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

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	5
5. MODELO CONCEPTUAL	6
6. METODOLOGÍA	6
6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación	7
6.1.2. Ubicación de puntos de muestreo	8
6.1.3. Parámetros y métodos de análisis	16
6.1.4. Equipos utilizados	19
6.1.5. Criterios de evaluación.....	20
7. RESULTADOS	24
7.1. Zona Intermareal.....	25
7.1.1. Agua superficial de mar	25
7.1.2. Sedimento (arena de playa)	27
7.1.3. Hidrobiología.....	32
7.1.4. Superficie de litoral	35
7.2. Zona submareal	36
7.2.1. Agua Superficial.....	36
7.2.2. Sedimento	38
7.2.3. Hidrobiología.....	42
8. DISCUSIÓN.....	42
8.1. Zona Intermareal.....	43
8.2. Zona submareal	58
9. CONCLUSIONES	61
10. RECOMENDACIONES	63
11. BIBLIOGRAFÍA.....	63



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 en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande	11
Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande	12
Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de <i>Emerita analoga</i> (muy muy) y macrobentos en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande.....	13
Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de <i>Emerita analoga</i> (muy muy) y macrobentos en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco)	14
Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande	15
Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande	16
Tabla 6.8. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de las playas control (puntos blanco)	16
Tabla 6.9. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos e hidrobiología	17
Tabla 6.10. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal, según los ECA vigente y niveles de fondo.....	22
Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande	25
Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal.....	29
Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal	30
Tabla 7.4. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande	36
Tabla 7.5. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAP's) en sedimento submareal en playa Santa Rosa Grande.....	39
Tabla 7.6. Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande	41
Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado – Refinería La Pampilla.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Santa Rosa Grande	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Santa Rosa Grande, afectada por el derrame de petróleo crudo	6
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Santa Rosa Grande	9
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Santa Rosa Grande	10
Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Santa Rosa Grande.....	11
Figura 6.4. Puntos de muestreo de agua y sedimento submareal ubicados en la playa Santa Rosa Grande	15



Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C ₆ -C ₄₀) en sedimento de la playa Santa Rosa Grande comparadas con los NF _{TPH}	27
Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F ₂ en sedimento de la playa Santa Rosa Grande ..	28
Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F ₃ en sedimento de la playa Santa Rosa Grande ..	29
Figura 7.4. Granulometría de la playa Santa Rosa Grande.....	31
Figura 7.5. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande	32
Figura 7.6. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande	33
Figura 7.7. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande	33
Figura 7.8. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluados en Playa Santa Rosa Grande.....	34
Figura 7.9. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Santa Rosa Grande	34
Figura 7.10. Abundancia de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Santa Rosa Grande	35
Figura 7.11. Concentraciones de TPH C ₆ – C ₄₀ en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande	38
Figura 7.12. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande.....	40
Figura 7.13. Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande.....	40
Figura 7.14. Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande.....	41
Figura 7.15 Abundancia de especies de megabentos en la playa Santa Rosa Grande....	42
Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Santa Rosa Grande	43
Figura 8.2. Vista del entorno, observación organoléptica y el muestreo del punto SRPG-SD-7 (a y b) y el punto SRPG-SD-14 (c y d) para sedimento intermareal	46
Figura 8.3. Distribución de TPH C ₆ -C ₄₀ en la playa Santa Rosa Grande y el alcance proyectado.....	47
Figura 8.4. Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Santa Rosa Grande.	48
Figura 8.5. Concentraciones de fracciones F1, F1, F3 que supera los niveles de fondo en sedimento (arena de playa) en la playa Santa Rosa Grande.....	49
Figura 8.6. Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Santa Rosa Grande	50
Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal.....	51
Figura 8.8. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en playa Santa Rosa Grande comparado con los puntos de las playas blanco.....	53
Figura 8.9. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados en playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco.	54
Figura 8.10. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados en playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco.....	55



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

Figura 8.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en los puntos evaluados de playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco.	56
Figura 8.12. Comparación de la riqueza de especies de Santa Rosa Grande comparado con los puntos blanco	57
Figura 8.13. Punto SR-R1 mostrando el sustrato rocoso impregnado con hidrocarburo ...	58
Figura 8.14. Presencia y ausencia de TPH en los puntos evaluados en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande	60



1. INTRODUCCIÓN

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

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

Asimismo, la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM mediante la señalada resolución² determinó «que el derrame de petróleo crudo constituía un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica (fauna silvestre y recursos hidrobiológicos), y un alto riesgo para la salud pública»; por lo que en su Anexo 2 dicta la ejecución del Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la atención de la emergencia ambiental en el área geográfica afectada por el derrame de crudo, en cuyo Eje 1: Calidad Ambiental, 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 del 25 de febrero de 2022 y

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.»



el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM del 24 de marzo de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas y ecosistemas frágiles, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022.

La verificación de limpieza de playas (como Acciones de Primera Respuesta)⁴, 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.º 039-2014-EM, y en la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, aprobada mediante Decreto Supremo N.º 005-2021-EM, en el art. 66-B.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 30 y 31 de marzo y 03 y 04 de abril de 2022, donde el presente documento forma parte del informe de evaluación ambiental de causalidad en la playa Santa Rosa Grande (en adelante, informe de EAC en la playa Santa Rosa Grande), que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera de la playa realizado por Relapasaa debido a la afectación por el derrame de petróleo ocurrido frente a la Refinería La Pampilla. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal y

⁴ El Decreto Supremo N° 039-2014-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, en el Artículo N.º 66, dicta como Acciones de Primera Respuesta las siguientes acciones: «Control de fuente, Aseguramiento del área y contención, Recuperación superficial y disposición final del contaminante, Limpieza del área afectada por el contaminante, Disposición final de los residuos generados en las acciones anteriores, Acciones de rescate de fauna silvestre, Otras acciones que señale el Plan de Contingencia, a fin de minimizar la implicancia ambiental del siniestro o emergencia ambiental.»

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.º 13-2020-OEFA/CD, el cual establece que: «La Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) se realiza mediante acciones técnicas, con la finalidad de establecer la relación causa-efecto entre la alteración de la calidad ambiental y las actividades sujetas a fiscalización ambiental. Se desarrolla a partir de la identificación de un indicio o evidencia de impacto ambiental negativo.»

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.»



submareal del agua superficial, arena, sedimento⁸ (arena de playa y sedimento marino), el estado de la comunidad de macrobentos, megabentos y de la población de *Emerita analoga* (muy-muy) consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente, los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) establecidos para sedimento en relación a los hidrocarburos de petróleo y otros elementos (asociados a la caracterización del petróleo derramado) en zonas “blanco”, con condiciones similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado. Complementariamente, se realizó fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) para la evaluación en superficie de litoral de la zona marino-costera de la playa Santa Rosa Grande, con el fin de identificar superficialmente colores y texturas que representen manchas de petróleo crudo tanto en arena de playa como en la zona rocosa.

2. ANTECEDENTES

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de la Refinería La Pampilla S.A.A., José Reyes Ruiz (jreyesr@repsol.com), registró la emergencia ambiental con código EA22-00045 en el Sistema de Gestión de Emergencias Ambientales - SGEA del OEFA, referida al derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*⁹, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, ubicado en el distrito Ventanilla, provincia constitucional del Callao, ocurrida el 15 de enero de 2022 a las 17:25:00 horas.

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

En atención a la emergencia, las acciones inmediatas realizadas por la Dirección de Evaluación Ambiental fueron: 1) Realizar una Evaluación Ambiental Focal¹⁰ realizada entre el 19 enero al 05 de febrero del 2022, cuyo objetivo fue determinar la extensión del área afectada y los impactos generados en la zona marino costera (agua superficial, sedimento y biota) por el derrame de hidrocarburos de petróleo en el mar ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, frente a la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, provincia constitucional del Callao, dicha evaluación identificó el litoral afectado por el derrame de petróleo crudo desde la playa Ventanilla hasta la playa Cascajo ubicada en el distrito Chancay, provincia Huaral, departamento Lima. 2) Primera Evaluación Ambiental de Seguimiento¹¹ realizada entre el 17

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.»

⁹ Buque de bandera italiana.

¹⁰ INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEAC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

¹¹ REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico



al 27 de febrero de 2022, a través del monitoreo de parámetros que permitió identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento; así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022, y 3) Segunda Evaluación Ambiental de Seguimiento¹², realizada entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (provincia constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

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

Por otro lado, Relapasaa, mediante Escrito Repsol S/N del 01 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-057-2022 del 04 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-155-2022, del 15 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-213-2022 del 23 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-280-2022 del 09 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-365-2022 del 18 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-423-2022 del 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 08 de abril de 2022 y carta RLP-GSCMA-515-2022, del 13 de abril de 2022; comunicó el avance de las acciones de primera respuesta y la culminación de la limpieza playas de entre los cuales se encuentra la playa Santa Rosa Grande.

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

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

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

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.

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



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

4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Santa Rosa Grande se ubica en el distrito Chancay, provincia Huaral, que fue afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, según las cartas emitidas por RELAPASSA define los tramos de tratamiento en divisiones y segmentos¹³ y ubicaciones puntuales¹⁴ de las playas (Figura 4.1).

La playa Santa Rosa Grande pertenece a la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras, 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 desde el segmento D-09-A hasta D-09-B¹⁵ que corresponde a la playa Santa Rosa Grande.

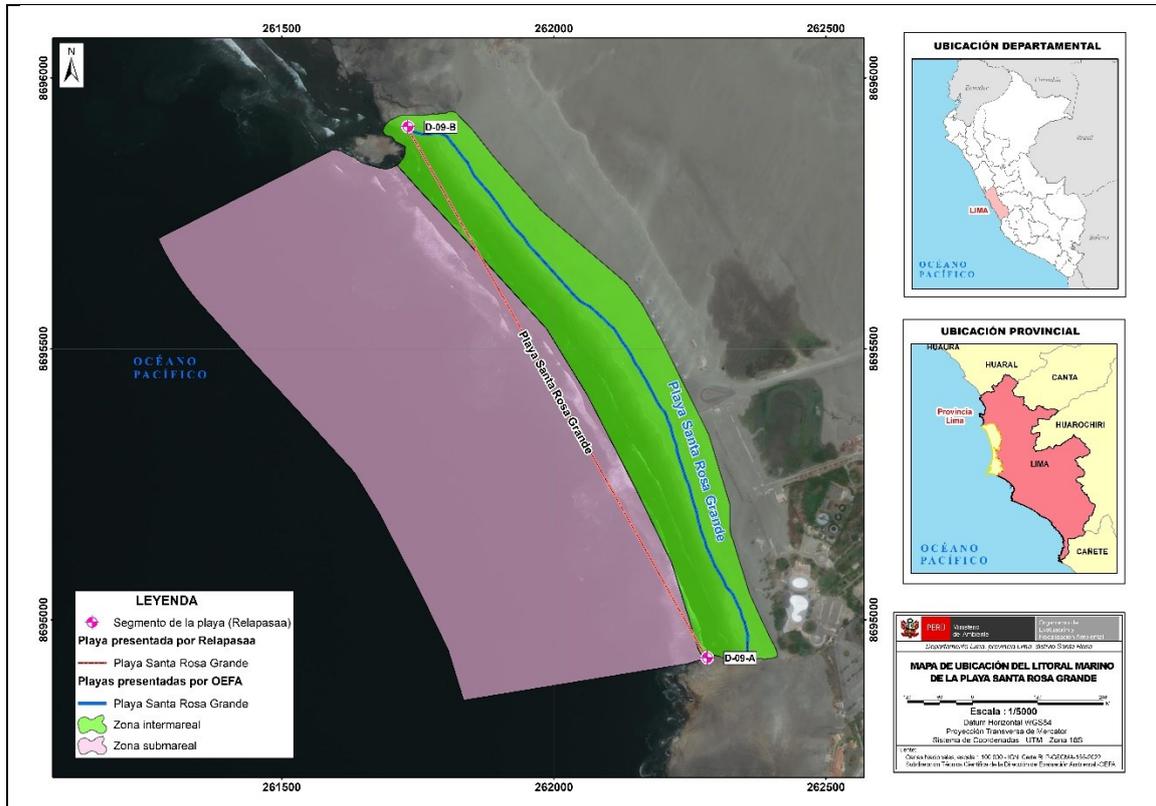


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Santa Rosa Grande

Fuente: CSIG-OEFA-2022.

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

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

15 El segmento de D-09 se ubica desde D-09-A 262280, 8694930 (extremo sur) hasta D-09-B 261730, 8695910 (extremo norte), de acuerdo a la carta RLP-GSCMA-155-2022, del 15 de febrero de 2022.



5. MODELO CONCEPTUAL

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

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

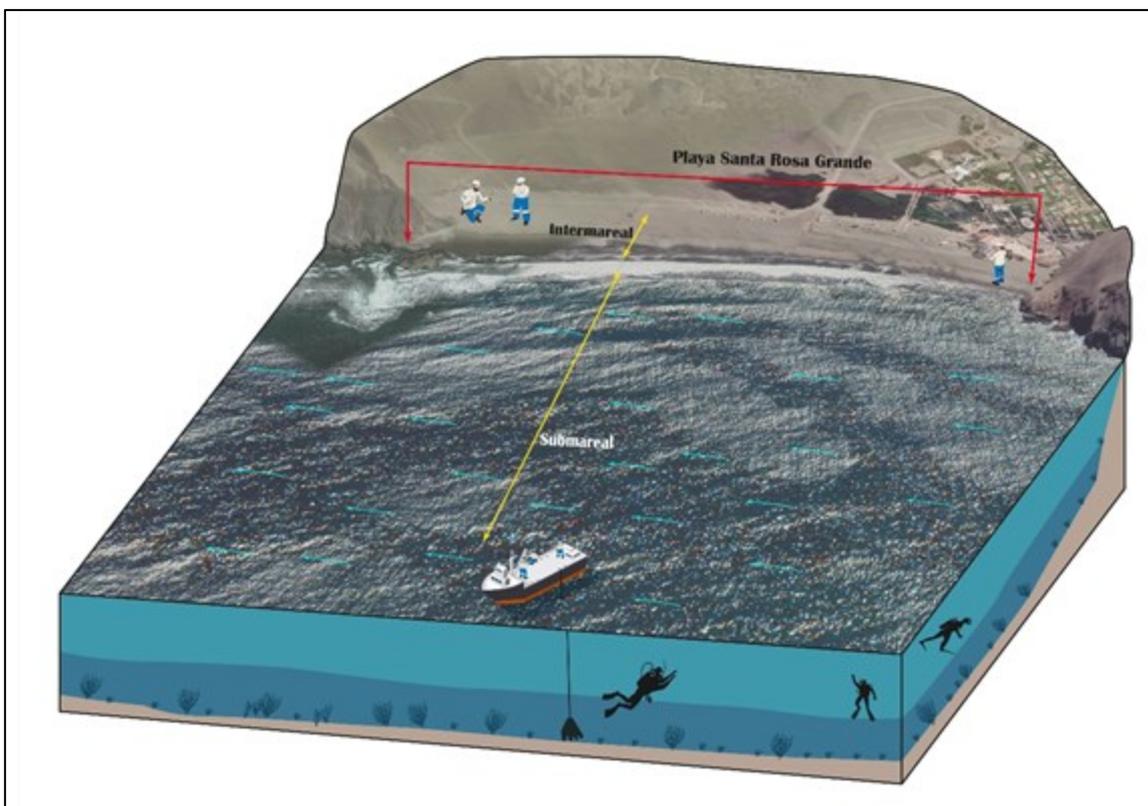


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Santa Rosa Grande, afectada por el derrame de petróleo crudo

6. METODOLOGÍA

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

**6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación**

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua de mar, arena, sedimento 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
Sedimentos Submareal e intermareal (arena de playa)	Guía para el muestreo de suelos	Plan de muestreo sección 1.3.1. Muestreo de identificación (MI) Anexo 2: Patrones de muestreo para definir la localización de puntos de muestreo en suelos contaminados	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Perú
	Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001)	Capítulos 4	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</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 Assessement Manual 4ta Edition	5. Shoreline Assessment Process and Activities	-	Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)	Estados Unidos



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
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
Megabentos	Methods for the Study of marine benthos	Section 4-4.1: Diving systems: Hookah systems y Section 4-4.3: Data collection and recording	Guía internacional	Hellenic Centre for Marine Research	Reino Unido 2005

6.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

6.1.2.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de la playa Santa Rosa Grande fue evaluada en un total de 7 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada entre 160 m y 200 m entre un punto y otro para la caracterización espacial del agua de mar a nivel intermareal de la playa (Figura 6.1).



Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Santa Rosa Grande

En la zona intermareal se muestrearon 19 puntos de sedimento (arena de playa) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEC, considerando una profundidad de 0 a 10 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C₆-C₄₀), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F₁ (C₆-C₁₀), fracción media F₂ (C₁₀-C₂₈) y fracción F₃ de cadena larga (C₂₈-C₄₀); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en 2 compósitos para caracterizar la playa (Figura 6.2).



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



Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Santa Rosa Grande

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 2 puntos en intermareal (una playa de arena y una de orilla rocosa), tal como se muestra en la Figura 6.3. Asimismo, se evaluaron 6 puntos blancos (3 de orilla roca y 3 de playa arenosa) ubicados en las playas La Herradura, La Encantada, Cocoy y Chica. La ubicación de los puntos blanco se muestra en el reporte de campo de playas blanco (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande).



Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Santa Rosa Grande

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

Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SRPG-AS-1	262322	8694968	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado en la zona sur de la playa
2	SRPG -AS-2	262274	8695125	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado a una distancia aproximada de 170 m hacia el norte del punto SRPG-AS-1
3	SRPG -AS-3	262202	8695277	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado aproximadamente de 170 m hacia el norte del punto SRPG-AS-2



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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
4	SRPG -AS-4	262115	8695442	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado aproximadamente de 190 m al norte del punto SRPG-AS-3
5	SRPG -AS-5	262032	8695575	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado aproximadamente de 160 m hacia el norte del punto SRPG-AS-4
6	SRPG -AS-6	261932	8695689	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado a aproximadamente de 160 m hacia el norte del punto SRPG-AS-5
7	SRPG -AS-7	261797	8695833	0	Playa Grande Santa Rosa, punto intermareal ubicado aproximadamente a 200 m al norte del punto SRPG-AS-6

Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SRPG -SD-1	262331	8694937	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 460 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
2	SRPG -SD-2	262336	8694986	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 415 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
3	SRPG -SD-3	262318	8695021	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 378 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
4	SRPG -SD-4	262296	8695061	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 334 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
5	SRPG -SD-5	262314	8695101	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 306 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
6	SRPG -SD-6	262264	8695142	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 245 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
7	SRPG -SD-7	262282	8695206	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 201 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
8	SRPG -SD-8	262261	8695256	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 148 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
9	SRPG -SD-9	262245	8695335	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 90 m al sur del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)



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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
10	SRPG -SD-10	262165	8695406	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 42 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
11	SRPG -SD-11	262154	8695499	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 42 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
12	SRPG -SD-12	262101	8695511	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 155 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
13	SRPG -SD-13	262072	8695585	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 239 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
14	SRPG -SD-14	262044	8695635	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 295 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
15	SRPG -SD-15	261988	8695677	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 355 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
16	SRPG -SD-16	261942	8695739	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 332 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
17	SRPG -SD-17	261894	8695792	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 500 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
18	SRPG -SD-18	261819	8695826	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 572 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)
19	SRPG -SD-19	261792	8695911	0	Ubicado en la playa Santa Rosa Grande, a aproximadamente 655 m al norte del ingreso a la playa del mismo nombre (Calle 15, urbanización Santa Rosa)

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SR-R1	262311	8694941	0	Playa Santa Rosa Grande, intermareal rocoso ubicado al extremo sur de la playa
2	SR-2	262143	8695380	0	Playa Santa Rosa Grande, intermareal arenoso ubicado al centro 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

Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de *Emerita analoga* (muy muy) y macrobentos en la zona 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

6.1.2.2. Zona Submareal

En las proximidades a la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande se evaluaron 2 puntos de muestreo (MS-47 y MS-48) a nivel submareal, tanto en agua de mar como sedimento, según se observa en la Figura 6.4.

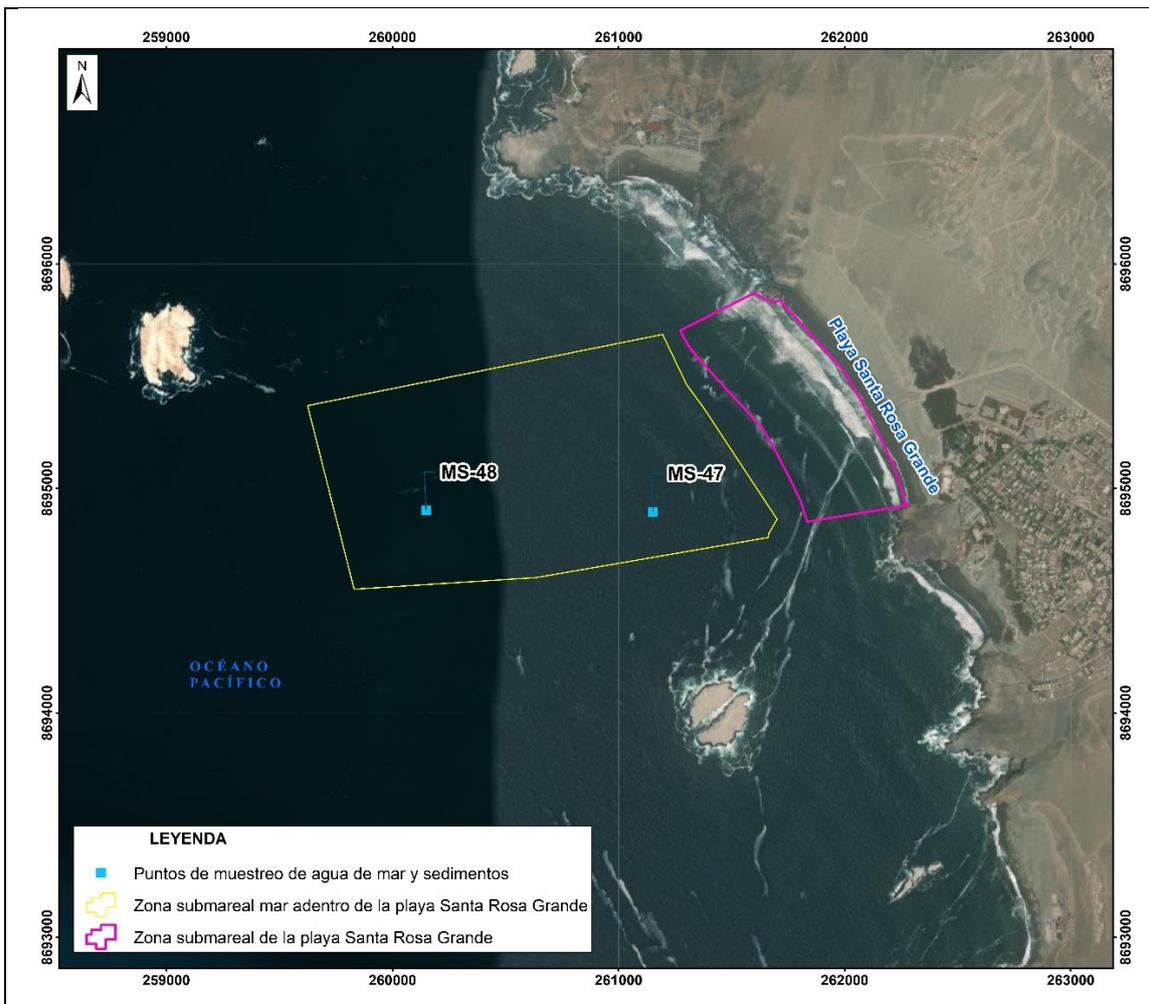


Figura 6.4. Puntos de muestreo de agua y sedimento submareal ubicados en la playa Santa Rosa Grande

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		Este (m)	Norte (m)				
1	MS-47	261152	8694896	27,0	X	X	Punto submareal, ubicado en el extremo sur de la Reserva Nacional Islote Grupo de Pescadores, ubicado aproximadamente a 1,0 km al oeste de la playa Santa Rosa en línea recta



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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)*	Agua Superficial	Sedimentos	Descripción
		Este (m)	Norte (m)				
2	MS-48	260148	8694903	33,2	X	X	Reserva Nacional Islote Grupo de Pescadores, punto submareal, ubicado aproximadamente a 1,2 km al noroeste de la Isla Pescadores, y 2,0 km al oeste de la playa Santa Rosa en línea recta

* La profundidad aplica para la toma de muestras de sedimento submareal

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

Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SR-S1	262070	8694908	7,5	Ubicado al lado sur de playa Santa Rosa, a aproximadamente 200 m de la línea de costa. Fondo blando

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Profundidad (m)	Descripción
		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

6.1.3. Parámetros y métodos de análisis

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



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

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

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua de mar – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	7	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	7	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	7	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc)	7	EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020	
		BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)	7	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	
Sedimentos	Arena de playa – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	19	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ Perú S.A.C.
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	19	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño,	19	EPA Method 3050 B Rev2 / EPA Method 6020 B. Rev.2	



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

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
		Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)			
		Análisis granulométrico	2	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS Perú S.A.C.
Agua salina	Agua de mar – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	2	EPA Method 8015C Rev.03 2007	ALAB E.I.R.L
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	2	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	2	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc)	2	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)	2	EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007	
Sedimentos	Sedimentos – Zona Submareal	Hidrocarburos totales de petróleo (Fracciones F1, F2 y F3)	2	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ Perú S.A.C.
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno,	2	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	



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

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

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

Agua Salina:

Informes de ensayo: IE-22-5059, IE-22-5098, IE-22-5104, IE-22-5144, IE-22-5170, IE-22-5198, IE-22-5235, IE-22-5239 emitidos por ALAB E.I.R.L.

Sedimentos

Informes de ensayo: SAA-22/00311, SAA-22/00312, SAA-22/00321 y SAA-22/00322, SAA-22/00354, SAA-22/00392, SAA-22/00397, SAA-22/00398, SAA-22/00400 emitidos por AGQ Perú S.A.C. / Informes de ensayo: 23504/2022, 24909/2022 emitidos por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 082-2022-OEFA/OTEC, 170-2022-OEFA/OTEC, 171-2022-OEFA/OTEC, 172-2022-OEFA/OTEC, 206-2022-OEFA/OTEC.

6.1.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los Reportes de campo N.º RC-030-2022-STECC, RC-021-2022-STECC y RC-022-2022-STECC.

6.1.4.1. Procesamiento de datos

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



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

6.1.5. Criterios de evaluación

A nivel intermareal

La clasificación de la playa Santa Rosa Grande para la zona intermareal, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero» aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA, fue establecida en la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat.2 C2). Por lo tanto, los resultados obtenidos de agua superficial de mar en la zona intermareal, se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua vigentes, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua (2017)).

Referencialmente, los resultados se compararon con los ECA de la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1) y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat.4 E3), para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁶ que la categoría Cat.2 C2 no incluya valores para su comparación (ver Tabla 6.9).

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), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) que fueron establecidos en zonas “blanco”: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Haura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC, con asunto «Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales e hidrocarburos de petróleo en sedimento marino de las bahías de Lima y Huacho», aprobado el 09 de mayo de 2022.

A nivel submareal

Para la zona submareal hasta los 500 m perpendicular de la orilla del ambiente intermareal (establecido según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero», R.J. N.º 030-2016-

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



ANA), el punto de muestreo MS-47 se estableció en la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat.2 C3); mientras que, el punto MS-48 se estableció en la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat.4 E3). Por lo tanto, los resultados obtenidos de agua superficial de mar en la zona submareal, se compararon con los ECA para agua (2017).

Referencialmente, en el punto MS-47, los resultados se compararon con la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1) y Cat. 4 E3, y en el punto MS-48 se compararon con la Cat.1 B1 y Cat.2 C3; para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁶ que fueron analizados y que la Cat.2 C3 y Cat. 4 E3 no presentan valores de comparación, respectivamente (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), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) que fueron establecidos en zonas «blanco»: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC, con asunto «Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales e hidrocarburos de petróleo en sedimento marino de las bahías de Lima y Huacho», aprobado el 09 de mayo de 2022.

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

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

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de Fondo	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de fondo	
			Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológi cas en aguas marino- costeras		C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras		
			Zona Intermareal		Zona Submareal		
Agua Superficial de Mar	Aceites y grasas	mg/L	1,0	-	2,0	-	
	TPH	mg/L	0,5**	-	0,5**	-	
	TPH (Fracción aromática)	mg/L	0,007	-	0,01	-	
	BTEX	Benceno mg/L	0,05**	-	0,05**	-	
	PAH	Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001**	-	0,0001**	-
		Antraceno	mg/L	0,0004**	-	0,0004**	-
		Fluoranteno	mg/L	0,001**	-	0,001**	-
	Metales Totales	Níquel	mg/L	0,1	-	0,074	-
Vanadio		mg/L	0,1*	-	0,1*	-	
Sedimento	TPH (C ₆ -C ₄₀)	mg/kg PS	-	<0,30	-	73,62	
	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs)	Acenafteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Acenaftileno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (a) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (e) pireno	mg/kg PS	-	< 0,030	-	< 0,030
		Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Criseno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,0040	-	< 0,0040
		Fenantreno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Fluoreno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Indeno (1,2,3- cd) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
		Naftaleno	mg/kg PS	-	< 0,003	-	< 0,003
		Pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	-	< 0,005
	Metales Totales	Aluminio	mg/kg PS	-	7543	-	9581
		Antimonio	mg/kg PS	-	0,06	-	0,105



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

Componente	Parámetro	Unidad	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de Fondo	ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Nivel de fondo
			Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológi cas en aguas marino- costeras		C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	
			Zona Intermareal		Zona Submareal	
	Arsénico	mg/kg PS	-	7,09	-	11,42
	Bario	mg/kg PS	-	15,8	-	40,74
	Berilio	mg/kg PS	-	0,21	-	0,28
	Boro	mg/kg PS	-	6,2	-	10,16
	Cadmio	mg/kg PS	-	0,11	-	2,2
	Calcio	mg/kg PS	-	14236	-	12468
	Cobalto	mg/kg PS	-	3,71	-	4,87
	Cobre	mg/kg PS	-	7,91	-	15,15
	Cromo	mg/kg PS	-	8,64	-	15,04
	Estaño	mg/kg PS	-	1,03	-	1,765
	Estroncio	mg/kg PS	-	54,77	-	83,06
	Fósforo	mg/kg PS	-	1159	-	1879
	Hierro	mg/kg PS	-	12403	-	13958
	Litio	mg/kg PS	-	9,14	-	17,62
	Magnesio	mg/kg PS	-	4451	-	5165
	Manganeso	mg/kg PS	-	185,5	-	177,5
	Mercurio	mg/kg PS	-	-	-	0,0793
	Molibdeno	mg/kg PS	-	0,28	-	0,7
	Niquel	mg/kg PS	-	3,64	-	5,707
	Plomo	mg/kg PS	-	7,56	-	16,64
	Potasio	mg/kg PS	-	1007	-	1431
	Selenio	mg/kg PS	-	1,79	-	2,59
	Sodio	mg/kg PS	-	2081	-	4545
	Talio	mg/kg PS	-	0,04	-	0,49
	Titanio	mg/kg PS	-	507,7	-	691,6
	Vanadio	mg/kg PS	-	33,01	-	42,48
	Zinc	mg/kg PS	-	35,23	-	52,09

- No aplica

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

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

La evaluación hidrobiológica consideró a la comunidad de macrobentos y a la población de *Emerita analoga* en el ambiente intermareal, y a la comunidad de megabentos en el ambiente submareal. Se eligió a *E. analoga* por ser una especie de distribución continua en las playas



de la costa central de Perú y por ser una de las especies dominantes de las playas de arena en el departamento de Lima (Tarazona et al., 1986), así mismo, los individuos de esta especie son consideradas como receptores ecológicos potencialmente muy importantes para la exposición a contaminantes en muchas áreas costeras (Barron et al., 1999).

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

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

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

7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de muestreos de calidad de agua superficial de mar y de sedimento, en la zona intermareal realizada entre el 30 y 31 de marzo de 2022 y 03 de abril de 2022, y submareal realizada el 30 de marzo y 04 de abril de 2022 en la playa Santa Rosa Grande. También se presentan los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita analoga* en la zona intermareal; mientras que, en la zona submareal se evaluó el estado de la comunidad de megabentos.



7.1. Zona Intermareal

7.1.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros fisicoquímicos en el agua de mar de la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande, se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa Santa Rosa Grande, los valores de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.2 C2 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,69 unidades de pH y 7,78 unidades de pH, y el oxígeno disuelto presentó una media de 7,63 mg/L mayor a 4 mg/L establecido por el ECA en mención. La conductividad eléctrica estuvo entre 50,7 mS/cm y 51,6 mS/cm.

Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande

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	SRPG-AS-1	31/03/2022	08:25	17,7	7,69	7,72	51,6
2	SRPG-AS-2	31/03/2022	08:55	17,7	7,76	7,79	51,4
3	SRPG-AS-3	31/03/2022	09:25	18,6	7,75	7,64	51,3
4	SRPG-AS-4	31/03/2022	09:55	18,2	7,76	7,53	50,7
5	SRPG-AS-5	31/03/2022	10:25	18,0	7,78	7,60	50,8
6	SRPG-AS-6	31/03/2022	11:05	18,9	7,75	7,57	50,9
7	SRPG-AS-7	31/03/2022	11:40	19,1	7,73	7,56	51,0
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat.2 C2	No aplica	6,8 – 8,5	≥ 3	No aplica

Fuente: RC-030-2022-STEC (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande)

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua de mar de la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. <0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.2 C2 (1 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C₆-C₄₀)

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃. En la playa Santa Rosa Grande se reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. <0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017), Cat.4 E3 (0,5 mg/L) que fue comparado debido a que el ECA para agua (2017) Cat.2 C2 no contempla un valor de comparación para el parámetro.



BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)

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

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)¹⁷ en agua de mar de la playa Santa Rosa Grande, en los que se registraron valores menores a los límites de cuantificación analítico L.C.M. <0,00010 mg/L para cada uno de los compuestos en todos los puntos de muestreo.

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

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

Los resultados de fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de mar de la playa Santa Rosa Grande registró valores menores al límite de cuantificación <0,001800 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.2 C2 (0,007 mg/L).

Metales totales

Se analizaron 32 metales totales en los 7 puntos de muestreo, de los cuales ninguno superó los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 en esos puntos. Además, se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 y referencialmente de la Cat.1 B1 respectivamente, debido a considerarse parámetros de interés¹⁸ para la evaluación.

La concentración de níquel (Ni) y vanadio (V) en las muestras colectadas de agua de mar de la playa Santa Rosa Grande en todos los puntos de muestreo se encontraron por debajo del límite de cuantificación (<0,0004 mg/L y <0,0003 mg/L, respectivamente), cumpliendo con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 y referencialmente de la Cat.1 B1 (Ni: 0,1 mg/L, V: 0,1 mg/L respectivamente).

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

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



Particularmente, el boro superó referencialmente el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en todos los puntos de muestreo.

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

7.1.2. Sedimento (arena de playa)

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales del petróleo – TPH (C₆-C₄₀)

La determinación analítica en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa) de la playa Santa Rosa Grande, reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en 6 de los 19 puntos muestreados, con concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) superiores al nivel de fondo (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), tal como se muestra en la Figura 7.1. Particularmente, los puntos de muestreo SRPG-SD-7 y SRPG-SD-14 registraron las mayores concentraciones con 37313 mg/kg y 5788 mg/kg respectivamente.

