libre^{36,37} y en proceso de degradación (fotooxidación) impregnados en rocas. Se observó color negro típico, olor a hidrocarburos y viscosidad con residuos aceitosos al tacto al realizar un frotis directo sobre las rocas; mientras que, en sedimento residual acumulado (entre las rocas) se observó crudo expuesto y dispersable por el oleaje. Asimismo, se identificó residuos sólidos parcial o totalmente impregnados de hidrocarburos. (Figura 8.8)

36 Según el MINAM, se denomina hidrocarburo de fase libre o «*producto libre*» y describe la presencia de sustancias no acuosas que se caracterizan por no formar mezclas con el agua o el suelo. Se utiliza frecuentemente para contaminaciones con hidrocarburos que flotan sobre un espejo de agua o que son visibles en la superficie del suelo». Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM, Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados, aprobado el 02 de febrero de 2017.

37 Los hidrocarburos en fase libre comprenden la presencia de dos fases: una fase líquida no acuosa ligera (LNAPL, por su sigla en inglés) que son líquidos que no se mezclan con el agua y, por tanto, forman una fase separada al contacto con el agua formando una película que flota sobre el agua, y una fase sólida (DNAPL) que se caracteriza por ser más denso que el agua y por lo tanto tiende a infiltrarse y precipitar. («Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación» en el marco del Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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



Figura 8.8. Evidencias observadas organolépticamente y restos de residuos sólidos impregnados con hidrocarburos en el punto de verificación en roca (CAV-R1) para la identificación del foco potencial de contaminación en la playa Cavelero.

- 2) El entorno donde fueron muestreados los 3 puntos de sedimento (CAV-SD-1, CAV-SD-2 y CAV-SD-3) presentó restos parcheados y discontinuos sobre rocas y residuos sólidos (plásticos, madera, plumas) impregnados de hidrocarburos, observó hidrocarburos distribuidos superficialmente. Dichas muestras fueron tomadas entre 0 – 10 cm de

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

profundidad, y organolépticamente se evidenció hidrocarburos en aparente fase libre³⁸ con olor a hidrocarburos, color oscuro típico y viscosidad al tacto (frotis) (Figura 8.9).



Figura 8.9. Vista del entorno, observación organoléptica y muestreo de sedimento intermareal en los puntos CAV-SD-1 (a), CAV-SD-2 (b y c) y CAV-SD-3 (d)

En Cavero, el foco potencial de contaminación identificado según su configuración (sustrato rocoso fracturado predominante, combinado con grava y arena de manera residual), y su heterogeneidad son factores que combinados con las condiciones físico-químicas del crudo determinarían su transporte y liberación de nuevo hacia el mar o mediante la infiltración hacia el subsuelo. La presencia de hidrocarburos en fase libre determina su toxicidad, ya que

38 Según el MINAM, se denomina hidrocarburo de fase libre o «producto libre» y describe la presencia de sustancias no acuosas que se caracterizan por no formar mezclas con el agua o el suelo. Se utiliza frecuentemente para contaminaciones con hidrocarburos que flotan sobre un espejo de agua o que son visibles en la superficie del suelo». Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM, «Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados», aprobado el 02 de febrero de 2017.



constituyen mezclas complejas de compuestos orgánicos como hidrocarburos alifáticos y aromáticos en diferentes proporciones (Minam, 2021).

Cabe indicar que, según el análisis granulométrico y las observaciones en campo, la playa tiene condición arenosa y roca fracturada por lo que presenta alta permeabilidad y capacidad de infiltración, lo cual, permitiría la movilidad o retención de los componentes del petróleo que estaría sujeto a sus características físicas como su solubilidad y viscosidad (Alvaro, et al., 2017) en el caso que no se realice alguna intervención. Basada en la información obtenida de la caracterización del crudo derramado en la Refinería La Pampilla, tiene un valor de viscosidad de 44,21 cSt a 20°C, que corresponde una alta viscosidad a temperatura ambiente, que determina una mayor capacidad de retención en el sustrato (Maroto, E., 2003) en caso de afectación.

Dicho foco presenta afluencia de pobladores locales con fines diversos (recreación, pesca artesanal, según aseveraciones de locales). Se desconoce el uso futuro de esta área específica; sin embargo, de no ejecutarse actividades área, se espera que sea rehabilitado para reintegrarse a su entorno y permanecer siendo parte del paisaje del ecosistema.

El contaminante de al liberado al ambiente podría seguir diversas vías de propagación, teniendo en cuenta las características del uso actual y futuro. Por lo tanto, según las características del área y su entorno, los probables mecanismos de migración de los compuestos de interés hacia el ambiente y posibles receptores son los siguientes según la Tabla 8.3:

Tabla 8.3. Vías posibles de propagación del contaminante en la playa Cavero

| Foco potencial de contaminación | Vías de propagación | Sustancias relevantes de interés | Receptores |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Afloramientos rocosos fracturados y sustrato arenoso (arena de playa) con características organolépticas de hidrocarburos (color, olor) | Sedimento – drenaje – agua superficial (ingestión o contacto) | <ul style="list-style-type: none"> - Hidrocarburos totales del petróleo - Fracción de hidrocarburos F₁ (C₆-C₁₀), F₂ (C₁₀-C₂₈) y F₃ (C₂₈-C₄₀) - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) - Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) | <ul style="list-style-type: none"> - Personas que se trasladan al área para realizar actividades diversas - Receptores ecológicos³⁹ |
| | Sedimento – drenaje – agua superficial – agua subterránea (ingestión o contacto) | | |
| | Agua superficial – dispersión superficial – contacto directo (ingestión y/o contacto) | | |
| | Agua superficial – drenaje – infiltración – agua subterránea (ingestión y/o contacto) | | |

Respecto a la evaluación hidrobiológica, la comparación entre la playa Cavero con los puntos de las playas blanco La Encantada (BE-1), Cocoy (BP-1) y Chica (BSP-1), se aprecia una disminución de la abundancia promedio de *E. analoga*.

