

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

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

Profesionales que aportaron a este documento:



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
4. ÁREA DE ESTUDIO	5
5. MODELO CONCEPTUAL	6
6. METODOLOGÍA.....	6
6.1. Guías utilizadas para la evaluación	7
6.2. Ubicación de puntos de muestreo	8
6.2.1. Zona Intermareal	8
6.2.2. Zona Submareal	12
6.3. Parámetros y métodos de análisis.....	12
6.4. Equipos utilizados	14
6.5. Procesamiento de datos	14
6.6. Criterios de evaluación.....	15
7. RESULTADOS	18
7.1. Zona Intermareal	18
7.1.1. Agua superficial de mar.....	18
7.1.2. Sedimento (arena de playa)	20
7.1.3. Hidrobiológico	22
7.1.4. Superficie de litoral	25
7.2. Zona submareal	26
7.2.1. Hidrobiología.....	26
8. DISCUSIÓN	26
8.1. Zona Intermareal	28
8.2. Ambiente Submareal.....	40
9. CONCLUSIONES.....	41
10. RECOMENDACIONES	42
11. BIBLIOGRAFÍA	42



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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados ...	7
Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa San Francisco	10
Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal de la playa San Francisco	11
Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en el ambiente intermareal de playa San Francisco	11
Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y <i>Emerita analoga</i> (muy muy) en el ambiente intermareal de las playas control (puntos blanco).....	11
Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de playa San Francisco	12
Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente submareal de las playas control (puntos blanco)	12
Tabla 6.8. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos e hidrobiología	12
Tabla 6.9. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo... 16	16
Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa San Francisco	18
Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal	21
Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal de la playa San Francisco	21
Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado-Refinería La Pampilla	33



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa San Francisco	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa San Francisco, 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 San Francisco	8
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa San Francisco	9
Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa San Francisco	10
Figura 7.1. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa San Francisco.....	22
Figura 7.2. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa San Francisco.....	23
Figura 7.3. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en la playa San Francisco.....	23
Figura 7.4. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluados en Playa San Francisco.....	24
Figura 7.5. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa San Francisco.....	24
Figura 7.6. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa San Francisco.....	25
Figura 7.7. Abundancia de especies de megabentos en la playa San Francisco	26
Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino-playa San Francisco	27
Figura 8.2. Entorno de la ubicación del punto SFG-SD-2 en la zona central de la playa denominada San Francisco Grande.....	29
Figura 8.3. Distribución de TPH C ₆ -C ₄₀ en la playa San Francisco y el alcance aproximado.	30
Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa San Francisco.....	31
Figura 8.5. Resultados de las evaluaciones EAF, EAS, acciones de la DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C ₆ -C ₄₀) en sedimento intermareal en la playa San Francisco.....	32
Figura 8.6. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de <i>E. analoga</i> en playa San Francisco comparado con los puntos de las playas blanco.....	34
Figura 8.7. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado en playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco.....	35
Figura 8.8. Frecuencia de tallas de <i>E. analoga</i> en el punto de muestreo de playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco.....	36
Figura 8.9. Proporción de sexos/estadios de madurez de <i>E. analoga</i> en el punto evaluado de playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco.....	37
Figura 8.10. Vista panorámica de playa San Francisco mostrando la presencia de macroalgas a lo largo de la playa.	38
Figura 8.11. Comparación de la riqueza de especies de San Francisco comparado con los puntos blanco.....	39
Figura 8.12. Abundancia de especies de megabentos en la playa San Francisco comparado con los puntos blancos (playa La Encantada, La Herradura y Cocoy)	40



«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»

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), referida al derrame de petróleo crudo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*¹, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, 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 incluye al OEFA y a otras instituciones como la Dirección General de Capitanías y Guardacostas–Dicapi, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería–Osinergmin y la Presidencia del Consejo de Ministros – PCM como responsables de la fiscalización y supervisión.

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

En consecuencia, a través de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), mediante el Memorando N.º 00299-2022-OEFA/DSEM de fecha 25 de febrero de 2022 y el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM, 24 de marzo de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales 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 del 2022.

¹ Buque de bandera italiana.