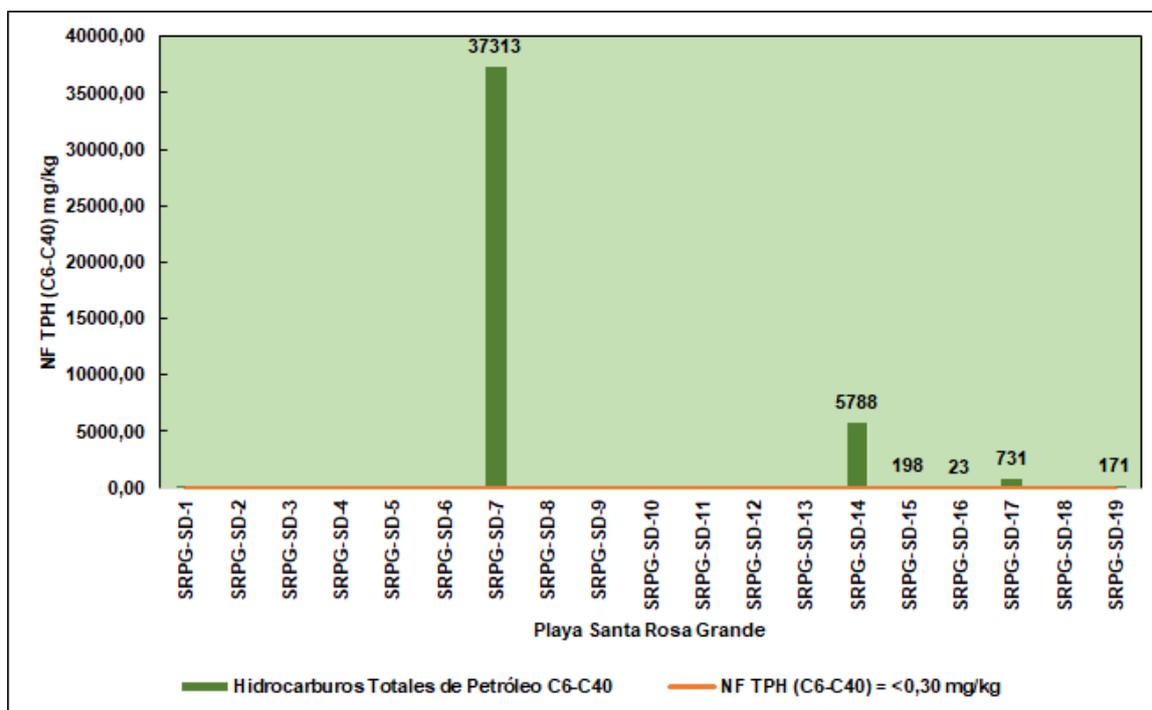


Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C₆-C₄₀) en sedimento de la playa Santa Rosa Grande comparadas con los NF_{TPH}

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.



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 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 de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg).

Las concentraciones de la fracción F₂ superaron el NF_{TPH} (<0,50 mg/kg) y el NR_{TPH} (<0,50 mg/kg) en los puntos de muestreo SPRG-SD-7, SPRG-SD-14, SPRG-SD-15, SPRG-SD-17, SPRG-SD-19 y la réplica SPRG-SD-15-R, tal como se muestra en la Figura 7.2.

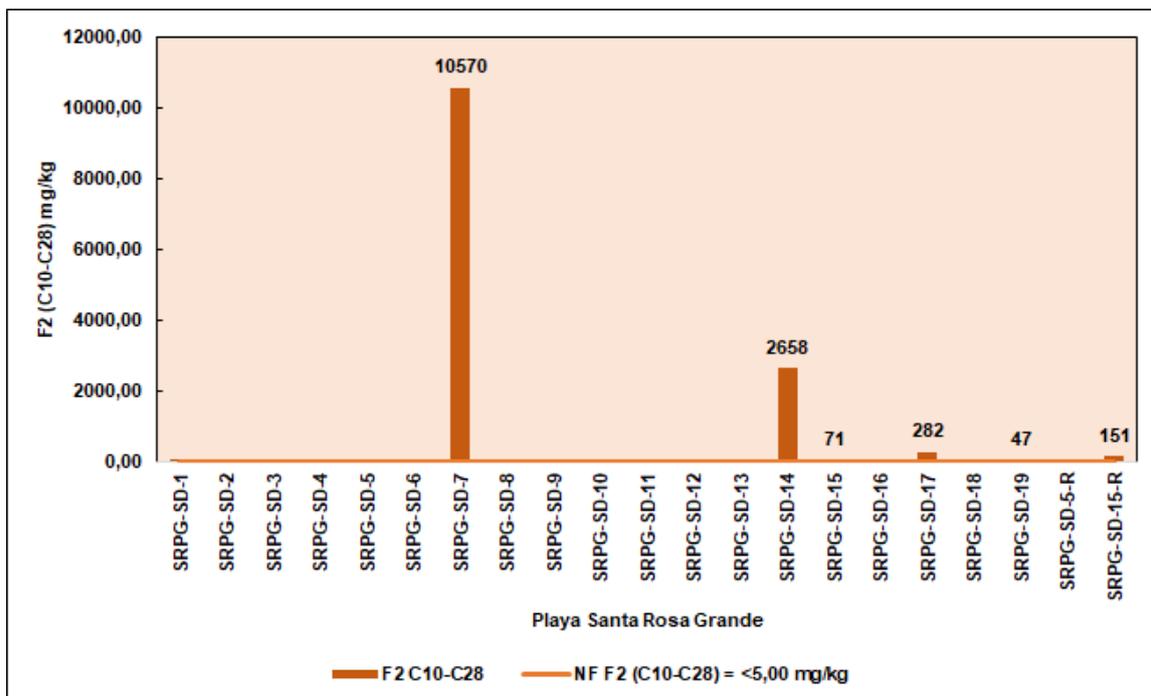


Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F₂ en sedimento de la playa Santa Rosa Grande

Respecto a los valores de la fracción F₃, se superaron el NF_{TPH} (<0,50 mg/kg) y el NR_{TPH} (<0,50 mg/kg) en los puntos de muestreo SPRG-SD-7, SPRG-SD-14, SPRG-SD-15, SPRG-SD-16, SPRG-SD-17, SPRG-SD-19 y la réplica SPRG-SD-15-R, tal como se muestra en la Figura 7.3.

Cabe señalar que, en los puntos de muestreo de réplica SPRG-SD-5-R y SPRG-SD-15-R se registraron valores de <5,00 mg/kg y 446 mg/kg respectivamente, para la fracción de hidrocarburos de cadena carbonada entre C₁₀-C₄₀.



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

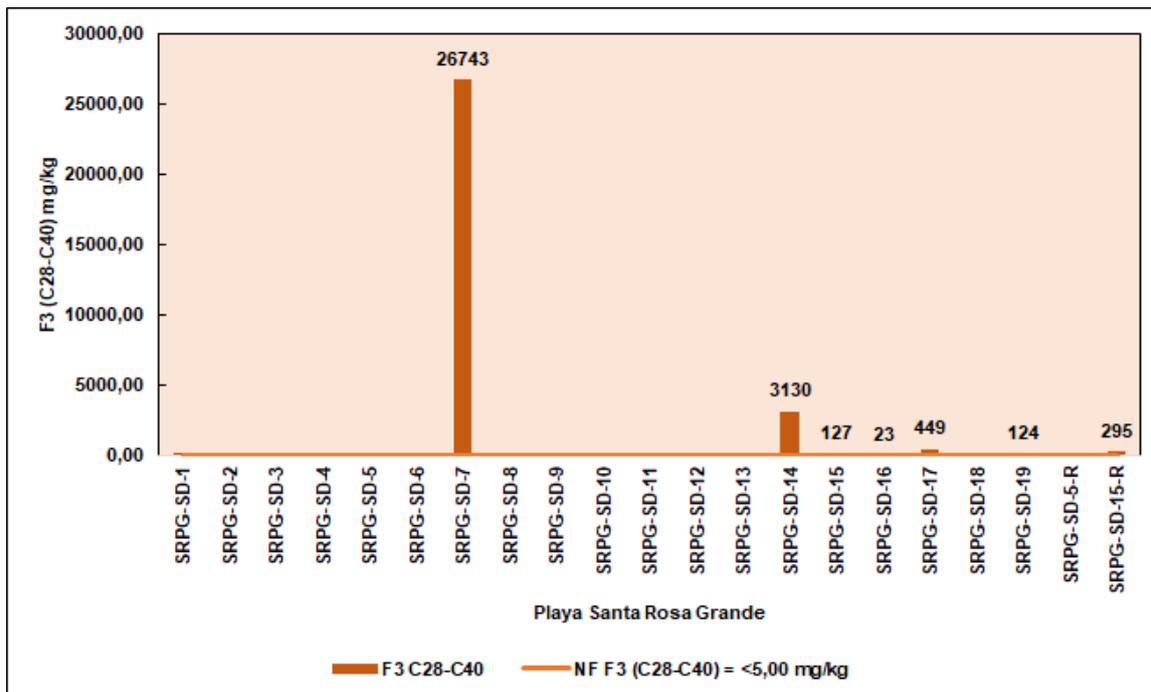


Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F₃ en sedimento de la playa Santa Rosa Grande

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

Se evaluaron las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), determinados en las muestras colectadas de sedimento de la playa Santa Rosa Grande. Los puntos de muestreo SPRG-SD-7, SPRG-SD-14, SPRG-SD-15, SPRG-SD-17 y SRPG-SD-19 superaron los NF y NR del Acenafteno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno según se detallan en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal

Parámetro	Unidad	SRPG-SD-7	SRPG-SD-14	SRPG-SD-15	SRPG-SD-17	SRPG-SD-19	Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	Nivel de Referencia - NR (mg/kg)
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	0,019	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	0,171	< 0,005	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	0,061	0,049	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	0,059	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	0,128	0,043	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (e) pireno	mg/kg PS	0,078	0,13	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	0,078	0,378	0,01	0,033	0,022	< 0,005	< 0,005
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,455	1,11	0,025	0,074	< 0,005	< 0,005	< 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

Parámetro	Unidad	SRPG-SD-7	SRPG-SD-14	SRPG-SD-15	SRPG-SD-17	SRPG-SD-19	Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	Nivel de Referencia - NR (mg/kg)
Fluoranteno	mg/kg PS	0,394	0,046	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	< 0,005	0,116	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	0,477	0,13	< 0,005	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005

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

Metales totales

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

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo¹⁹ señalado. Del análisis se reportó que en solo 11 y 6 puntos muestreados se presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF:3,64 mg/kg) y de referencia (NR:4,39 mg/kg), y solo el nivel de fondo (NF:3,64 mg/kg) respectivamente; mientras que, en solo 1 y 15 puntos de muestreo, las concentraciones de vanadio superaron los niveles de fondo (NF: 33,01 mg/kg) y de referencia (NR: 47,06 mg/kg), y solo el nivel de fondo (NF: 33,01 mg/kg) respectivamente, tal como se observa 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
SRPG-SD-1	0,06083	5862	11	935	13674	4,44	7,212	2264	41
SRPG-SD-2	0,05323	5602	11	886	12987	4,45	6,766	2327	38
SRPG-SD-3	0,05520	4547	9,4	787	10689	3,45	6,413	1781	29
SRPG-SD-4	0,06934	6049	10	975	13585	4,19	7,177	1969	41
SRPG-SD-5	0,06926	6533	10	1171	17776	4,45	8,150	2648	66
SRPG-SD-6	0,05777	5000	10	867	12189	3,95	6,709	1781	33
SRPG-SD-7	0,06015	5665	11	1042	12884	4,15	7,205	1983	36
SRPG-SD-8	0,05649	5283	11	882	12813	4,18	7,290	1358	36
SRPG-SD-9	0,07447	5865	11	970	14624	4,42	7,563	2712	46
SRPG-SD-10	0,06380	5739	12	918	13728	4,62	7,579	3980	38
SRPG-SD-11	0,06573	6090	11	1092	14991	4,64	7,541	2072	47
SRPG-SD-12	0,07049	5301	9,6	921	12734	4,04	6,637	1494	37

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



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

Table with 10 columns: Puntos de muestreo, Cadmio Total, Calcio Total, Cobre Total, Fósforo Total, Hierro Total, Níquel Total, Plomo Total, Sodio Total, Vanadio Total. Rows include SRPG-SD-13 to SRPG-SD-19 and reference levels.

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

Granulometría

La granulométrica fue evaluada con 2 muestras compósitos (SRPG-SD-COM1 y SRPG-SD-COM2) para caracterizar la playa Santa Rosa Grande. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena mayor al 97 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural Arenosa en toda la playa (Figura 7.4).

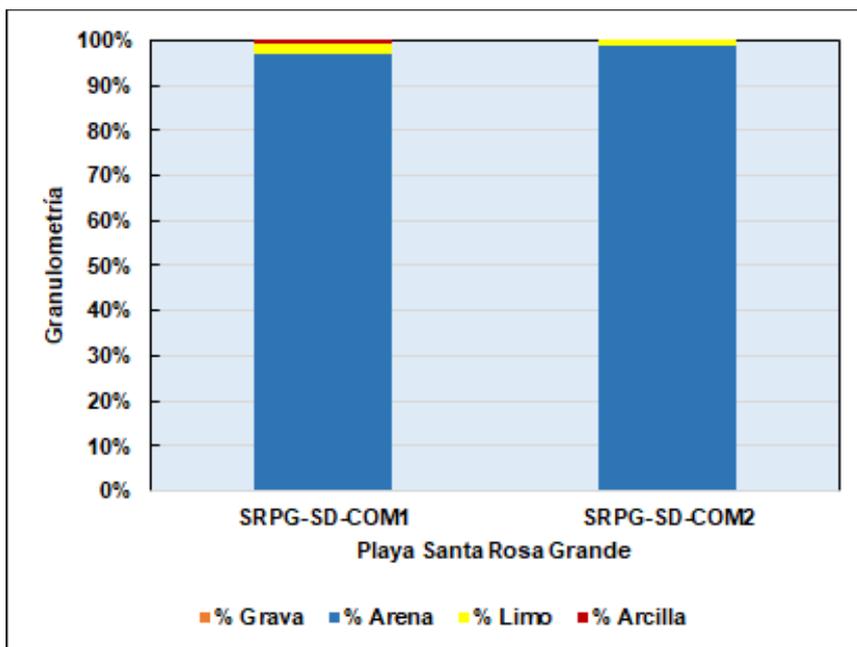


Figura 7.4. Granulometría de la playa Santa Rosa Grande



7.1.3. Hidrobiología

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del componente; asimismo, previamente se destaca lo obtenido respecto a los parámetros de TPH y granulometría en las playas blanco, donde el sustrato de playa tiene porcentajes de arena cercanos al 100 % y zonas de orilla rocosa, al igual que playa Santa Rosa Grande 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 Santa Rosa Grande.

7.1.3.1. Análisis Poblacional de *Emerita analoga*

A. Distribución batimétrica

La distribución de la abundancia de *Emerita analoga* en la estación SR-2, presentó valores promedio bajos, iniciando la distribución a los 25 m de distancia de la línea de acarrero, con una abundancia de 0,3 ind/0,028 m², y culminando en los 55 m con 8,3 ind/0,028 m² (Figura 7.5).

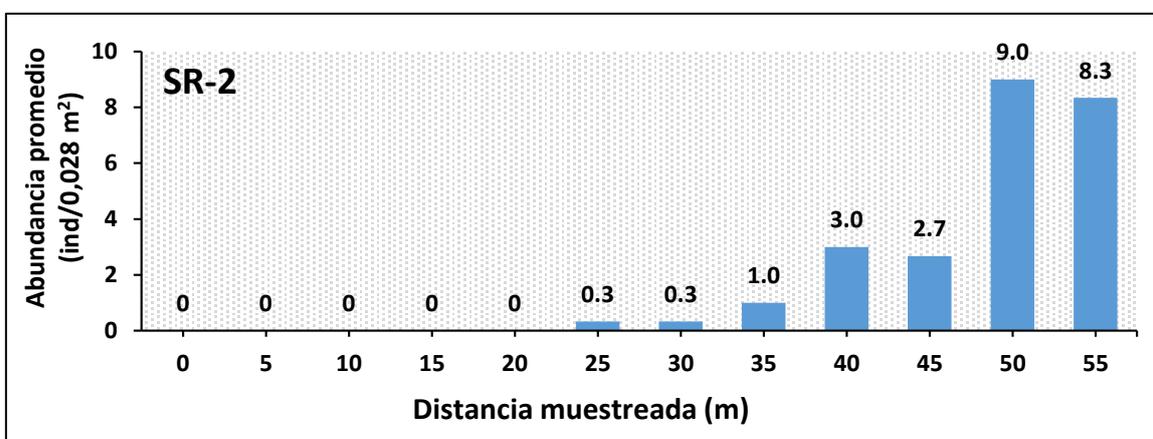


Figura 7.5. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa para la estación SR-2; con valores de 0,3 g/0,028 m² a partir de los 25 m de distancia y culminando en los 55 m con una biomasa promedio de 12,4 g/0,028 m² (Figura 7.6).



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

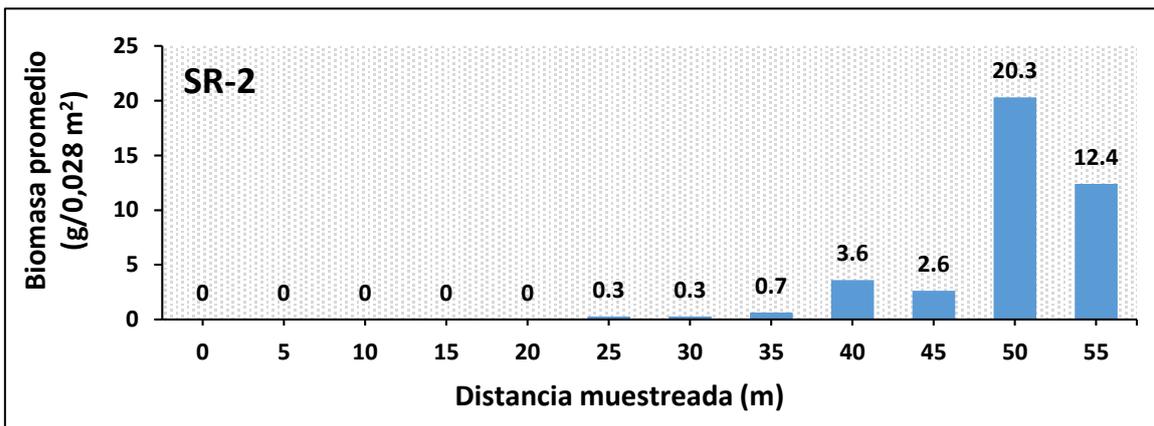


Figura 7.6. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande

B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en playa Santa Rosa Grande muestra una estructura de tallas congregado en 2 grupos, un grupo principal que va desde los 12 mm hasta 17 mm y un grupo secundario que va desde los 22 mm hasta los 27 mm, con presencia de tallas intermedias entre ambos grupos (Figura 7.7). La talla con mayor frecuencia se presenta alrededor de los 15 mm.