Referente a los patrones de distribución se registró un aumento de individuos hacia las mayores distancias en puntos blancos, respecto al punto CAV-4 el aumento fue mínimo y en comparación con los puntos blancos se observa una abundancia casi imperceptible. (Figura 8.10). Asimismo, los patrones de distribución de la abundancia en los puntos blanco

39 Los receptores ecológicos incluyen especies de flora, fauna y ecosistemas que estén expuestos, o pueden estarlo, a la contaminación. («Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación» en el marco del Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM).



son semejantes a los registrados previamente por Tarazona et al. (1986) y Sánchez (1988), más no en Cavero.

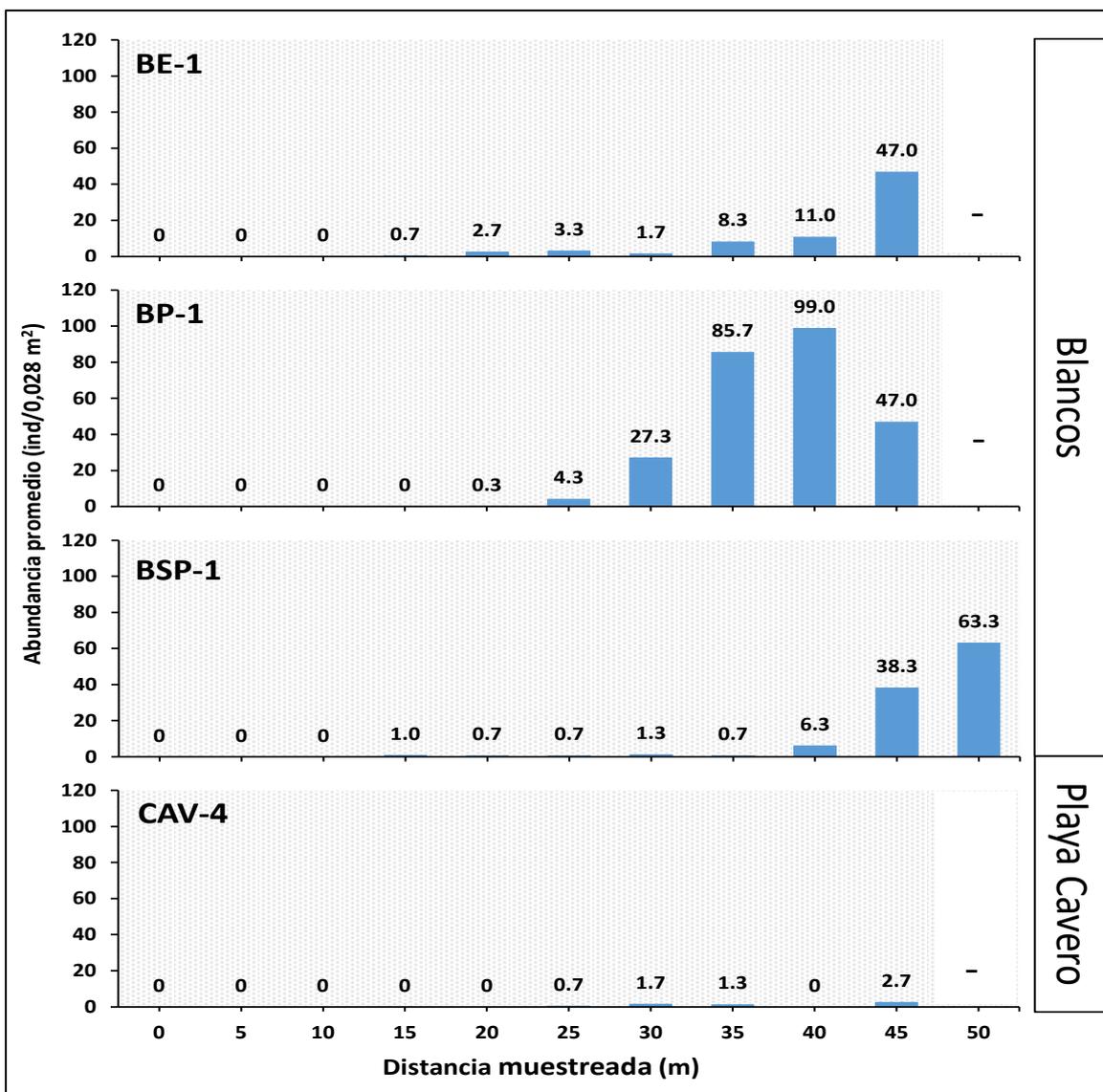


Figura 8.10. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en playa Cavero comparado con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra al punto CAV-4 con menores abundancias en comparación a los puntos de las playas blanco (Figura 8.11), condición que se explicaría por la reducida abundancia de individuos de esta especie a lo largo del transecto evaluado.