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



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

La verificación de limpieza de playas (como Acciones de Primera Respuesta)³ fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)⁴ que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66^{o5} del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos-RPAAH, aprobado por Decreto Supremo N. ° 039-2014-EM y en la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos aprobada mediante Decreto Supremo N. ° 005-2021-EM, en el Art. 66-B.3⁶, indica que los resultados de los muestreos realizados 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 3, 6, 7 y 9 de abril del 2022, donde el presente documento forma parte del informe de evaluación ambiental de causalidad en la playa San Francisco (en adelante, informe de EAC en la playa San Francisco), que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera de la playa San Francisco 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 del agua superficial, arena, sedimento⁷ (arena de playa y sedimento marino), el estado de la comunidad

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

⁴ De acuerdo al Artículo 24 del Reglamento de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N. ° 13-2020-OEFA/CD, el cual establece que: «La Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) se realiza mediante acciones técnicas, con la finalidad de establecer la relación causa-efecto entre la alteración de la calidad ambiental y las actividades sujetas a fiscalización ambiental. Se desarrolla a partir de la identificación de un indicio o evidencia de impacto ambiental negativo.»

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

⁶ Art. 66-B.3 «En caso de que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema, de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder, la Autoridad Competente en Materia de Fiscalización Ambiental determina el plazo para que el/la Titular de la Actividad de Hidrocarburos presente el Plan de Rehabilitación, plazo que no debe exceder de dieciocho (18) meses. El Plan de Rehabilitación es ejecutado, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Competente».

⁷ Según el «Glosario de Términos de Sitios Impactados» publicado por MINAM el 30 de abril de 2016 en <http://sial.minam.gob.pe/rioja/documentos/glosario-terminos-sitios-contaminados>, el sedimento se define como: «Materiales de depósito o acumulados por arrastre mecánico de las aguas superficiales o el viento depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y depresiones continentales». Y según el Decreto Supremo N.° 012-2017-MNAM «Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados», el sedimento se define como: «Material no



«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 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)⁸ 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 del litoral de la zona marino-costera de la playa San Francisco, 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 de Ventanilla, provincia constitucional del Callao, ocurrida el 15 de enero de 2022 a las 17:25:00 horas.

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

En atención a la emergencia, las acciones inmediatas realizadas por la Dirección de Evaluación Ambiental fueron: 1) Realizar una Evaluación Ambiental Focal¹⁰ realizada entre el 19 enero al 5 de febrero del 2022, cuyo objetivo fue determinar la extensión del área afectada y los impactos generados en la zona marino costera (agua superficial, sedimento y biota) por el derrame de hidrocarburos de petróleo en el mar ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, frente a la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, Provincia constitucional del Callao, dicha evaluación identificó el litoral afectado por el derrame de petróleo crudo desde la playa Ventanilla hasta la playa Cascajo ubicada en el distrito Chancay, provincia Huaral, departamento Lima. 2) Primera Evaluación Ambiental de Seguimiento¹¹ realizada entre el 17 al 27 de febrero de 2022, a través del monitoreo de parámetros que permitió identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento; así como el registro

consolidado depositado por procesos fluviales o marinos recientes, y que se encuentran permanente o temporalmente por debajo del espejo de aguas superficiales.»

⁸ Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEAC. «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de Metales e Hidrocarburos de Petróleo en Sedimento Marino de las Bahías de Lima y Huacho» (Anexo N.º 6 del informe de la EAC en playa San Francisco)

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 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.



«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 aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022, y 3) Segunda Evaluación Ambiental de Seguimiento¹², realizadas entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (Provincia constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

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

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

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

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 en la playa San Francisco a fin de verificar la limpieza realizada por el administrado Refinería La Pampilla S.A.A., debido a la afectación por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022.

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



«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 San Francisco se ubica en el distrito de Ancón, provincia de Lima, departamento de Lima que fue afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, según las cartas emitidas por Repsol define los tramos de tratamiento en divisiones, segmentos¹³ y ubicaciones puntuales¹⁴ de las playas. (Figura 4.1).

La playa San Francisco pertenece a la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos», según la «Clasificación del cuerpo de agua marino-costero» aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA el 25 de enero de 2016.