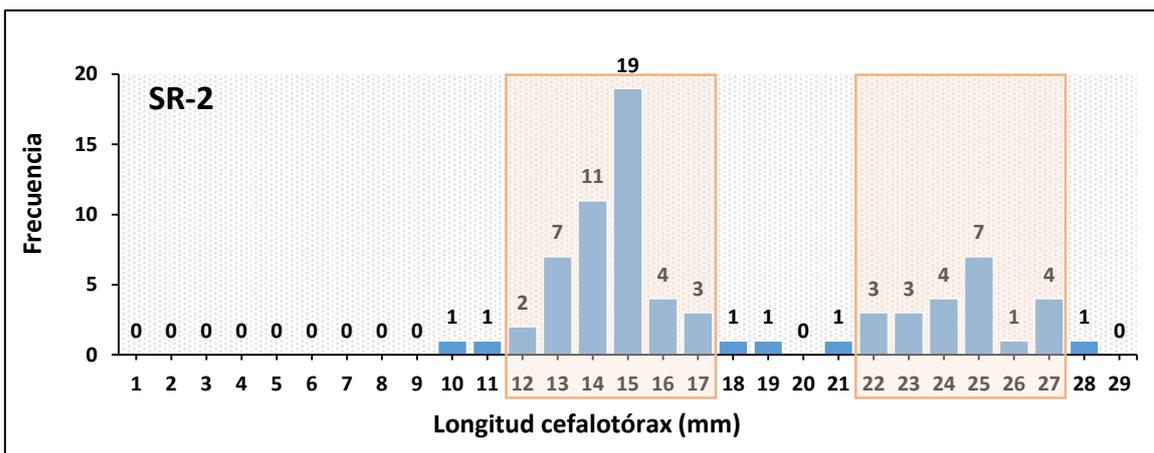


Figura 7.7. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en los puntos evaluados en la playa Santa Rosa Grande

C. Proporción de sexos

La proporción por sexos y estadios de *E. analoga* en playa Santa Rosa Grande muestra predominancia de machos que alcanza el porcentaje de 66,2 %; seguido de hembras ovígeras con 21,6 % y hembras con 12,2 %; no se registró juveniles en playa Santa Rosa Grande (Figura 7.8).



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

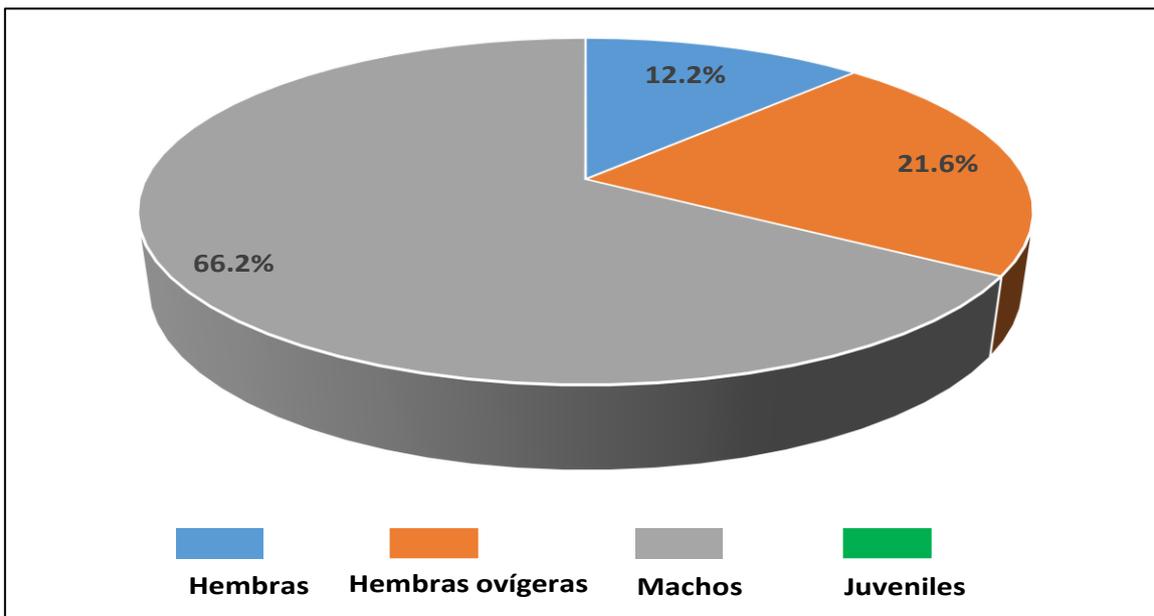


Figura 7.8. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluados en Playa Santa Rosa Grande

7.1.3.2. Análisis comunitario

Los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa de playa Santa Rosa Grande, muestra la existencia de 18 especies en el único punto evaluado (SR-R1), para la zona mediolitoral de la orilla rocosa. Donde los grupos predominantes fueron Anélidos con 5 especies, seguido de moluscos y Artrópodos con 3 especies cada uno y Cnidarios con 2 especie; asimismo, el grupo de macroalgas (Rhodophyta y Chlorophyta) en conjunto registró 5 especies (Figura 7.9).

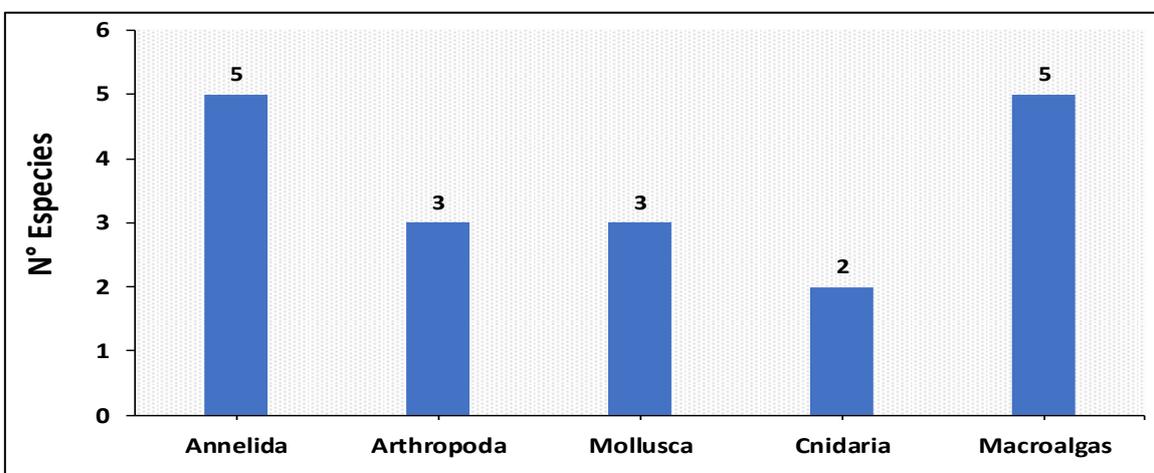


Figura 7.9. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Santa Rosa Grande

En cuanto a la abundancia, los moluscos fueron el grupo dominantes, con 2717 ind/0,1875 m², seguido de los poliquetos con 457 ind/0,1875 m². Asimismo, *Semimytilus algosus* fue la especie más abundantes con 2653 ind/0,0625m², seguido de *Boccardia polybranchia* con 435 ind/01875 m² (Figura 7.10). Las demás especies mostraron bajas abundancias.

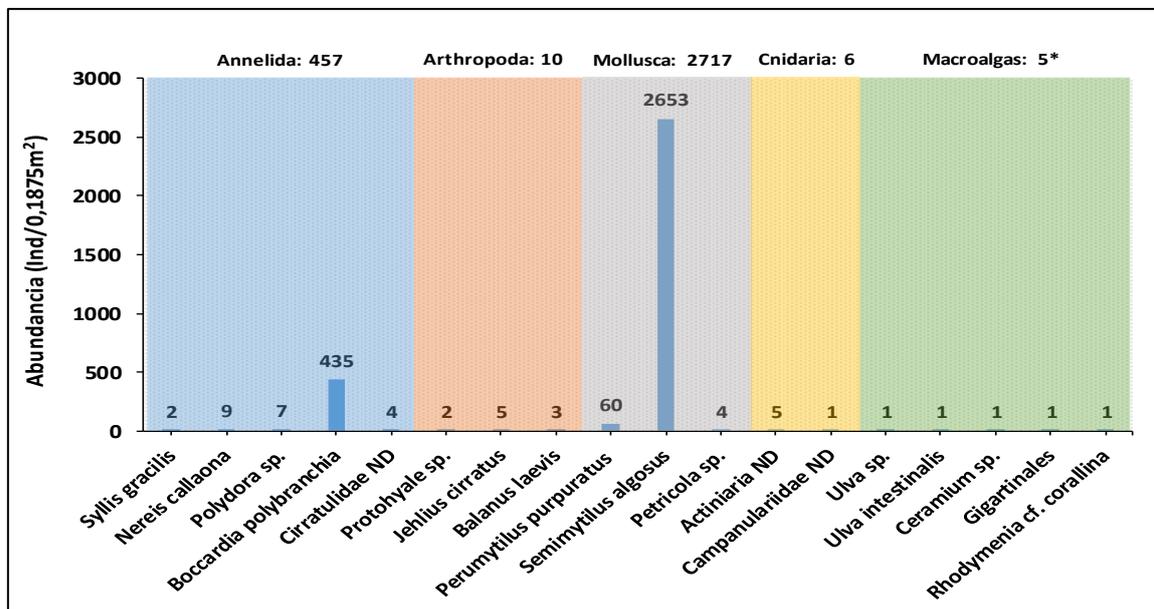


Figura 7.10. Abundancia de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Santa Rosa Grande

(*) en el caso de la macroalgas, solo se representa la presencia de cada especie

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 de 2022, en la zona marino-costera del segmento D-09²⁰ (dividido desde D-09-A hasta D-09-B) que corresponde a la playa Santa Rosa Grande, no se visualizó superficialmente colores y texturas que representen: manchas de petróleo crudo en arena de playa, manchas de petróleo crudo en zona de mar, manchas en zonas de turbulencias en mar y manchas cercanas a zonas donde se observa actividades de limpieza, como muestra el Mapa de fotogrametría con RPAS en superficie de litoral en el Anexo N.º 7 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

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.º2 de la Refinería La Pampilla ocurrido los días 15 y 24 de enero de 2022, se encuentra en el Anexo N.º 8 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

20

El segmento de D-09 se ubica entre los puntos D-09-A (262280/8694930) hasta D-09-B (261730/8695910).



7.2. Zona submareal

7.2.1. Agua Superficial

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros fisicoquímicos en el agua de mar de la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande, se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

Parámetros de campo

Los valores *in situ* de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto se encontraron dentro de lo establecido en los ECA para agua (2017) en los 2 puntos de muestreo de agua superficial (Tabla 7.4). Los valores de pH se ubicaron en 7,7 unidades de pH (MS-47) y 8,1 unidades de pH (MS-48), valores ubicados dentro del rango de pH para la Cat. 2 C3 y Cat. 4 E3 (6,8 unid. de pH a 8,5 unid. de pH). Para oxígeno disuelto, las concentraciones fueron mayores a los valores mínimos indicados en la Cat.2 C3 ($\geq 2,5$ mg/L) para el punto MS-47 y en la Cat.4 E3 (≥ 4 mg/L) para el punto MS-48 de la referida norma.

Tabla 7.4. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	pH (Unidades de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
MS-47	30/03/2022	12:40	19,1	7,7	4,37	62,1
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM		Cat.2 C3	-	6,8 a 8,5	$\geq 2,5$	-
MS-48	30/03/2022	09:10	16,8	8,1	4,81	66,8
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM		Cat.4 E3	-	6,8 a 8,5	≥ 4	-

- : No tiene valor ECA para dicho parámetro.

Fuente: RC-021-2022-STE (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande).

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

La determinación analítica de aceites y grasas en las muestras colectadas en los puntos ubicados en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande, reportó valores menores al límite de cuantificación (L.C.M. $<0,50$ mg/L) en los 2 puntos de muestreo, por lo que, estos cumplen los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 (2 mg/L) para MS-47 y Cat.4 E3 (5 mg/L) para MS-48.

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C6-C40)

La determinación de hidrocarburos totales de petróleo, que incluyó la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃, reportó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del



laboratorio L.C.M. <0,0100 mg/L en los 2 puntos de muestreo, los mismos que cumplieron con el ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3 (0,5 mg/L) para MS-47 (referencialmente) y MS-48.

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)

La determinación del conjunto BTEX (benceno, etilbenceno, m+p xileno, o xileno, xilenos y tolueno) de las muestras de agua de mar colectadas en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande presentaron valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. <0,0050 mg/L) en los 2 puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3 para benceno (0,05 mg/L) para MS-47 (referencialmente) y MS-48, única categoría que contempla el parámetro del BTEX para su comparación en la precitada norma.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos²¹ (Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande), reportó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. <0,00010 mg/L) para cada uno de los parámetros en los 2 puntos de muestreo; por lo que, en ambos puntos se cumplieron con los ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3, de los HAP's antraceno (0,0004 mg/L), benzo(a)pireno (0,0001 mg/L) y fluoranteno (0,001 mg/L) para MS-47 (referencialmente) y MS-48.

Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)

La determinación de la fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en los 2 puntos de muestreo, presentó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00180 mg/L), cumpliendo con el ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 (0,01 mg/L) para MS-47 y para MS-48 (referencialmente).

Metales totales

Se determinaron 32 metales totales en los 2 puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel para su comparación con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 y Cat.4 E3 y al vanadio para su comparación referencial con el ECA para agua (2017) de la Cat. 1 B1; debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación al presentar concentraciones considerables en su caracterización²².

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

²¹ 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.

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



Cat.4 E3 (Ni: 0,0082 mg/L) para los puntos MS-47 y MS-48 respectivamente, y referencialmente con la Cat.1 B1 (V: 0,1 mg/L) para ambos puntos mencionados. Las concentraciones de todos los metales totales en las muestras colectadas de agua de mar en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande, se encuentran en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

7.2.2. Sedimento

Parámetros fisicoquímicos

Hidrocarburos totales de petróleo – TPH (C₆ – C₄₀)

El análisis químico en las muestras de sedimento determinó presencia de hidrocarburos en los 2 puntos evaluados (Figura 7.11), encontrándose TPH (C₆ – C₄₀) en mayor concentración en el punto MS-48 (21 mg/kg) ubicado aproximadamente a 2 km de la orilla de la playa Santa Rosa Grande; sin embargo, esta concentración no superó los niveles de fondo (NF_{TPH (C₆-C₄₀)}: 73,62 mg/kg), ni el de referencia (NR_{TPH (C₆-C₄₀)}: 172,6 mg/kg).

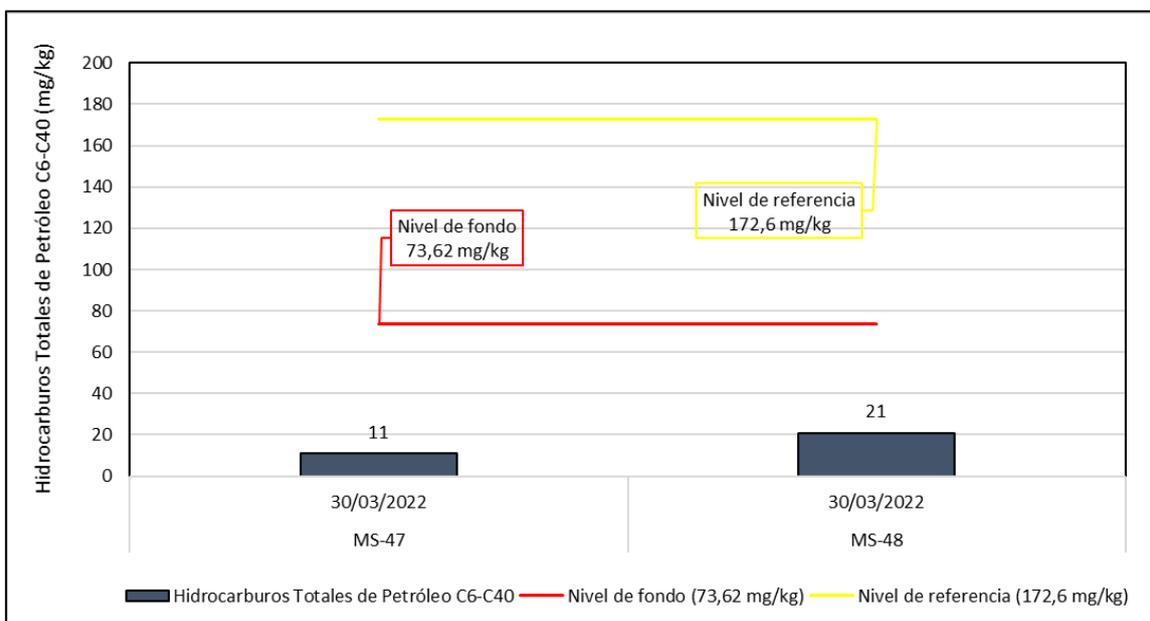


Figura 7.11. Concentraciones de TPH C₆ – C₄₀ en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

La determinación analítica de 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande), presentó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros en los 2 puntos de muestreo, excepto en el punto MS-47 que registró una concentración de fluoranteno (0,01 mg/kg) mayor al nivel de fondo (NF_{fluoranteno}: <0,005 mg/kg), de acuerdo a como se señala en la Tabla 7.5.



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

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

Código		MS-47	MS-48	Nivel de fondo submareal	Nivel de referencia submareal
Fecha de muestreo		30/03/2022	30/03/2022		
Hora de muestreo		12:40	09:10		
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (e) pireno	mg/kg PS	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

Superó el nivel de fondo y nivel de referencia submareal

Metales totales

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

Las concentraciones de níquel en los puntos MS-47 y MS-48, ubicados aproximadamente a 1 y 2 km de la orilla de la playa Santa Rosa Grande, superaron los niveles de fondo (NF_{Ni}: 5,707 mg/kg) y de referencia (NR_{Ni}: 9,1 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.12.