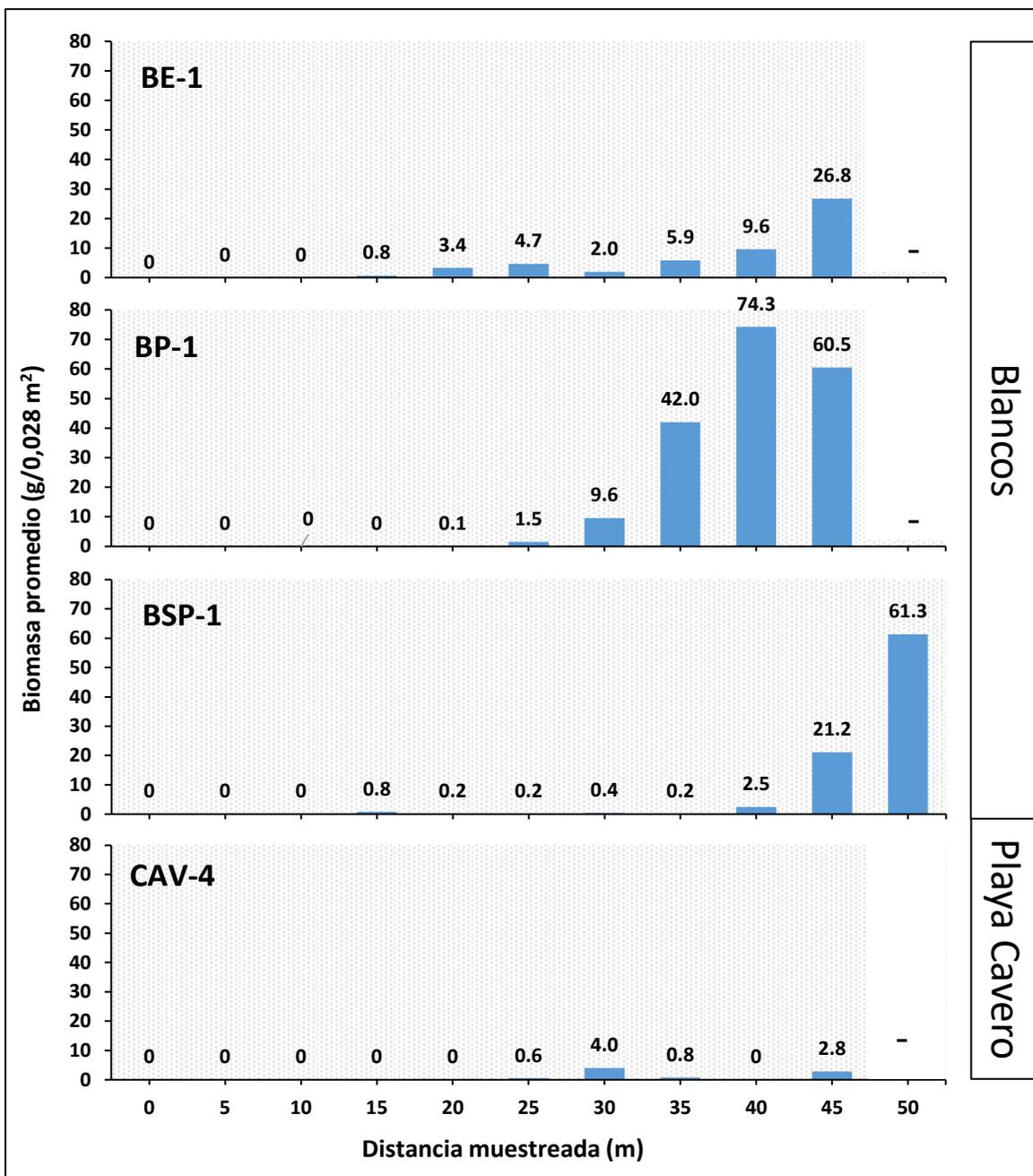


Figura 8.11. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Caverro comparados con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la frecuencia de tallas, se puede apreciar que, en playa Caverro no existe algún grupo de tallas, lo cual contrasta con los puntos blanco, esto debido a la escasa presencia de individuos en CAV-4 (Figura 8.12).



«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»