La evaluación ambiental se realizó en la zona marino-costera del segmento E-01 (dividido desde E-01-A hasta E-01-B)¹⁵ que corresponden a la playa San Francisco, donde se identificaron dos sectores con denominados playa San Francisco Grande y playa San Francisco Chico.

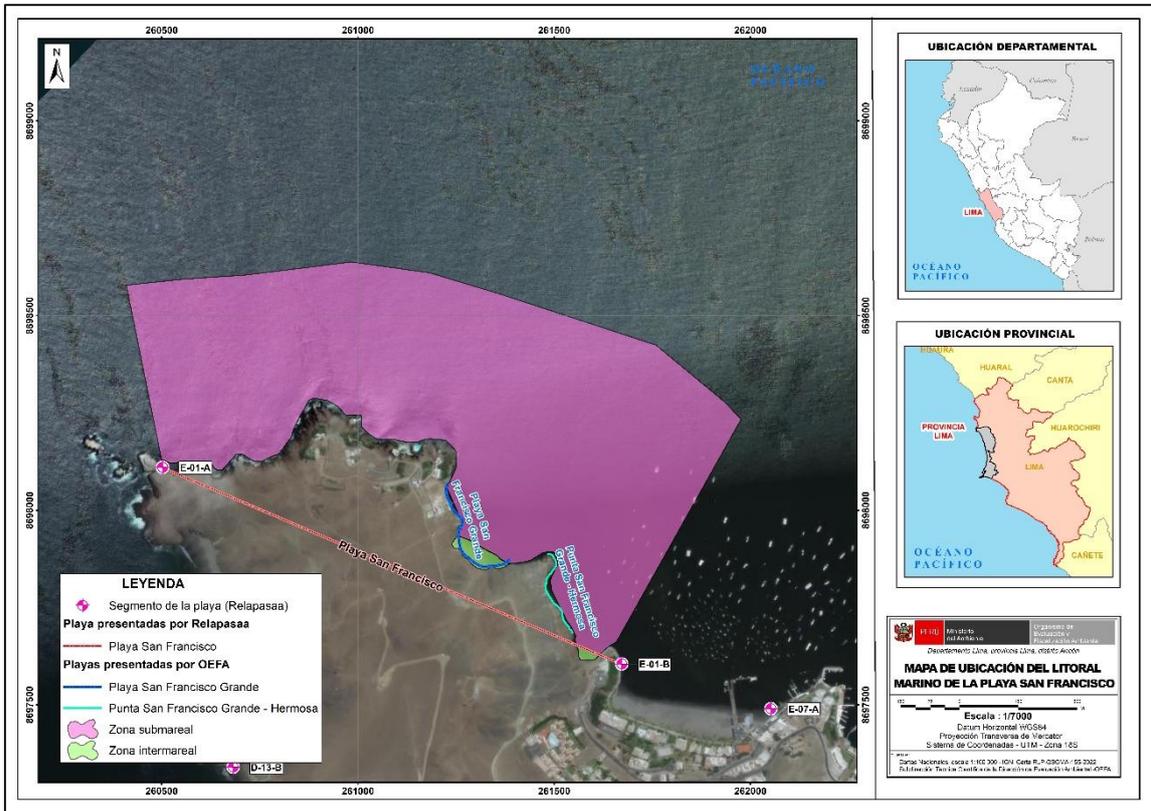


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino de la playa San Francisco
Fuente: CSIG-OEFA-2022.

13 Carta RLP-GSCMA-155-2022, febrero 15 de 2022, define la división y segmentos en las playas en tratamientos.
 14 RLP-GSCMA-515-2022, abril 13 de 2022, define la ubicación y el estado actual de los segmentos en las playas.
 15 El segmento de E-08 se ubica entre E-01-A (260500, 8698110) hasta E-01-B (261670, 8697605). Según carta RLP-GSCMA-155-2022.

«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»

5. MODELO CONCEPTUAL

La Figura 5.1 presenta el modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en playa la San Francisco, 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 San Francisco, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa, pedregosa y rocosa) en función de su accesibilidad, identificando dos sectores denominados playa San Francisco Grande y playa San Francisco Chico.

Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento (arena de playa); mediante muestreos a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con el apoyo de embarcaciones para la inmersión de buzos en el ambiente submareal, y en 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 San Francisco.

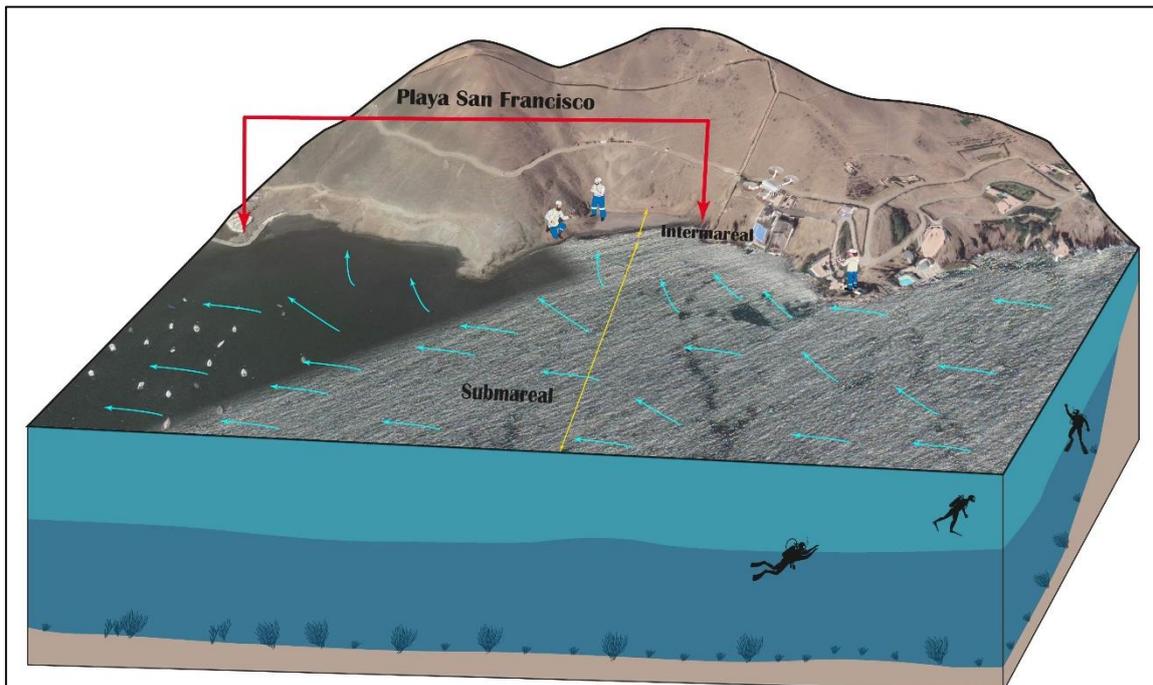


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa San Francisco, afectada por el derrame de petróleo crudo.

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 San Francisco.



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

6.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las guías (incluyéndose los protocolos, manuales y procedimientos) para el muestreo de agua de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología se detallan en la Tabla 6.1.

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

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Agua superficial de mar	Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú
Sedimento intermareal (arena de playa)	Guía para el muestreo de suelos	Plan de muestreo sección 1.3.1. Muestreo de identificación (MI) Anexo 2: Patrones de muestreo para definir la localización de puntos de muestreo en suelos contaminados	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Perú
	Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001)	Capítulos 4	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP). #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016	Capítulo 11	-	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	NOAA. Shoreline Assessment Manual 4ta Edition	5. Shoreline Assessment Process and Activities	-	Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)	Estados Unidos
Macrobentos (incluye <i>Emerita analoga</i>)	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater	Section 10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection	Guía internacional	American Public Health Association (APHA)	Estados Unidos 2012
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



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

6.2. Ubicación de puntos de muestreo

6.2.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de la playa San Francisco fue evaluada en 2 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la playa, ubicadas en dos áreas denominadas San Francisco Grande y San Francisco Chico para la caracterización espacial del agua de mar a nivel intermareal (Figura 6.1). Las orillas restantes comprendieron zonas inaccesibles donde no fue posible evaluarlas.