²³

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



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

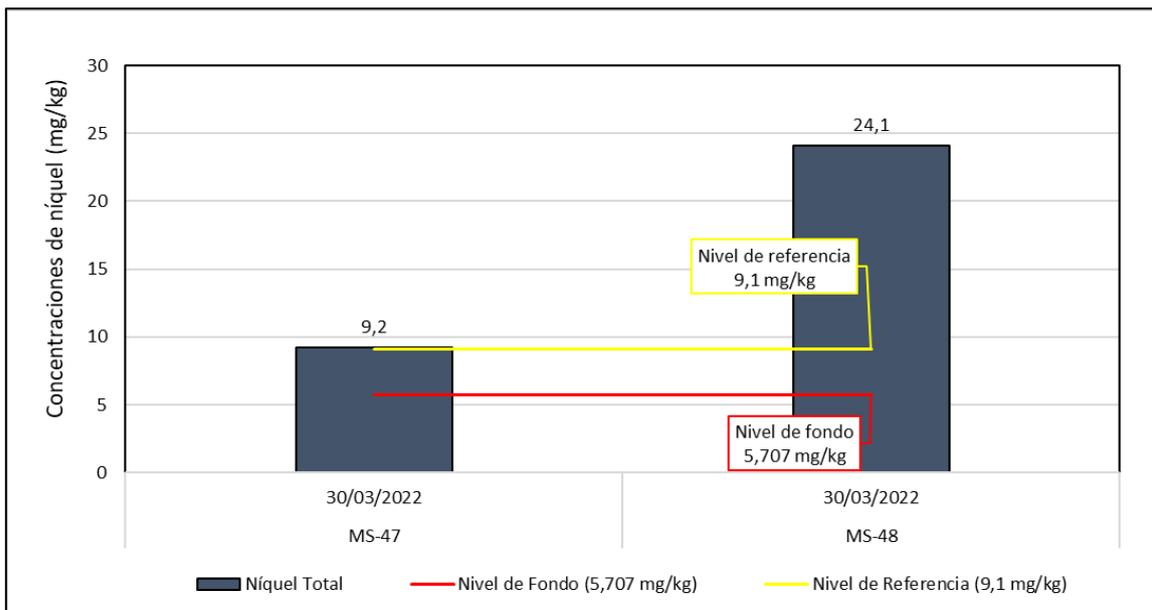


Figura 7.12. Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande

De igual manera, las concentraciones de vanadio en el punto MS-47 superó el nivel de fondo (NF_V: 42,48 mg/kg); mientras que, el punto MS-48 superó el nivel de fondo (NF_V: 42,48 mg/kg) y nivel de referencia (NR_V: 53,6 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.13.

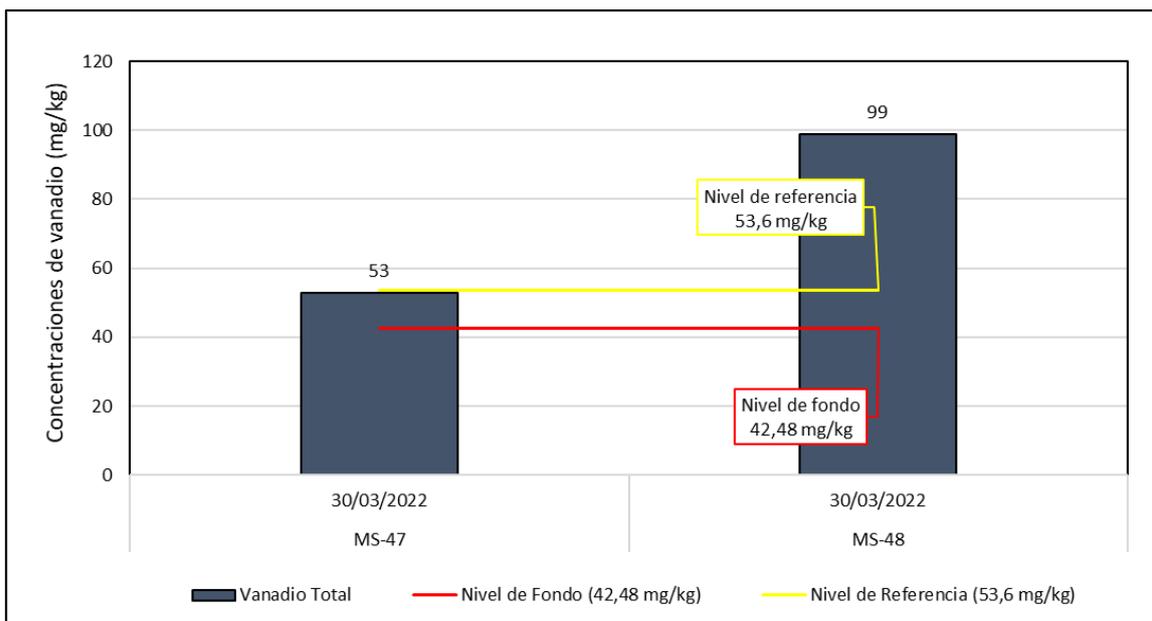


Figura 7.13. Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande

En la Tabla 7.6 se muestran los resultados de los metales de los puntos evaluados cercanos a la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande.



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 7.6. Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande

Table with 5 columns: Código, MS-47, MS-48, Nivel de fondo submareal, Nivel de referencia submareal. Rows include Fecha de muestreo, Hora de muestreo, and various metal concentrations (Cadmio, Calcio, Cobre, Fósforo, Hierro, Níquel, Plomo, Sodio, Vanadio).

Superó el nivel de fondo o nivel de referencia

Granulometría

De los resultados obtenidos se observa que el sedimento en el punto MS-47, ubicado aproximadamente a 1 km de la orilla de la playa Santa Rosa Grande, presentó una composición predominante de arena (93,1 %), siendo arena fina en mayor proporción; mientras que, el punto MS-48, ubicado aproximadamente a 2 km de la orilla de la playa mencionada, presentó una composición predominante de limo 63,3 %, tal como se observa en la Figura 7.14.

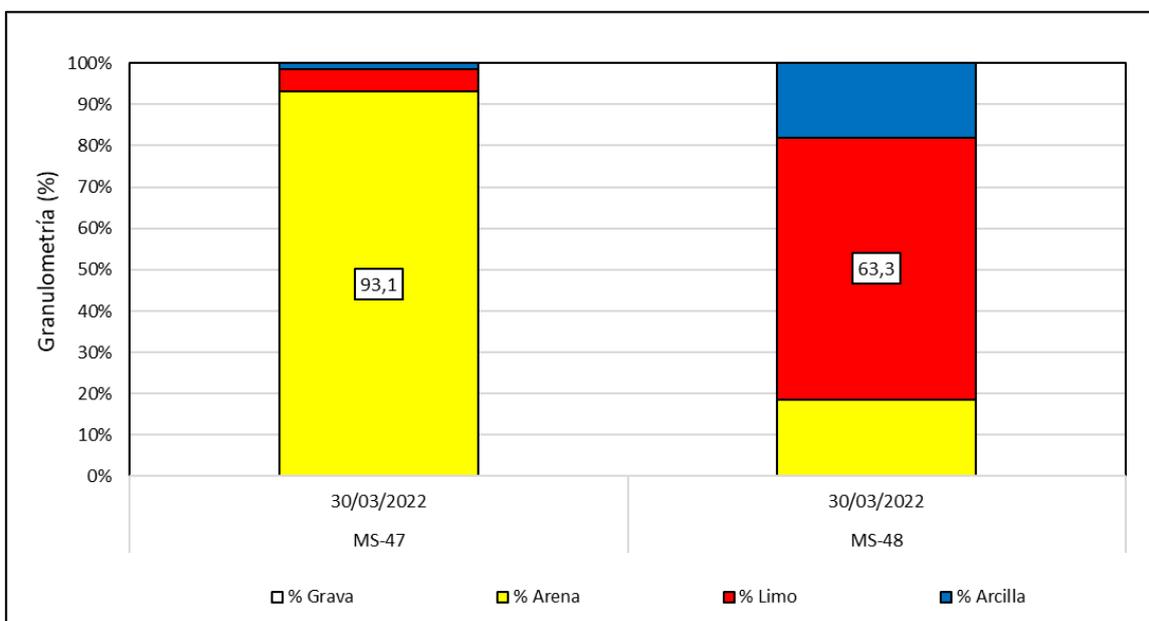


Figura 7.14. Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Santa Rosa Grande



7.2.3. Hidrobiología

En el caso de la evaluación hidrobiológica submareal que corresponde a la comunidad de megabentos, se evaluó una estación (SR-S1), 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 la estación de muestreo, se registró dos especies, el cual la mayor abundancia fue un Ophiuroidea ND, con 200,0 ind/1 m², seguido del gastrópoda *Nassarius dentifer* con 5,5 ind/1 m². (Figura 7.15)

Estas condiciones estarían principalmente condicionadas por el tipo de sustrato del fondo marino frente a playa Santa Rosa Grande, donde la predominancia de arena favorece la presencia de estas especies.

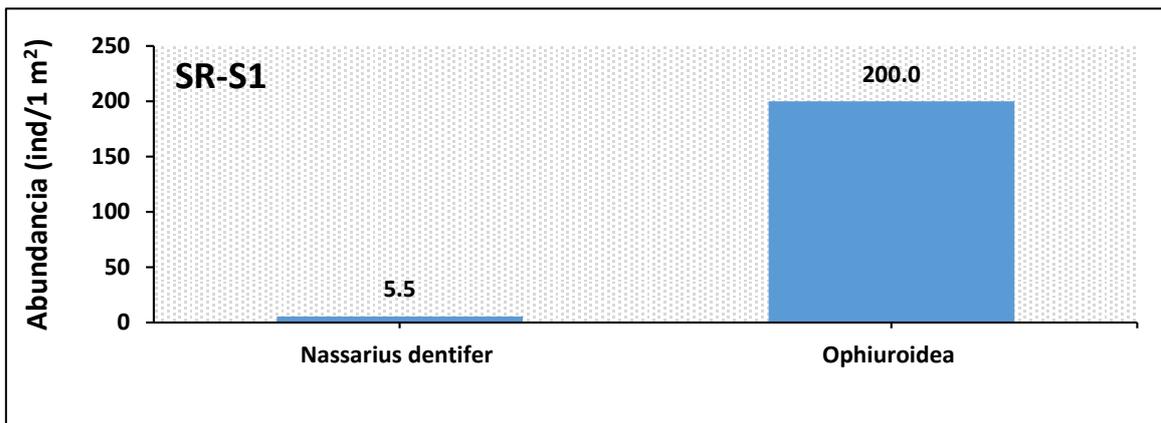


Figura 7.15 Abundancia de especies de megabentos en la playa Santa Rosa Grande

8. DISCUSIÓN

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

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

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

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

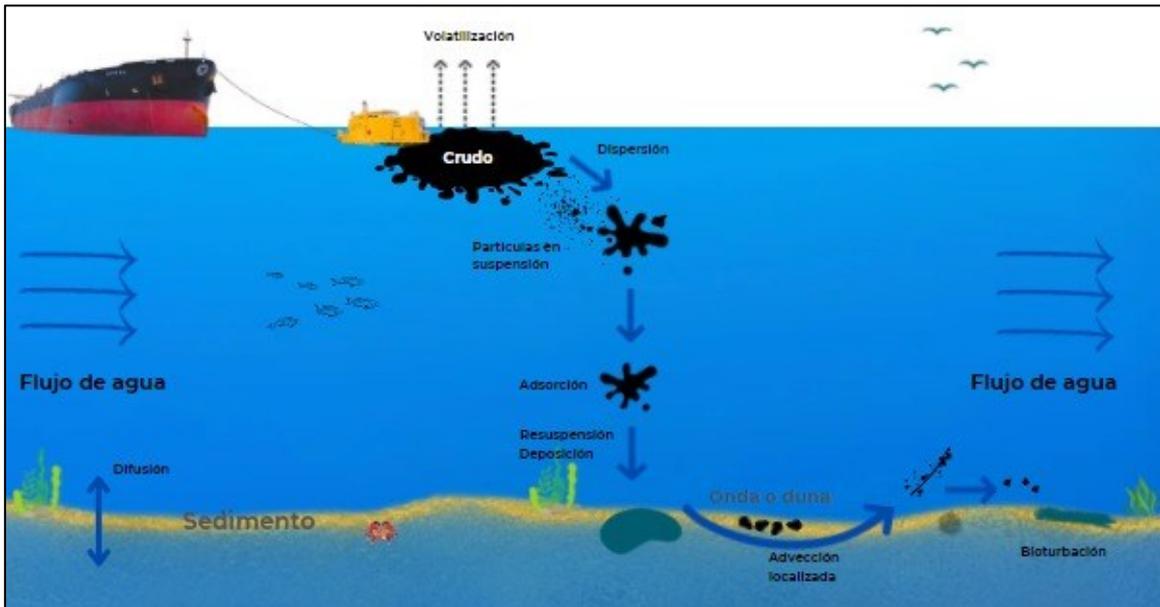


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino - playa Santa Rosa Grande

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

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

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

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

8.1. Zona Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

²⁴

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



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

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH próximo al neutro (entre 7,69 unidades de pH y 7,78 unidades de pH), conductividad eléctrica (entre 50,7 mS/cm y 51,6 mS/cm), temperatura (18,31 °C en promedio) y oxígeno disuelto (7,63 mg/L en promedio) mayor a 3 mg/L establecido por el ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 (≥ 3 mg/L). Los valores medidos de unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los estándares de la Cat.2 C2 de la norma citada, en todos los puntos de muestreo; tal como se indica en la Tabla 7.1 del ítem de Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial de mar para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico de cada uno de los parámetros analizados en los 7 puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 y referencialmente con la Cat.4 E3 que presenta valores de comparación; los que se detallan en el ítem Resultados y el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande. 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 Santa Rosa Grande).

Para Metales totales, los resultados mostraron, de los 32 analizados incluyendo níquel y vanadio (parámetros de interés²⁵), que en los 7 puntos muestreados se cumplieron con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C2 para níquel y referencialmente de la Cat.1 B1 para vanadio, debido a que registraron concentraciones menores a los ECA o al L.C.M. (ver Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande).

En la evaluación de la calidad del sedimento intermareal (arena de playa), se determinó áreas de potencial interés (API) donde se estableció un punto de muestreo por cada área²⁶, que fue

²⁵ Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I; los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).

²⁶ Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEAC e Informe N.º 00057-2022-OEFA/DEAM-STEAC



construida a partir de los segmentos de playa remitidos por Relapasaa²⁷, obteniéndose 19 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 fondo²⁸ determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Se identificó, según el análisis granulométrico realizado en 2 muestras compósitos, que el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (> 97 %) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa y estructura de grano simple y de coloración gris, los cuales caracterizan a la playa Santa Rosa Grande como arenosa, de tipo plana con baja pendiente (de 0 % a 2%).

De los 19 puntos muestreados, en 6 puntos se registraron TPH (C₆-C₄₀) en una concentración por encima del límite de cuantificación analítico (L.C. <0,30 mg/kg), por lo tanto, superó a los NF_{TPH} <0,30 mg/kg y NR_{TPH} <0,30 mg/kg establecidos. Los puntos con mayores concentraciones reportadas fueron SRPG-SD-7 y SRPG-SD-14, con 37313 mg/kg y 5788 mg/kg respectivamente, ambos ubicados entre el sector sur y centro de la playa. En el primer punto se observó residuos sólidos (plásticos, madera, plumas) completamente impregnados de hidrocarburos; en el segundo punto, se observó hidrocarburos distribuidos superficialmente. Dichas muestras fueron tomadas entre 0 – 10 cm de profundidad en condición seca (sin humedad aparente), y organolépticamente se evidenció hidrocarburos en aparente fase libre²⁹ con olor a hidrocarburos, color oscuro típico y viscosidad al tacto (frotis) (Figura 8.2).

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

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

29 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.° 012-2017-MINAM, «Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados», aprobado el 02 de febrero de 2017.

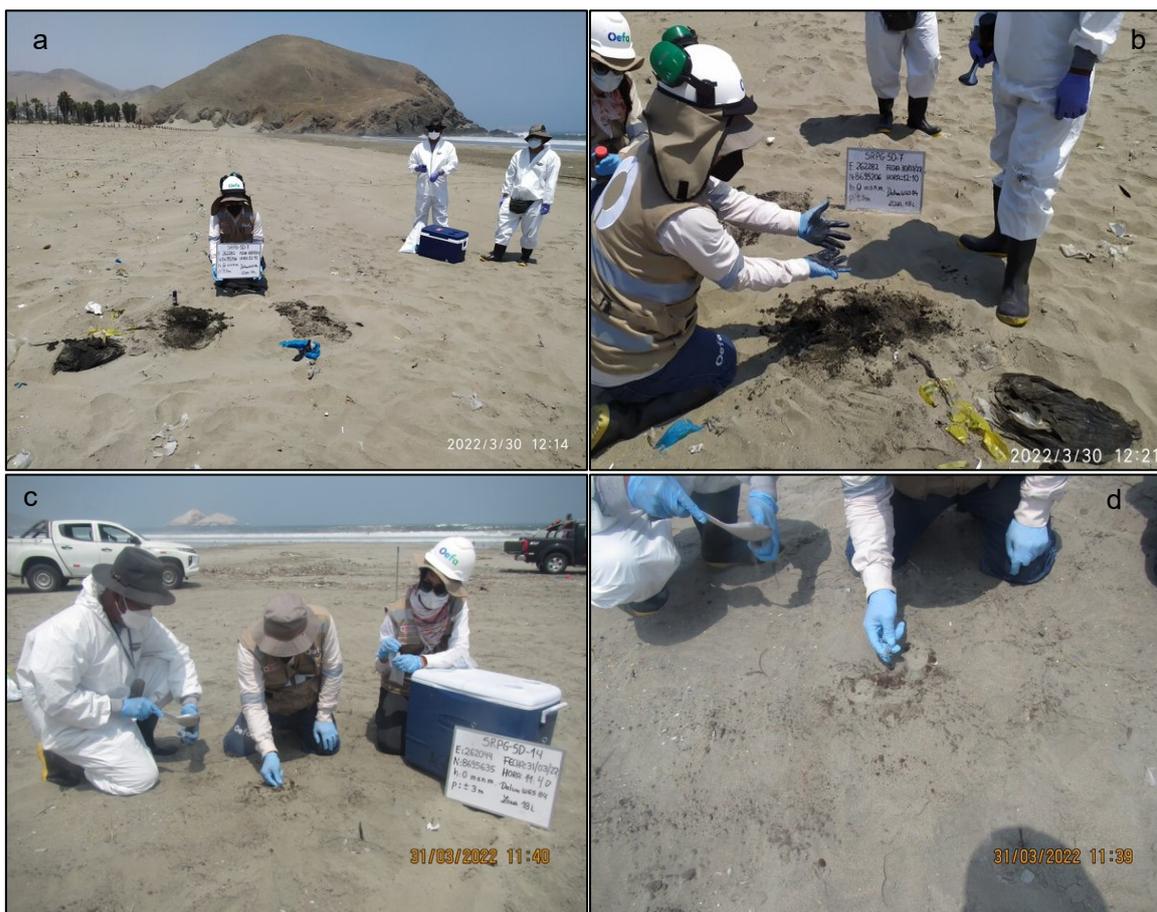


Figura 8.2. Vista del entorno, observación organoléptica y el muestreo del punto SRPG-SD-7 (a y b) y el punto SRPG-SD-14 (c y d) para sedimento intermareal

Según 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 el sector sur y norte de la playa según una escala de color ajustada (Figura 8.3).