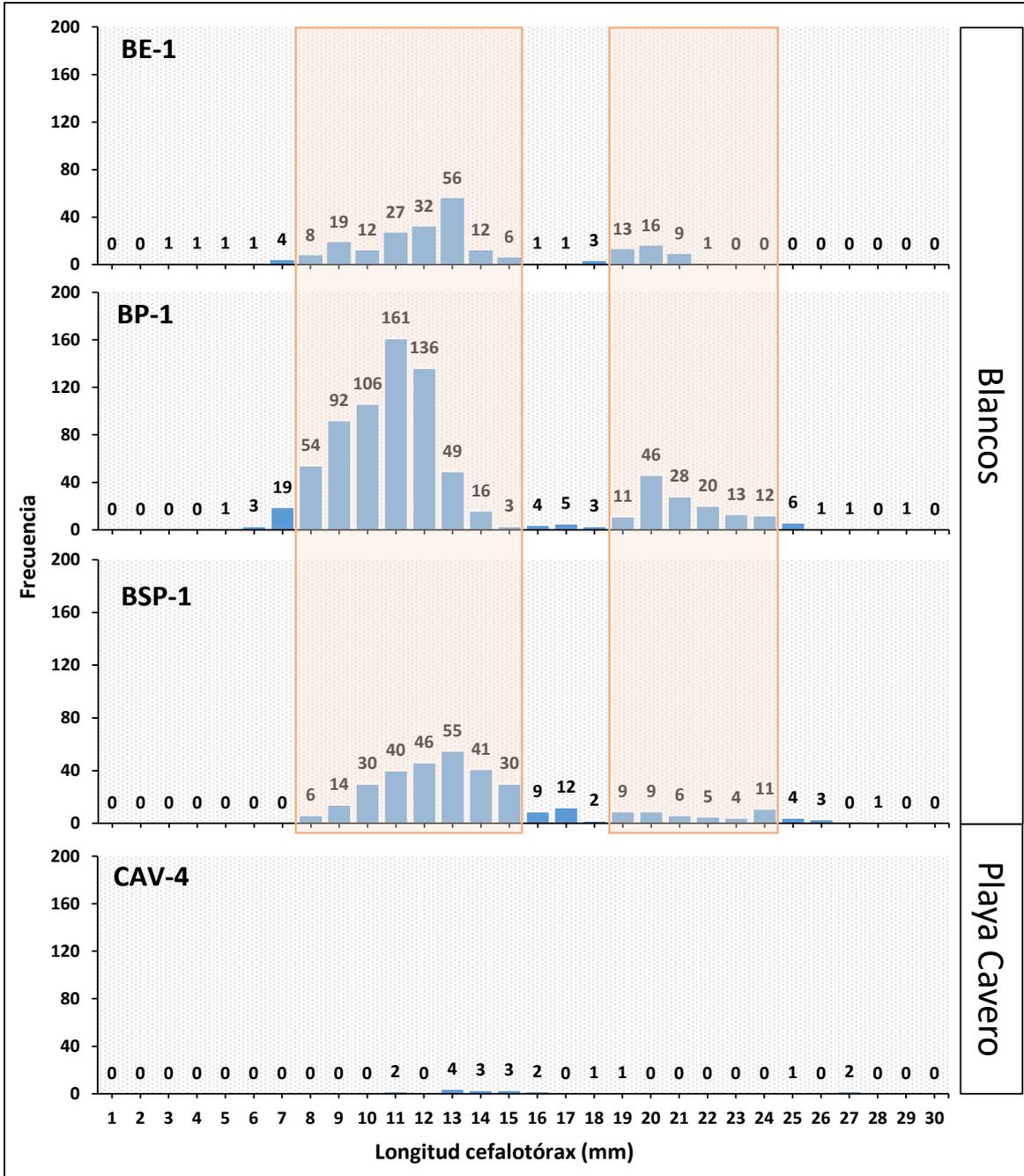


Figura 8.12. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto de muestreo de playa Cavero comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, existe una predominancia de hembras en playa Cavero con 63,2% del total de individuos colectados para este punto; En el caso de hembras ovígeras se registró valores semejantes en todos los puntos de los blancos y de playa cavero, registrándose en un rango entre 15,6% a 17,7%; el estadio macho en el punto CAV-4 obtuvo un 21,1%, este porcentaje fue menor respecto a las playas blanco (Figura 8.13).

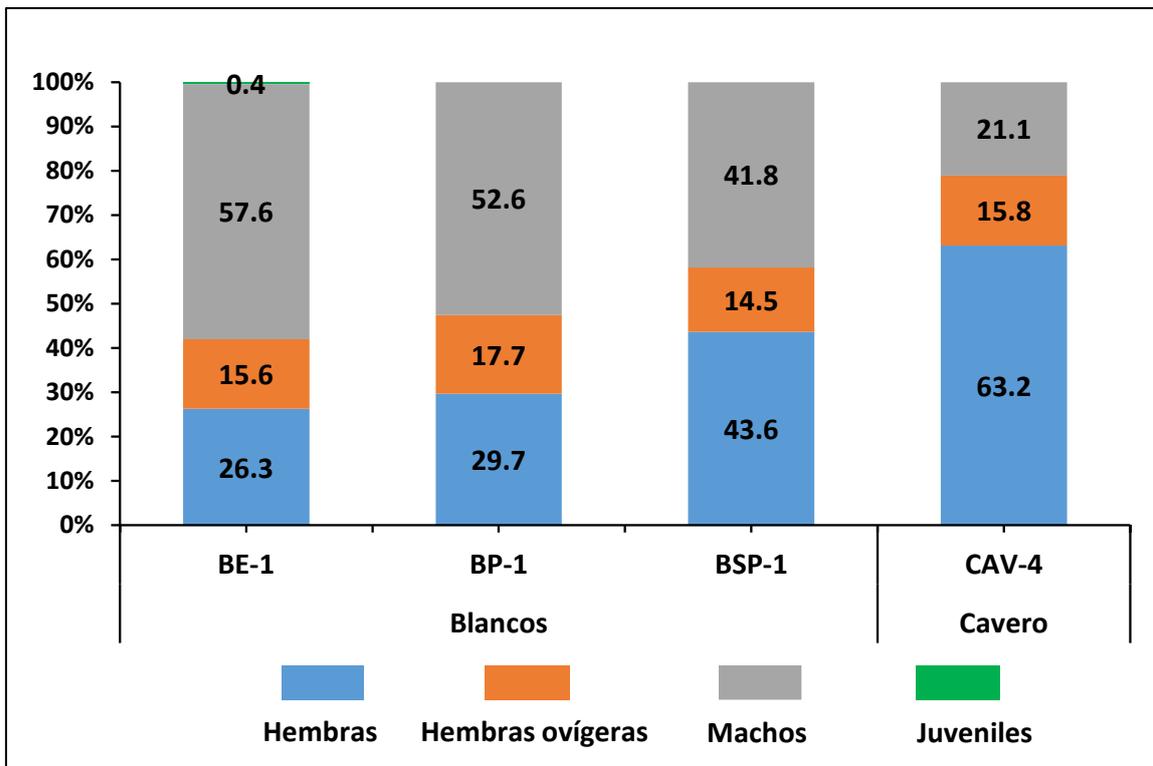


Figura 8.13. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Cavero comparados con los puntos de las playas blanco.