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

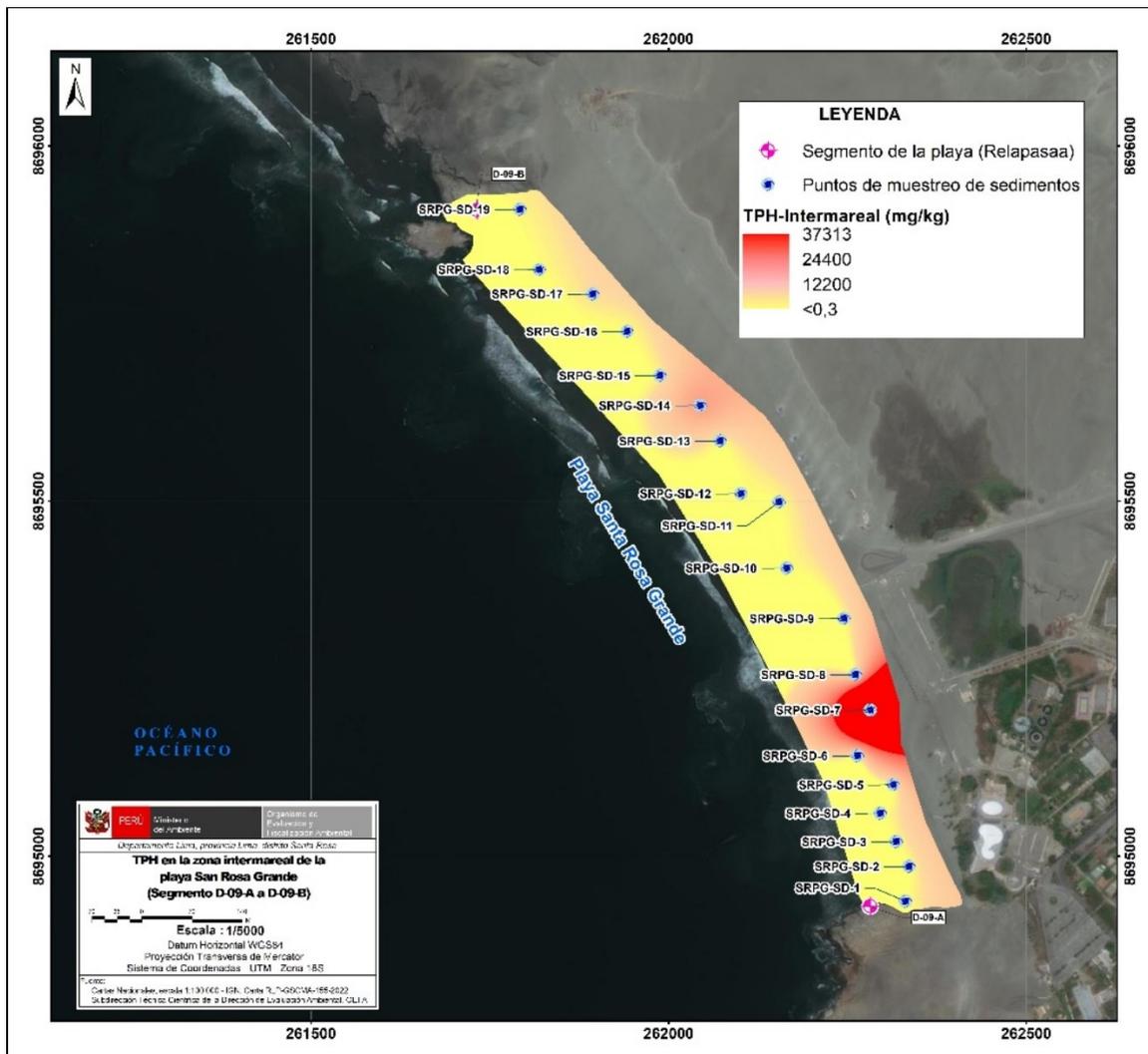


Figura 8.3. Distribución de TPH C₆-C₄₀ en la playa Santa Rosa Grande y el alcance proyectado

En la Figura 8.4, elaborada con base al ajuste *Kriging* antes señalado, se observa un área evaluada de 17,39 ha, del cual se estimó un área impactada aproximada de 7,08 ha al registrar concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superan el nivel de fondo (NF_{TPH}<0,30 mg/kg) en sedimento (arena de playa) en la playa Santa Rosa Grande.

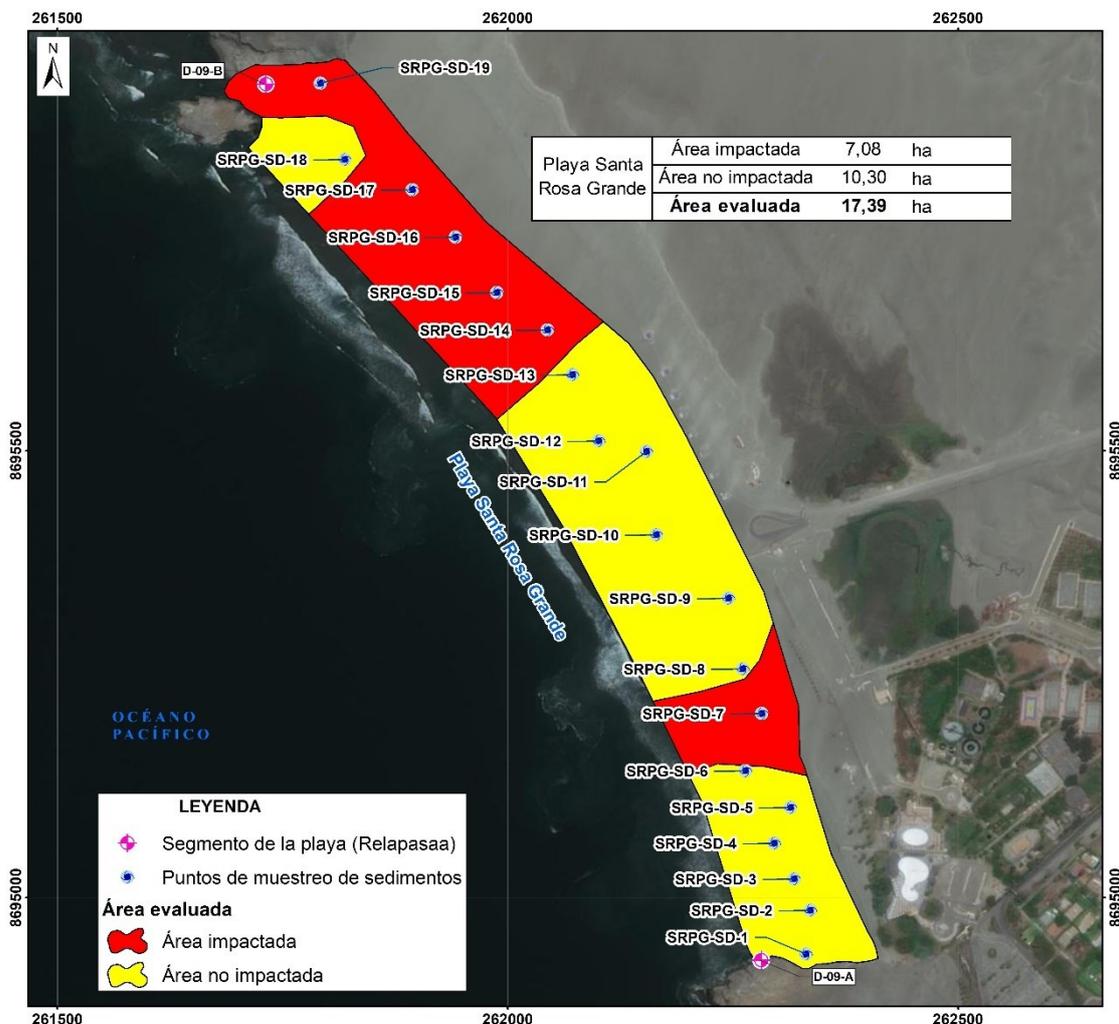


Figura 8.4. Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Santa Rosa Grande.

De manera complementaria a lo observado, en los 6 puntos de muestreo con TPH(C₆-C₄₀) cuantificable que superaron los NF y NR, se reportó fracción F₂ (C₁₀-C₂₈) de cadena carbonada intermedia y fracción F₃ (C₂₈-C₄₀) de cadena carbonada larga con valores que superaron el NF para F₂ y F₃: < 0,50 mg/kg y NF F₂ y F₃: < 0,50 mg/kg con mayor proporción de la fracción más compleja, tal como se muestran en el ítem Resultados y en la Figura 8.5. Así también, la réplica SRPG-SD-15-R reportó concentraciones que superaron los NF y NR para F₂ y F₃.



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

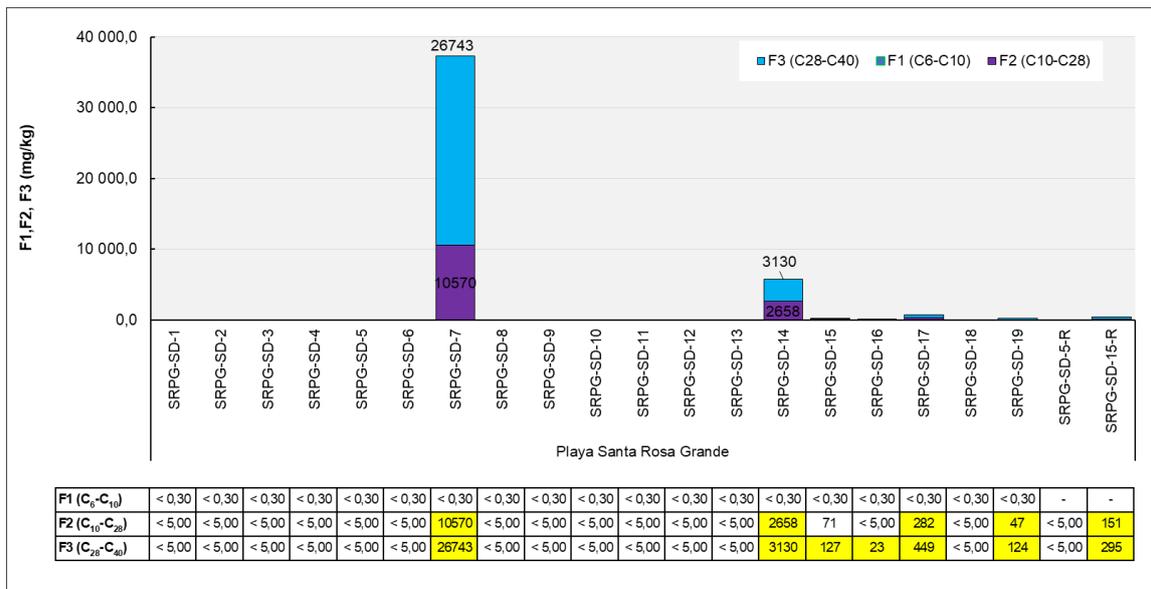


Figura 8.5. Concentraciones de fracciones F1, F1, F3 que supera los niveles de fondo en sedimento (arena de playa) en la playa Santa Rosa Grande

La fracción de hidrocarburos de cadenas cortas (F1) fue reportada menor al límite de cuantificación (L.C.M.<0,30 mg/kg) en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, no superó los NF_TPH (< 0,30 mg/kg) y NR_TPH (< 0,30 mg/kg), dicha disminución se explica al considerar la naturaleza orgánica del contaminante, que es fuente de carbono para la microbiota y que permite ser utilizada como nutriente, reduciendo así directa o indirectamente las concentraciones por procesos de degradación (Corona-Ramírez, et al. 2004), y los componentes más complejos (fracciones F2 y F3) son más difíciles de degradar, debido a que necesita de una serie de condiciones favorables. Los hidrocarburos pueden contener más de 300 compuestos diferentes30 (Wang & Fingas, 1994), los que, en función a su estructura química, las fracciones poseen diferentes grados de toxicidad para los organismos y tienen diferentes posibilidades de biodegradación (Head, et al. 2006). Mientras que, la atenuación natural puede remover la fracción más ligera y simple del petróleo31, los residuos más pesados pueden permanecer por décadas (Sánchez-Fernández, 2009) y ser recalitrantes, en caso no se realicen acciones complementarias.

Considerando las evaluaciones realizadas por el OEFA desde enero de 2022, evaluación ambiental focal (EAF)32, evaluación ambiental de seguimiento (EAS)33, las acciones realizadas

30 La estructura química de petróleo crudo consiste en hidrocarburos saturados, olefinas, aromáticos, compuestos polares y asfaltenos. (Wang & Fingas, 1994).
31 Las fracciones ligeras de hidrocarburos contienen alcanos de cadena corta y compuestos aromáticos simples, y fracciones pesadas consisten en alcanos de cadena larga y ramificada, cicloalcanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, y asfaltenos. (Sánchez-Fernández, 2009)
32 INFORME N.º00026-2022-OEFA/DEAM-STEAC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.
33 REAS-035-2022-STEAC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico



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

por la DSEM y los resultados del presente informe, se observan resultados con concentraciones detectables y superiores al NF y NR de TPH(C6-C40) en el mes de enero, posterior al derrame de petróleo crudo, y marcaron una tendencia a la disminución de concentraciones posiblemente atribuidos a las Acciones Primera Respuesta ejecutadas por el administrado. Sin embargo, con la evaluación realizada en abril de 2022, aún se registró TPH en concentraciones altas presentando un valor máximo de 37313 mg/kg (Figura 8.6) en el punto SRPG-SD-7, por lo cual, se identifica prevalencia del contaminante en la arena de playa del sector sur y norte de la playa.

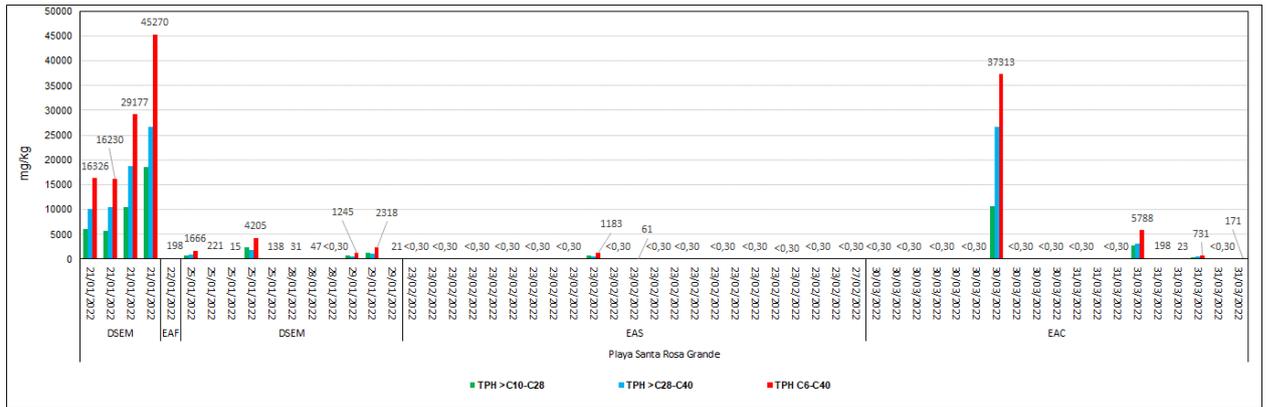


Figura 8.6. Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Santa Rosa Grande

Se evaluaron 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 Santa Rosa Grande. Los puntos de muestreo SPRG-SD-7, SPRG-SD-14, SPRG-SD-15, SPRG-SD-17 y SPRG-SD-19 superaron los NF y NR para Acenafteno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno y Pireno según se detallan en la Tabla 7.2 y se muestra en la Figura 8.7.

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

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



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

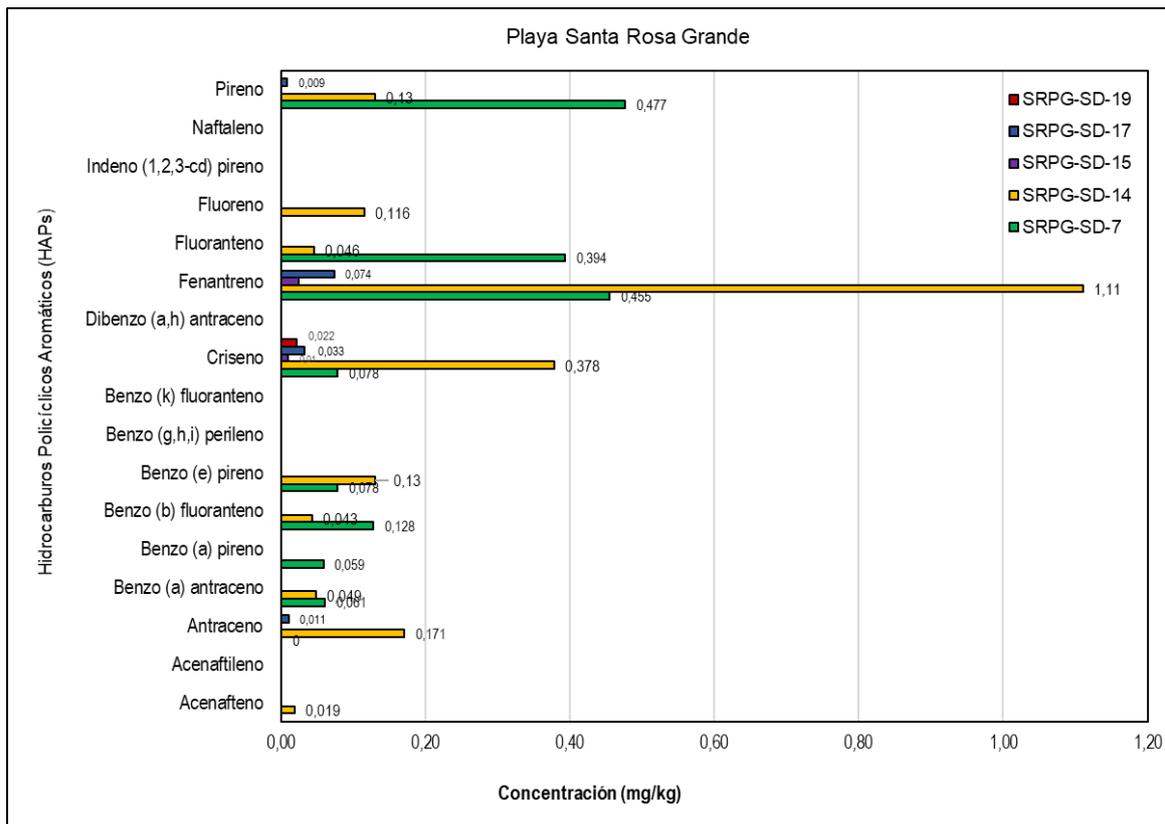


Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal

La presencia de dichos HAPs estuvieron directamente relacionados a al crudo, debido a que, en los 5 puntos en mención, el TPH (C₆-C₄₀) superó los NF y NR y por considerarse la única fuente de afectación. La presencia de fenantreno, criseno, benzo(a) pireno indican que tienen un origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001).

La variedad de HAPs registrados (11 especies), indica que la arena de playa 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).

Cabe indicar que, según el análisis granulométrico y las observaciones en campo, la playa tiene condición arenosa 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).

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

Fuente: REPSOL S.A.A.

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que el níquel superó los $NF_{Ni} = 3,64$ mg/kg en 17 de los 19 los puntos de muestreo; mientras que el vanadio superó las concentraciones de $NF_V = 33,01$ mg/kg en 18 de los 19 puntos de muestreo; con excepción de SRPG-SD-3 y SRPG-SD-19 respectivamente, tal como se muestra en el ítem Resultados.

Con base a los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1, se identificó que los metales cobre, fósforo, hierro, sodio, plomo, níquel y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos debido a encontrarse en concentraciones próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Anexo N.º 6 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande). Asimismo, en relación al níquel y vanadio, en puntos que superaron los NR y NR, los resultados fueron entre 3,34 y 3,85 mg/kg para níquel, valores próximos a los NF y NR de dicho metal (líneas arriba indicadas); mientras que, para vanadio de la misma manera, entre 29 y 66 mg/kg. Por lo tanto, no se identificó una relación de la excedencia de los Niveles de fondo con las concentraciones reportadas en el hidrocarburo; siendo otros factores, como las condiciones geológicas de la playa los que determinen los valores registrados.

Respecto a la evaluación hidrobiológica, la comparación entre la playa Santa Rosa Grande 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* en Santa Rosa Grande, referente a los patrones de distribución se registró un aumento de individuos hacia las mayores distancias en las playas control; por otro lado, en la estación evaluada SR-2 su aumento fue mínimo (Figura 8.8). Asimismo, los patrones de distribución de la abundancia,

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



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

de los puntos blanco son semejantes a los registrados previamente por Tarazona et al. (1986) y Sánchez (1988), más no en Santa Rosa Grande.

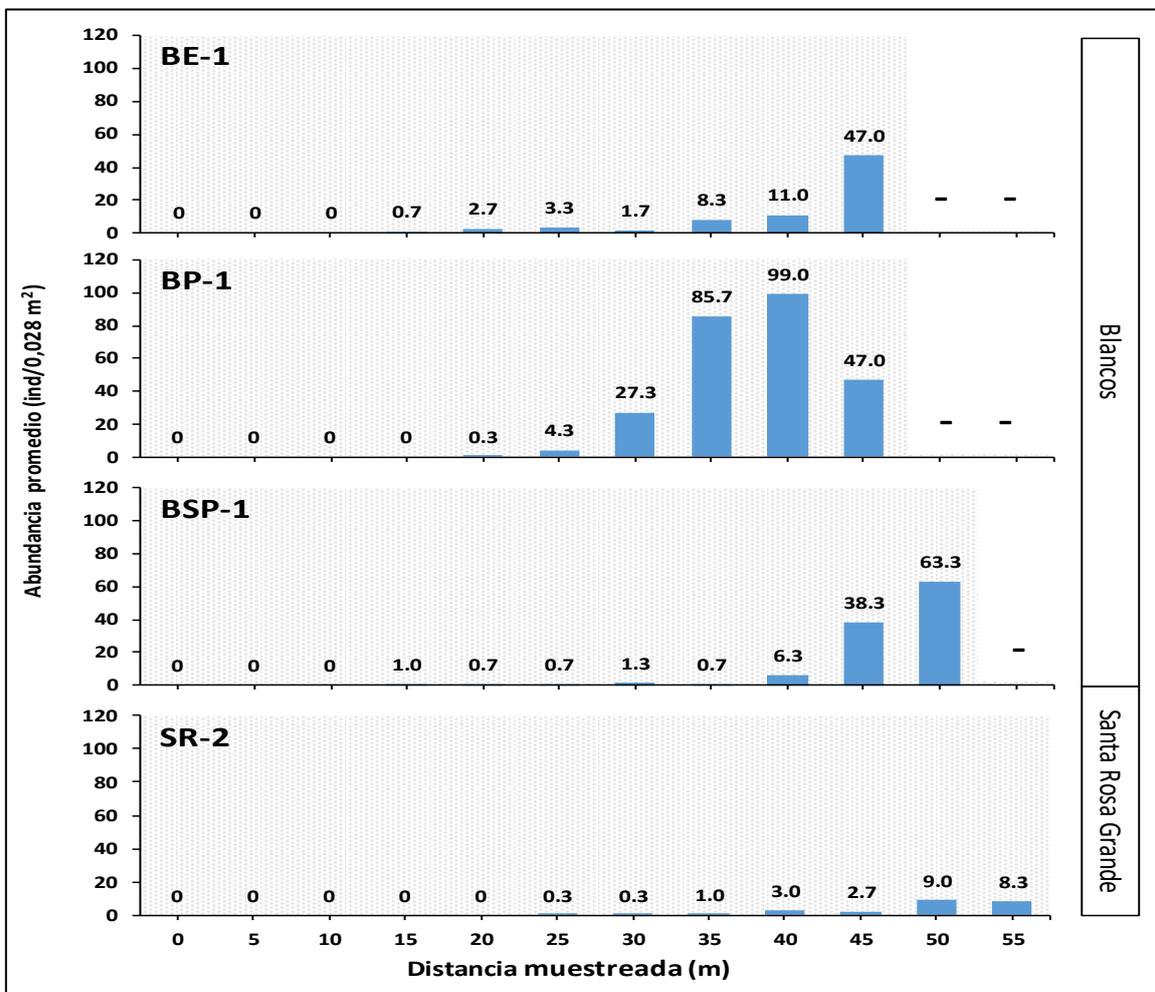


Figura 8.8. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en playa Santa Rosa Grande comparado con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra a la estación SR-2 con menor biomasa en comparación a las playas blanco (Figura 8.8), condición que estaría explicada por la reducida abundancia de individuos de esta especie a lo largo del transecto evaluado (Figura 8.9).



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

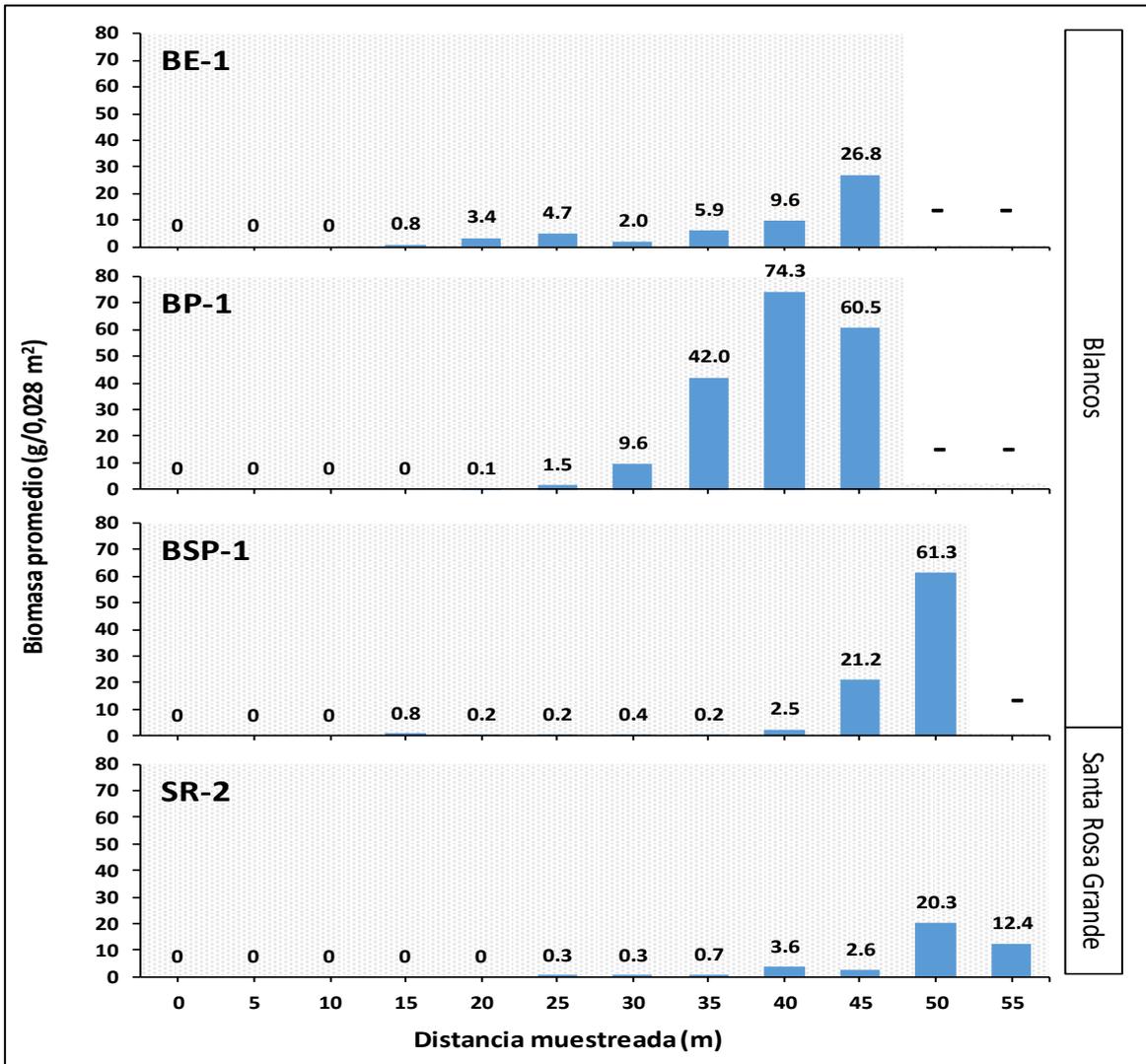


Figura 8.9. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de E. analoga en los puntos evaluados en playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la frecuencia de tallas, se puede apreciar que, en playa Santa Rosa Grande, al igual que en las playas blanco, existe dos grupos de tallas; sin embargo, en Santa rosa Grande existe un desfase hacia tallas mayores; asimismo, contrasta con la mayor abundancia de individuos en cada talla que se registra en las playas blanco, lo cual define mejor la existencia de estos dos grupos de tallas (Figura 8.10).



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

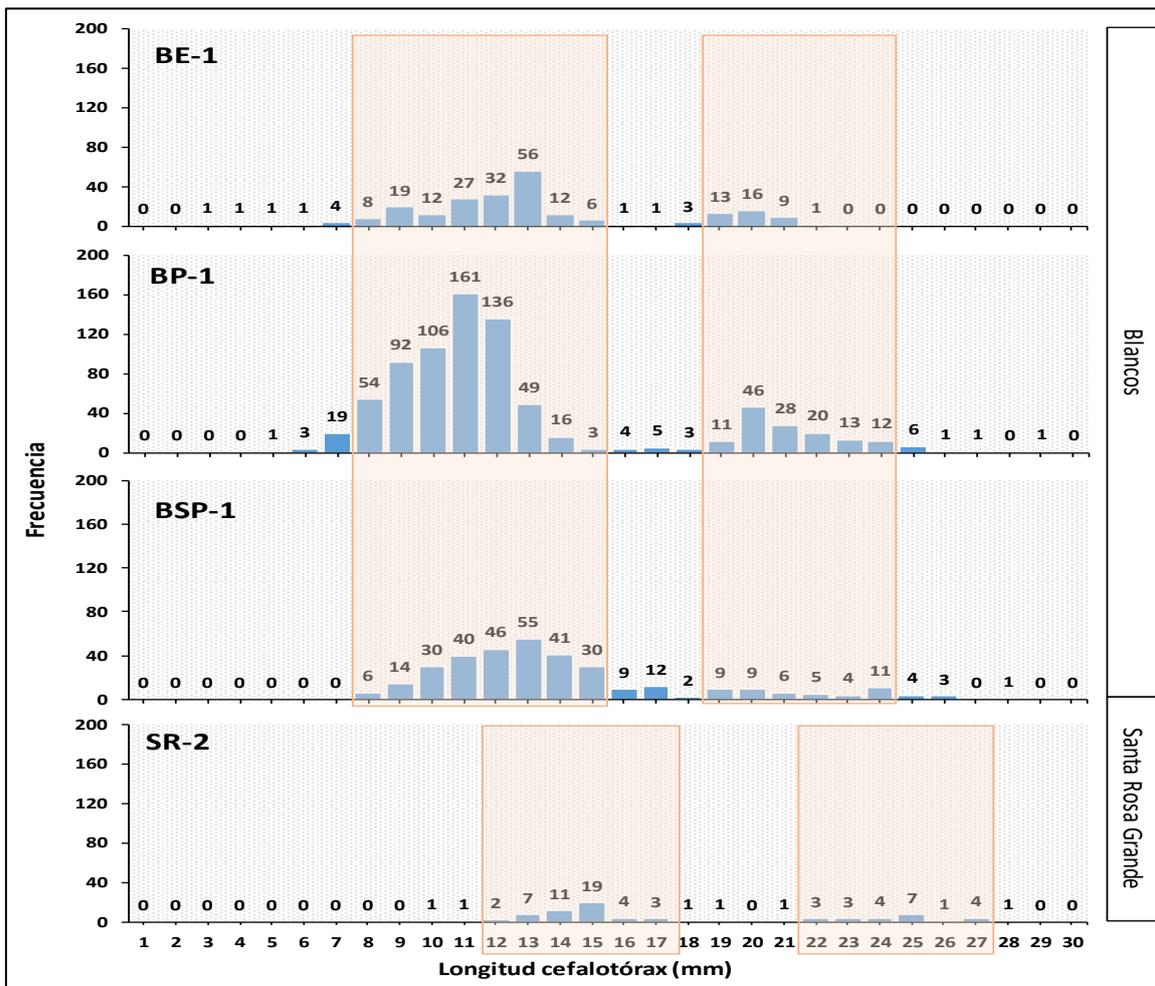


Figura 8.10. Frecuencia de tallas de E. analoga en los puntos evaluados en playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, tanto en las playas blanco como en Santa Rosa Grande, existe una predominancia de machos, siendo mayor en Santa Rosa Grande con 66,2% del total de individuos colectados; asimismo, Santa Rosa Grande presenta el mayor porcentaje de hembras ovígeras con 21.6% (Figura 8.11). En general, no se detectaron cambios considerables entre la playa Santa Rosa Grande y los blancos, manteniendo ambos la tendencia de lo registrado previamente (Sánchez, 1988).



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

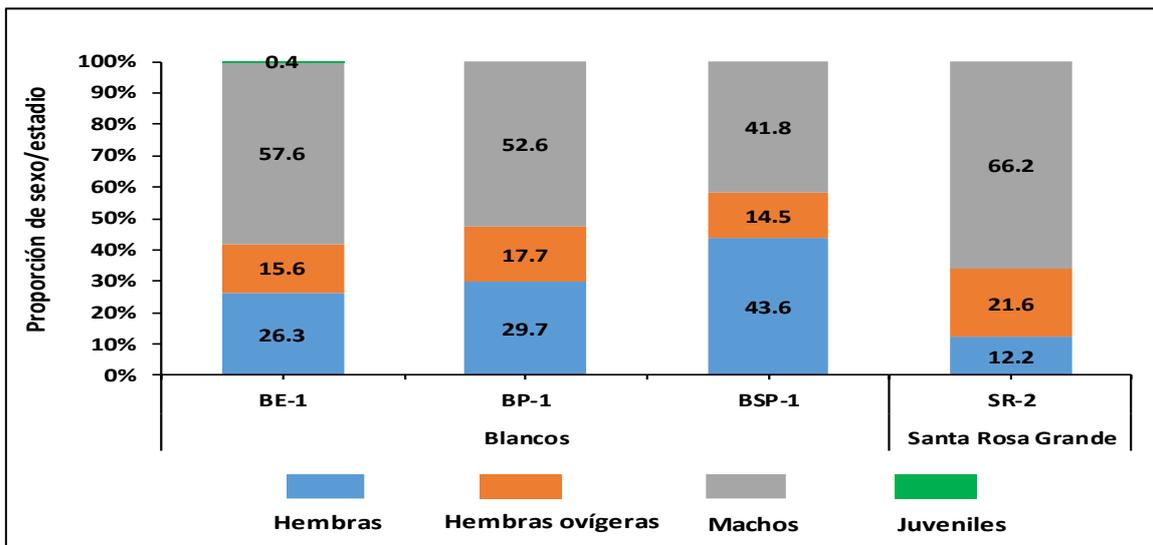


Figura 8.11. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en los puntos evaluados de playa Santa Rosa Grande comparados con los puntos de las playas blanco.

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 Santa Rosa Grande comparados con las playas blanco, principalmente en los parámetros de abundancia y biomasa.

Respeto a la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, la comparación de los resultados de playa Santa Rosa Grande 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 el punto de Santa Rosa Grande con 18 (SR-R1). Como consecuencia, también existen un menor número de grupos taxonómicos representativos de este tipo de ambientes, registrándose 5 grupos para Santa Rosa Grande (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios y macroalgas) y 10 grupos para los puntos blanco (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, nemertinos, macroalgas, equinodermos, braquiópodos, platelmintos y poríferos) (Figura 8.12).