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

Respecto a la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, la comparación de los resultados de playa Cavero con los puntos blanco de La Herradura (BrP-1) y Cocoy (BrE-1 y BrSP-1), se puede verificar diferencias significativas en el número de especies, donde los puntos blanco registran 62, 63 y 50 especies, respectivamente, y una cantidad menor en todos los puntos de playa Cavero, especialmente en el punto CAV-R6. Como consecuencia, también existen un menor número de grupos taxonómicos representativos de este tipo de ambientes, registrándose 8 grupos para playa Cavero (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, equinodermos, nemertinos, briozoos y macroalgas) y 10 grupos para los puntos blanco (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, nemertinos, macroalgas, equinodermos, braquiópodos, platelmintos y poríferos), incluso considerándose que en playa Cavero se tiene un mayor número de puntos muestreados (Figura 8.12).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación Ambiental

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

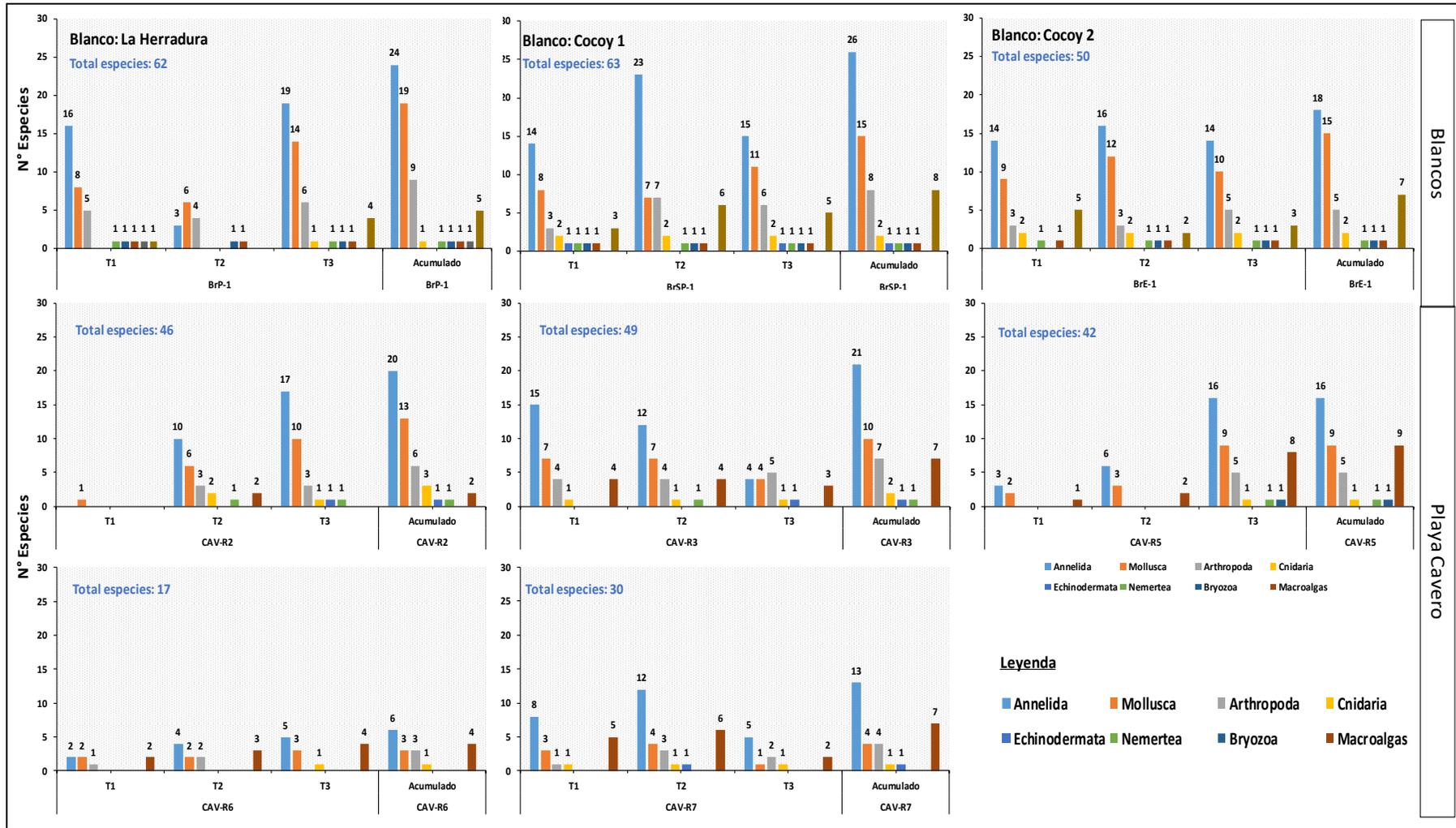


Figura 8.14. Riqueza de especies de Caveró comparado con los puntos de las playas blanco.

Los resultados de los puntos blancos se asemejan a lo registrado previamente para la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en el departamento de Lima (Paredes et al., 1999), donde se registran entre 60 y 151 especies. Caso contrario a lo obtenido en el punto de playa Cavero con tan solo con un mínimo de 17 y máximo de 49, especies en los puntos CAV-R6 y CAV-R3, respectivamente. Cabe destacar que, durante los trabajos de campo se verifico la presencia de hidrocarburo impregnado sobre el sustrato donde en los puntos de muestreo de la comunidad de macrobentos de la zona mediolitoral en (Figura 8.15). En consecuencia, se puede afirmar que, la presencia de hidrocarburo sobre la roca viene a ser la causa de la alteración (disminución del número de especies) de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Cavero.



Figura 8.15. Punto CAV-R7 mostrando el sustrato rocoso (zona mediolitoral) impregnado con hidrocarburo

Asimismo, la presencia de hidrocarburos también alcanza la zona supralitoral, donde se puede ver solo la existencia de cirrípedos muertos (Figura 8.16) y la ausencia de otras especies típicas de la zona supra litoral en orilla rocosa para la costa central de Perú, como *Echinolittorina peruviana*, *Scurria viridula*, *Siphonaria lessoni*, *Lottia orbigny*, entre otros (Paredes, 1974)



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

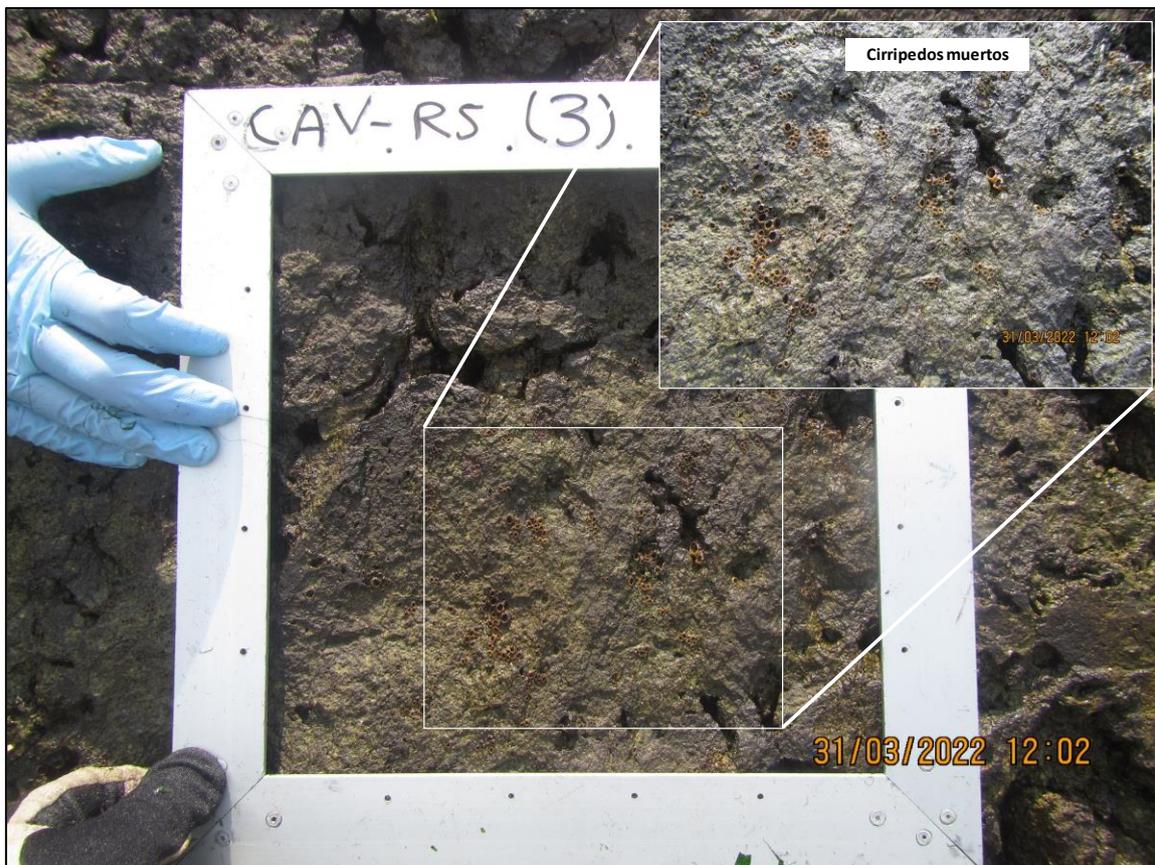


Figura 8.16. Punto CAV-R3 mostrando el sustrato rocoso (zona supralitoral) impregnado con hidrocarburo y la existencia de cirripedos muertos

8.2. Ambiente Submareal

Respecto a la comunidad de megabentos, comparando los puntos ubicados frente a playa Caveró con los puntos blancos, se registra que el *Gastropoda Nassarius dentifer* es el más frecuente en todos los puntos de muestreo, los mayores valores de esta especie dentro de las playas blancas fue para playa La Encantada (BE-S1) con una abundancia de 4,5 ind/1 m², mientras que en la playa Caveró en el punto CAV-S2 se registró una abundancia de 17,5 ind/1 m² (Figura 8.17).