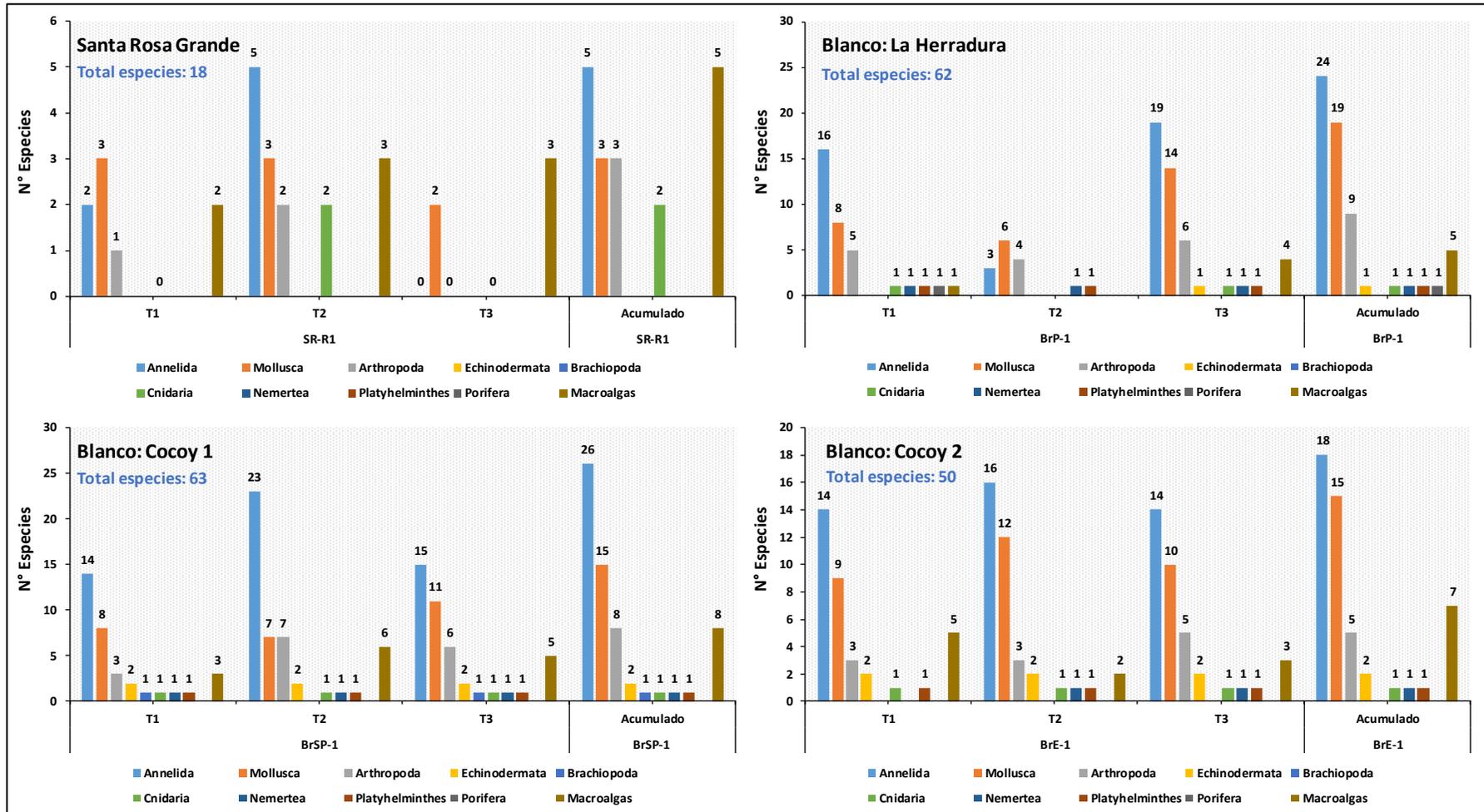


Figura 8.12. Comparación de la riqueza de especies de Santa Rosa Grande comparado con los puntos blanco

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 Santa Rosa Grande con tan solo 18 especies. Cabe destacar que, durante los trabajos de campo se verificó la presencia de hidrocarburo impregnado sobre el sustrato donde aledaño a la comunidad de macrobentos de la zona mediolitoral en el punto de muestreo (SR-R1) (Figura 8.13). En consecuencia, se puede afirmar que, la presencia de hidrocarburo sobre la roca viene a ser la causa de la alteración de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Santa Rosa Grande.



Figura 8.13. Punto SR-R1 mostrando el sustrato rocoso impregnado con hidrocarburo

8.2. Zona submareal

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua superficial de mar en ambiente submareal se realizó en 2 puntos ubicados en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras», y con la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y referencialmente la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, B1: Contacto Primario», esta última se emplea de manera complementaria, ya que presenta valor para la comparación de metales totales (vanadio) y de manera referencial la Cat.2 C3 (para Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática)).



La medición de parámetros de campo en agua superficial registró pH próximo al neutro (de 7,70 unidades de pH en el punto MS-47 y 8,10 unidades de pH en el punto MS-48), oxígeno disuelto ($> 4,37$ mg/L), conductividad eléctrica (64,45 mS/cm en promedio) y temperatura (17,95 °C en promedio). Las unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 para el punto MS-47 y Cat.4 E3 para el punto MS-48, tal como se indica en el ítem 7. Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial submareal para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio en los 2 puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 en el punto MS-47 y Cat.4 E3 en el punto MS-48, y referencialmente de la Cat.4 E3 en MS-47 y de la Cat.2 C3 en MS-48 (solo para Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática)); los que se indican en detalle en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande.

Los resultados de metales totales obtenidos en los 2 puntos de muestreo cumplieron con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 en el punto MS-47 y Cat.4 E3 en el punto MS-48, y referencialmente de la Cat.1 B1 para níquel y vanadio, que se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio.

Los resultados de la evaluación de calidad de sedimento señalan que según el análisis granulométrico el sedimento submareal en el punto más próximo a la zona intermareal de la playa Santa Rosa Grande (MS-47), presentó composición predominante de arena (93,1 %) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa; mientras que, el punto más alejado a la orilla de la playa mencionada (MS-48), presentó una predominancia de limo (63,3 %). Por otro lado, el punto MS-48 registró TPH (C₆-C₄₀) con una concentración de 21 mg/kg (Figura 8.14), pero que no superó los NF_{TPH}: 73,62 mg/kg y NR_{TPH}: 172,6 mg/kg establecidos, siendo esta la concentración más alta; mientras que en el punto MS-47, se reportó una concentración de TPH (C₆-C₄₀) con un valor de 11 mg/kg.

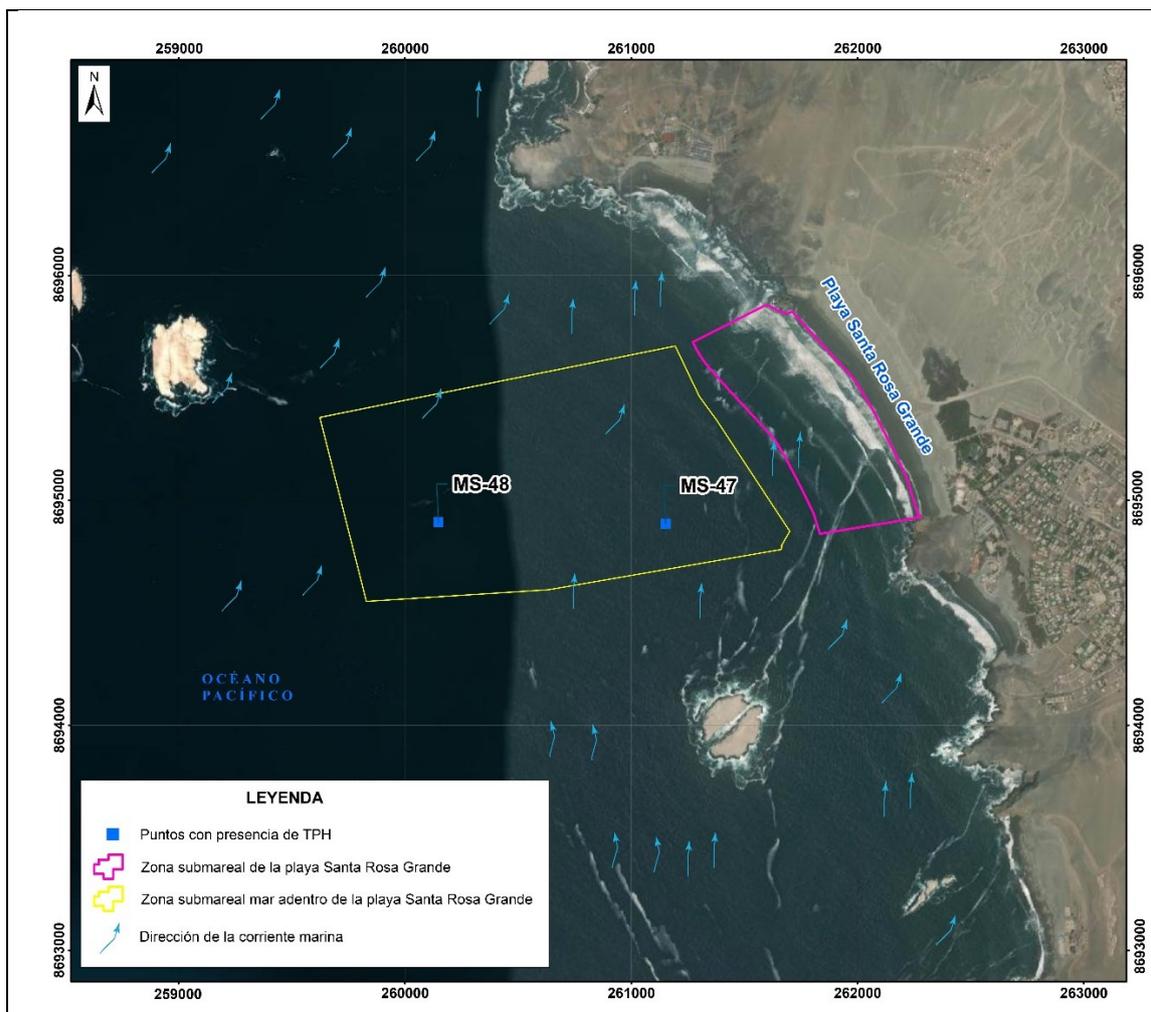


Figura 8.14. Presencia y ausencia de TPH en los puntos evaluados en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande

En el punto MS-47 se registró Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) en concentraciones que superaron los NF y NR para 1 de los 17 compuestos analizados, tal como se encuentra en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Santa Rosa Grande. El fluoranteno³⁵, en su condición de hidrocarburo policíclico aromático de origen petrogénico (combustibles fósiles) (Savinov et al., 2000; Prada & Zambrano, 2006; Ramalhosa et al. 2012) provendría del derrame de petróleo crudo debido a que se reportó concentraciones cuantificables para TPH en el mismo punto de muestreo (MS-47).

Los resultados obtenidos de los 30 metales en los puntos ubicado en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande, que fueron comparados con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1 (caracterización del crudo³⁶), se identificó que los metales cadmio, calcio, cobre,

³⁵ Según la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) está clasificado como un contaminante prioritario debido a su potencial genotóxico y cancerígeno para la biota de acuerdo con los estudios realizados por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC).

³⁶ Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, Anexo F, Tabla I, los metales presentes en su composición son: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre



fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos. Por otro lado, en relación con el níquel, cuya concentración en la caracterización del crudo corresponde a 6,9 mg/kg y el $NF_{Ni} = 5,707$ mg/kg, valores próximos entre sí, por lo que no se podría relacionar directamente la excedencia al nivel de fondo de dicho metal a la concentración del hidrocarburo. Finalmente, no se ha identificado un patrón o relación de la presencia de níquel y vanadio con respecto a aquellos puntos con presencia de TPH, lo cual, encontraría una posible respuesta en las condiciones del sustrato marino y su origen geológico en la zona evaluada.

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en el segmento D-09 (D-09-A hasta D-09-B) en la playa Santa Rosa Grande, afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero de 2022, con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del D.S. 005-2021-EM «*En caso que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder,...*», se evidenció superación de nivel de fondo en sedimento (arena de playa), donde de las 17,39 ha evaluadas se estimó afectación de aproximadamente 7,08 ha por la presencia de concentraciones de TPH (C_6-C_{40}) que superan el nivel de fondo en sedimento (arena de playa), existe superación de nivel de fondo para HAPs en sedimento intermareal y submareal; y existe evidencia de alteraciones de la población de *Emerita analoga* y la comunidad de macrobentos en el ambiente intermareal de playa Santa Rosa Grande durante la evaluación realizada entre el 30 y 31 de marzo y 03 y 04 de abril de 2022.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en zona intermareal determinó que en los 7 puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras», y referencialmente con la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Contacto Primario» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos», para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Para Metales totales, 32 metales presentaron concentraciones menores a los ECA o al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA para agua de la Cat.2 C2, y referencialmente con los ECA para agua de la Cat.1 B1 (vanadio). Particularmente, el boro presentó concentraciones que superaron los referencialmente el ECA Agua Cat.1 B1 en todos los puntos de muestreo, cuya presencia no tendría una relación con la actividad evaluada.

(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).



- La evaluación de la calidad del sedimento (arena de playa), registró concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superaron los valores de nivel de fondo (NF TPH <0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR TPH <0,30 mg/kg) en los puntos de muestreo SRPG-SD-7, SRPG-SD-14, SRPG-SD-15, SRPG-SD-16, SRPG-SD-17, SRPG-SD-19, siendo el sector sur y norte de la playa con mayor afectación por presentar concentraciones máximas de 37313 y 5788 mg/kg de TPH(C₆-C₄₀) en los puntos SRPG-SD-7 y SRPG-SD-19. Así también, la réplica SRPG-SD-15-R registró una alta concentración de TPH (C₁₀-C₄₀) de 24134 mg/kg. Asimismo, se reportó 11 de los 17 Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) analizados, Acenafteno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno y Pireno que superaron los NF y NR, directamente relacionados al TPH(C₆-C₄₀) debido a encontrarse en todos los puntos de muestreo (excepto SRPG-SD-16) con concentraciones que superaron al NF_{THP} (<0,30 mg/kg).
- Los metales totales en sedimento (arena de playa) superaron el NF y NR establecidos para 24 de los 30 metales registrados, y en 7 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; sin embargo, no se identificó ninguna relación con respecto a puntos de muestreo con presencia TPH por lo que su origen estaría relacionado a otras fuentes como condiciones geológicas de la playa.
- El alcance aproximado del área impactada en sedimento intermareal fue de 7,08 ha, del total de 17,39 ha evaluados, determinados con base a los puntos que registraron concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superaron el NF_{THP}.
- La evaluación de la calidad del agua de mar en los puntos ubicados en la zona submareal de la playa Santa Rosa Grande 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 2 subcategoría C3: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras y subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos». Referencialmente se comparó con la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario» para Metales totales (vanadio) y la Cat.2 C3 (para Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática)).
- La evaluación de la calidad del sedimento marino en la zona submareal determinó los puntos evaluados (MS-47 y MS-48) presentaron Hidrocarburos Totales del Petróleo en concentraciones (11 mg/kg y 21 mg/kg) por debajo de los valores de Niveles de Fondo (73,62 mg/kg) y Niveles de Referencia (172,6 mg/kg). Por otro lado, los resultados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) presentaron Fluoranteno en concentración de 0,01 mg/kg que superó los Niveles de Fondo (<0,005 mg/kg) y de Referencia (<0,005 mg/kg), y que su origen que provendría del derrame de hidrocarburos.
- Los metales totales en sedimento superaron el NF y NR establecidos para 27 de los 30 metales registrados, y en 9 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio), determinándose que no se encontró relación alguna con el



derrame de hidrocarburos, por lo que su origen estaría relacionado a otras fuentes como la geología de origen del sustrato.

- 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 Santa Rosa Grande; respecto al ambiente submareal, no existe evidencia de alteraciones de la comunidad de megabentos frente al playa Santa Rosa Grande.

10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas

11. BIBLIOGRAFÍA

- Argüelles J., Taipe A., Espinoza E., Aguilar S., García W., Tenorio J., Zavala J., Gamarra A., Santos C. (2010). Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en la región Lima entre Punta Litera - Playa Grande (Barranca y Huara de la Región Lima). Instituto Del Mar Del Perú, Centro Regional de Investigación Pesquera, Huacho – Lima, Unidad de Investigaciones de Invertebrados Marinos, Sede Central.
- 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.
- 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.
- Head, I., Jones, D. & Röling, W. (2006) Marine Microorganisms Make a Meal of Oil. *Nature Reviews*. 4: 173-182.
- 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.



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

- Karleskint, G., R. Turner y J. Small. 2009. Introduction to Marine Biology, 3a edición, editorial Brooks/Cole, Belmont Canada, 581 pp.
- Keramea, P.; Spanoudaki, K.; Zodiatis, G.; Gikas, G.; Sylaios, G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives and Challenges. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>
- Kerr J.M., McMillen S.J., Magaw R.I., Melton H.R y Naughton G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydrocarbons. The petroleum Environmental Research Forum, USA.
- 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.
- 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.
- Prada-Ríos, J. y M. Zambrano. 2006. Toxicidad aguda y bioacumulación de dos hidrocarburos aromáticos policíclicos (naftaleno y fluoranteno) en *Anadara tuberculosa*. Boletín Científico CCCP, (13): 53-64.
- Ramalhosa, M. J., Paíga, P., Morais, S., Sousa, A. M., Gonçalves, M. P., Delerue-Matos, C., & Oliveira, M. B. P. P. (2012). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish: Optimisation and validation of microwave-assisted extraction. Food chemistry, 135(1), 234-242.
- Reible, D. (2014) *Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments*. Springer, 496 p.
- Sánchez-Fernández, J., A. & Valdes, R. (2009) Proceso para eliminar hidrocarburos en lodos provenientes de las perforaciones petroleras y lodos de sedimentación. Centro de Investigación en Química Aplicada, México. *Desarrollo Químico Avanzado*.
- Sánchez G. (1988). Algunos aspectos bio-ecológicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

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

- Savinov, V. M., Savinova, T. N., Carroll, J., Matishov, G. G., Dahle, S., & Næs, K. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments of the White Sea, Russia. *Marine Pollution Bulletin*, 40(10), 807-818
- 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., Igrada M., (1986). Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. *Revista de ciencias de U.N.M.SM.* Vol. 94, N° 1. Pp 103 -116.
- Wang, Z., Fingas M. & Li, K. (1994) Fractionation of ASMB Oil. Identification and Quantification of Aliphatic, Aromatic and Biomarker Compounds by GC/FID and GC/MSD. *J. Chromatogr. Sci.* 32: 361-366. En Pucci, et. al 2003.