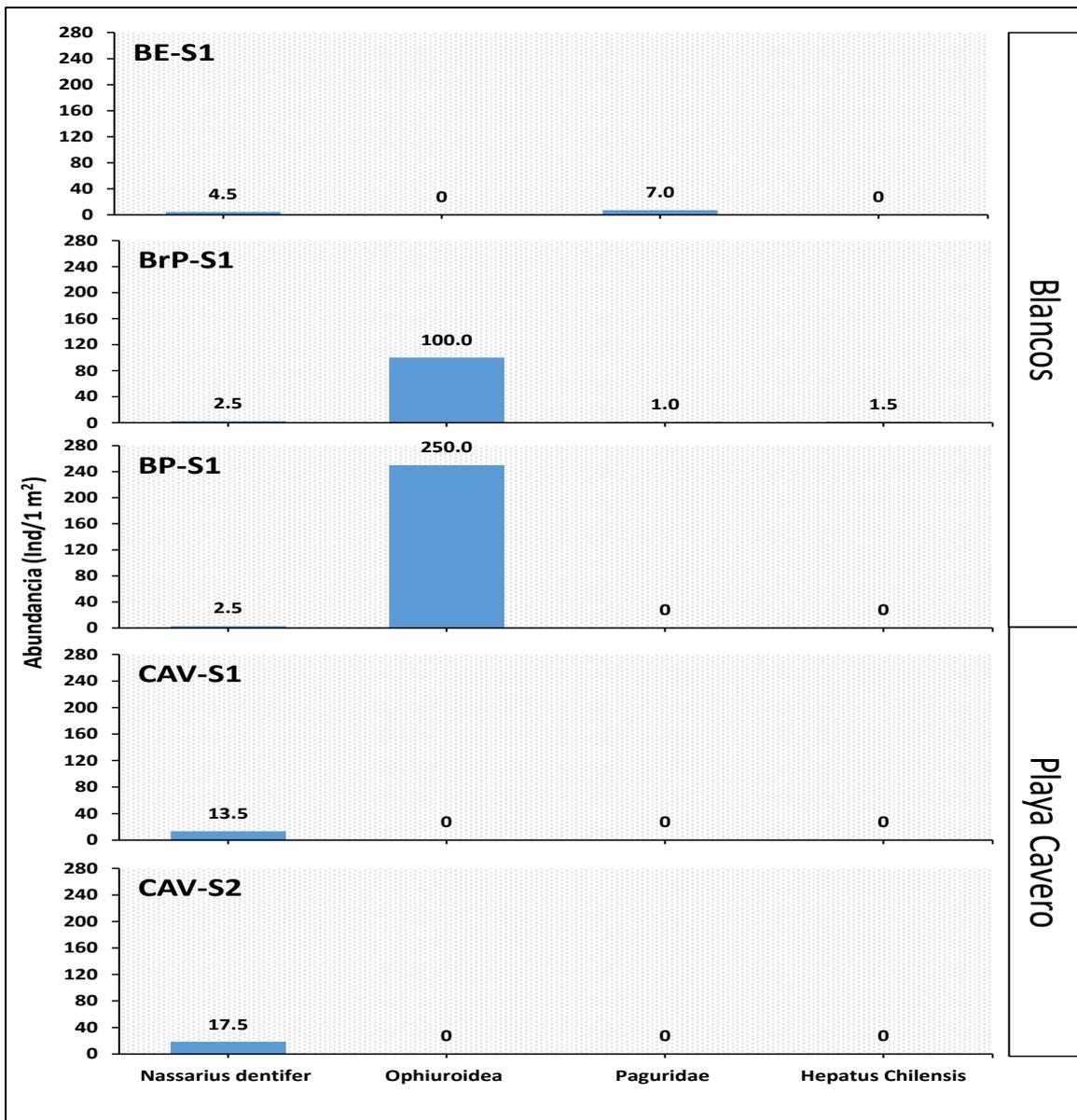


Figura 8.17. Abundancia de especies de megabentos en la playa Caverro comparado con los puntos blancos (Playa La Encantada, La Herradura y Cocoy)

Con respecto a la evaluación de superficie de litoral con RPAS, la Figura 8.18 muestra el color y textura que representan manchas de petróleo crudo en roca, visualizado en los periodos de los sobrevuelos con RPAS en la evaluación ambiental focal del 17 al 26 de enero, la evaluación ambiental de seguimiento del 17 al 26 de febrero y en la evaluación ambiental de causalidad del 26 de marzo al 6 de abril. En el periodo de la evaluación ambiental focal se visualizan manchas con las mismas características a lo largo de todo el segmento C-05, y de igual forma en el periodo de la evaluación ambiental de seguimiento en el cual se estaban realizando actividades de limpieza por parte de Relapasaa; en comparación con el periodo de



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»

la evaluación ambiental de causalidad, al sur del segmento C-05 se visualiza que permanecen las mismas manchas en las zonas de orilla rocosa.

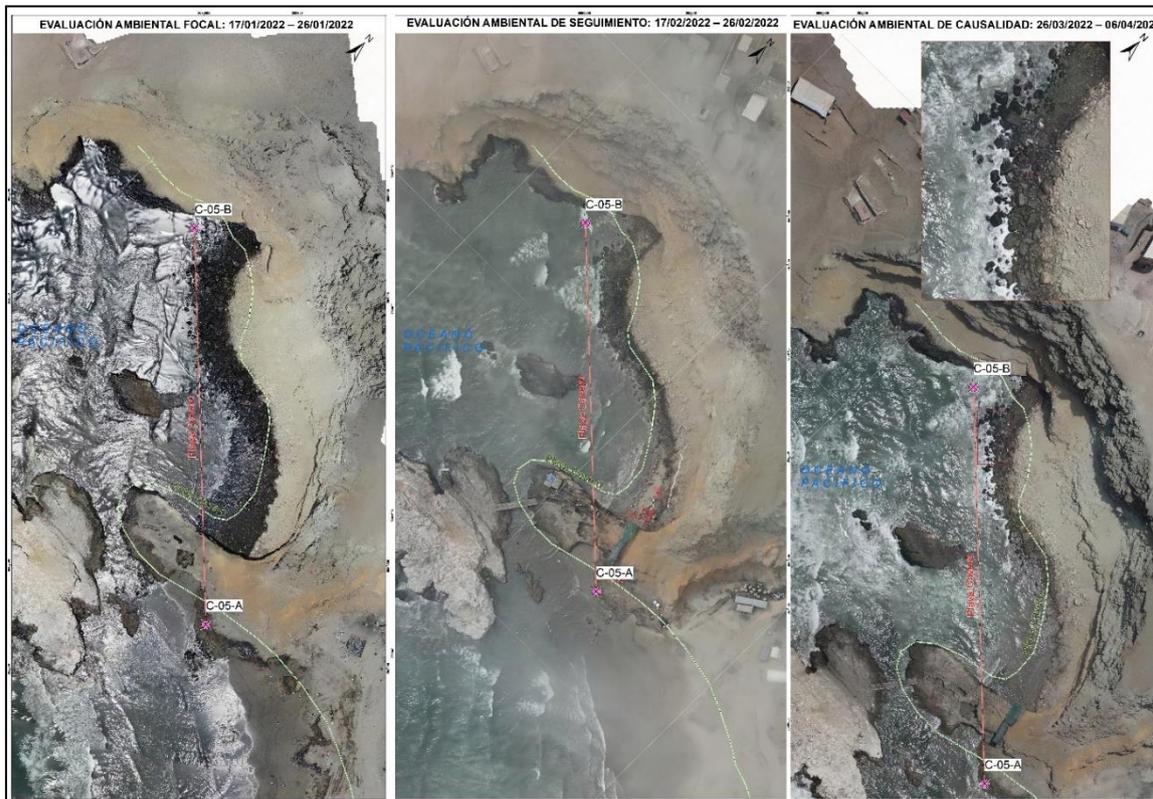


Figura 8.18. Color y textura que representan manchas de petróleo crudo en roca, visualizado en los periodos de los sobrevuelos con RPAS en la evaluación ambiental focal del 17 al 26 de enero, la evaluación ambiental de seguimiento del 17 al 26 de febrero y en la evaluación ambiental de causalidad del 26 de marzo al 6 de abril.

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en la playa Cavero asociado entre los segmentos C-04 (C-04-A hasta C-04-B) y C-05 (C-05-A hasta C-05-B), afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 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...*», se evidenció superación de nivel de fondo en sedimento (arena de playa), se determinó un área afectada de 0,51 ha que es el total del área evaluada y se ha identificado como foco potencial de contaminación, se ha evidenciado con RPAS la prevalencia de áreas manchadas con restos de hidrocarburos en toda la playa; y hay evidencia de alteraciones de la población de *Emerita analoga* y la comunidad de macrobentos durante la evaluación realizada entre el 27, 30 y 31 de marzo del 2022.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

- La evaluación de la calidad del agua superficial de mar determinó que en los 2 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: Poblacional y Recreacional, B1: Contacto Primario» y referencialmente la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» y 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). Para Metales totales, los 31 metales analizados excepto boro, cumplieron con los ECA Agua Cat.1 B1 y referencialmente con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3. Excepcionalmente, el boro superó el ECA Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en los 2 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 3 puntos de muestreo presentaron concentraciones de Hidrocarburos Totales del Petróleo – TPH(C₆-C₄₀) (entre 5001 mg/kg y 21203 mg/kg) que superaron ampliamente las concentraciones de los Niveles de Fondo (<0,30 mg/kg) y Niveles de Referencia (<0,30 mg/kg) establecidos; asimismo, los resultados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) resultaron por encima del límite de cuantificación analítico en todos los puntos de muestreo para 11 parámetros acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno y pireno, los cuales superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia respectivos, cuya presencia estuvo directamente relacionada al derrame de hidrocarburos.
- Los metales totales superaron los valores establecidos de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en los 3 puntos de muestreo considerando a 8 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; de los cuales, dos puntos de muestreo (CAv-SD-1 y CAv-SD-2) no presentaron relación con la presencia de hidrocarburos por reportarse concentraciones próximas a los NF y NR establecidos. El punto CAv-SD-3, presentó cadmio, calcio, cobre, hierro, níquel, plomo y vanadio en concentraciones muy altas con respecto a los niveles de fondo y referencia de cada parámetro, punto donde se reportó TPH(C₆-C₄₀) en altas concentraciones (21203 mg/kg) y evidencia organoléptica de hidrocarburos en fase libre, identificándose una posible relación el crudo y su contenido de metales asociados al crudo reportado por el administrado.
- El alcance aproximado del área impactada en sedimento intermareal fue de 0,51 ha, donde se registraron concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superaron el NF_{TPH}, el mismo que fue identificado como foco potencial de contaminación en toda su extensión, el cual presenta condiciones favorables para la dispersión y transporte de restos de hidrocarburos en fase libre con potencial de afectación a personas y receptores ecológicos.
- La evaluación de superficie de litoral con RPAS ha determinado la prevalencia de color y textura que representan manchas de petróleo crudo en las áreas de orilla rocosa, las



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»

mismas que fueron detectadas en evaluaciones anteriores (Evaluación Ambiental Focal y Evaluación Ambiental de Seguimiento).

- En cuanto a la evaluación hidrobiológica, existe evidencia de alteraciones o cambios negativos de la población de *E. analoga* y la comunidad de macrobentos en el ambiente intermareal de playa Cavero; respecto al ambiente submareal, no existe evidencia de alteraciones de la comunidad de megabentos frente a playa Cavero.

10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alvaro, C. E. S., Arocena, L. A., Martínez, M. Á., & Nudelman, N. E. S. (2017). Biodegradación aerobia de fracciones de hidrocarburos provenientes de la actividad petrolera en un suelo de la región Patagonia Norte, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(2), 247-257.
- 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. (1999). *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.
- Figueruelo, J. y M. Marino-Dávila. 2004. *Química Física del Medio Ambiente y de los Procesos Ambientales*. Editorial Reverté. Ciudad de México. México. 614 p.
- 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.



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»

- 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>.
- Kerr J.M., McMillen S.J., Magaw R.I., Melton H.R y Naughton G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydro carbons. *The petroleum Environmental Research Forum*, USA.
- Maroto Arroyo, E. (2003). *Procesos de evolución de la descontaminación" in situ" de suelos afectados por hidrocarburos* (Doctoral dissertation, Caminos). Universidad Politécnica de Madrid.
- 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.
- 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.
- Montes, R. 2008. Efecto ecotoxicológico del petróleo crudo sobre el primer estadio de *Emerita analoga* Stimpson, 1857 (Decápoda: Anomura). *Biologist* 6(2): 101-111.
- Moreno 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.
- Paredes C., Cardoso F. & Tarazona J. (1999). Invertebrados del intermareal rocoso del departamento de Lima, Perú: Una lista comentada de especies. *Revista Peruana de Biología* 6(2): 143-151.
- Paredes. (1974). El modelo de zonación en la orilla rocosa del departamento de Lima. *Revista Peruana de Biología* 1(2): 168-191.
- 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.
- 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



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

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

- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57(7):573–583 DOI 10.1641/B570707.
- Tarazona J., Paredes C., Igreda M., (1986). Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. *Revista de ciencias de U.N.M.SM.* Vol. 94, N° 1. Pp 103 -116.