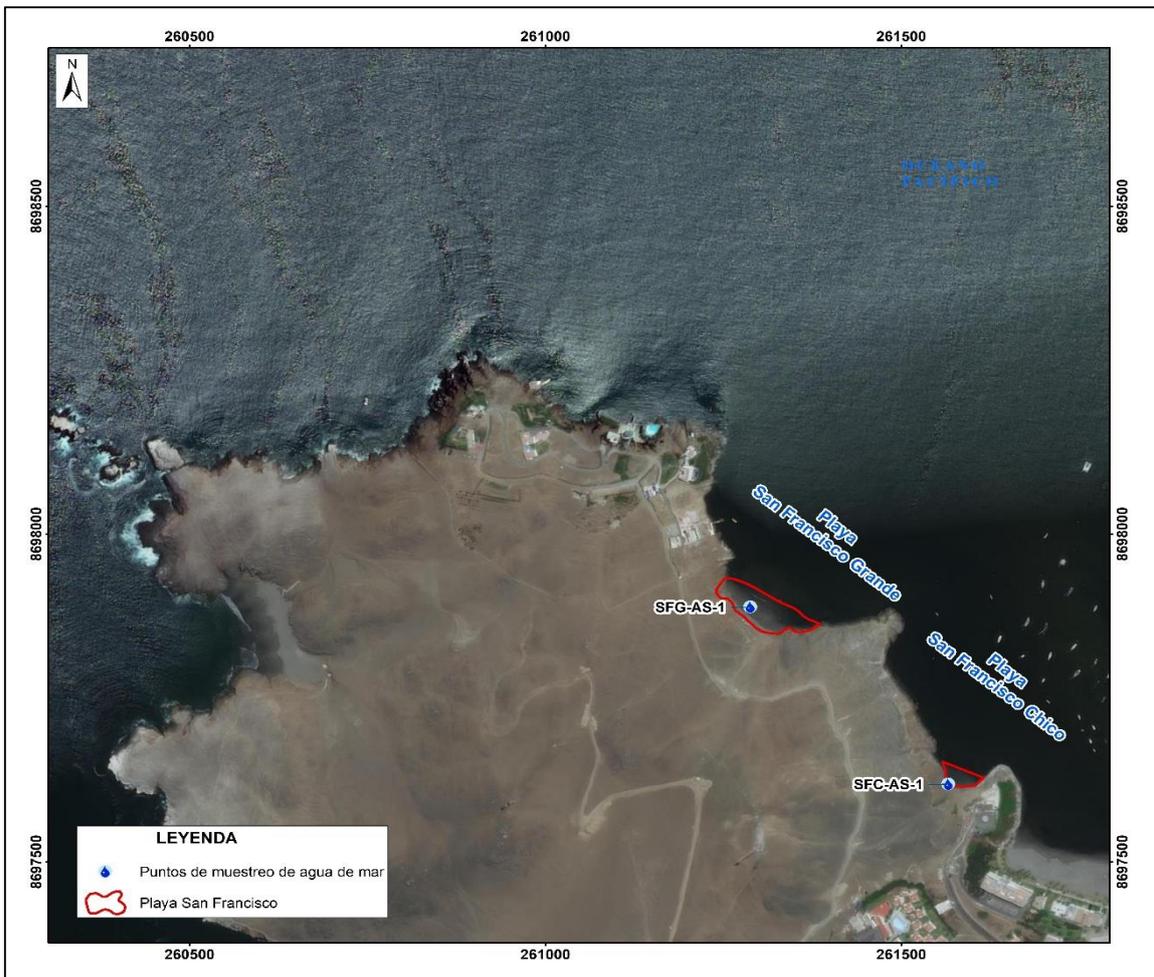


Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa San Francisco

En el ambiente intermareal se muestrearon 3 puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) (ver Figura 6.2) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detalladas en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEC, considerando un muestreo con profundidades que variaron de 0 – 5 cm, para lo cual se analizó 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



«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»

media F_2 (C_{10} - C_{28}) y fracción F_3 de cadena larga (C_{28} - C_{40}); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en 1 compósito para caracterizar la playa.

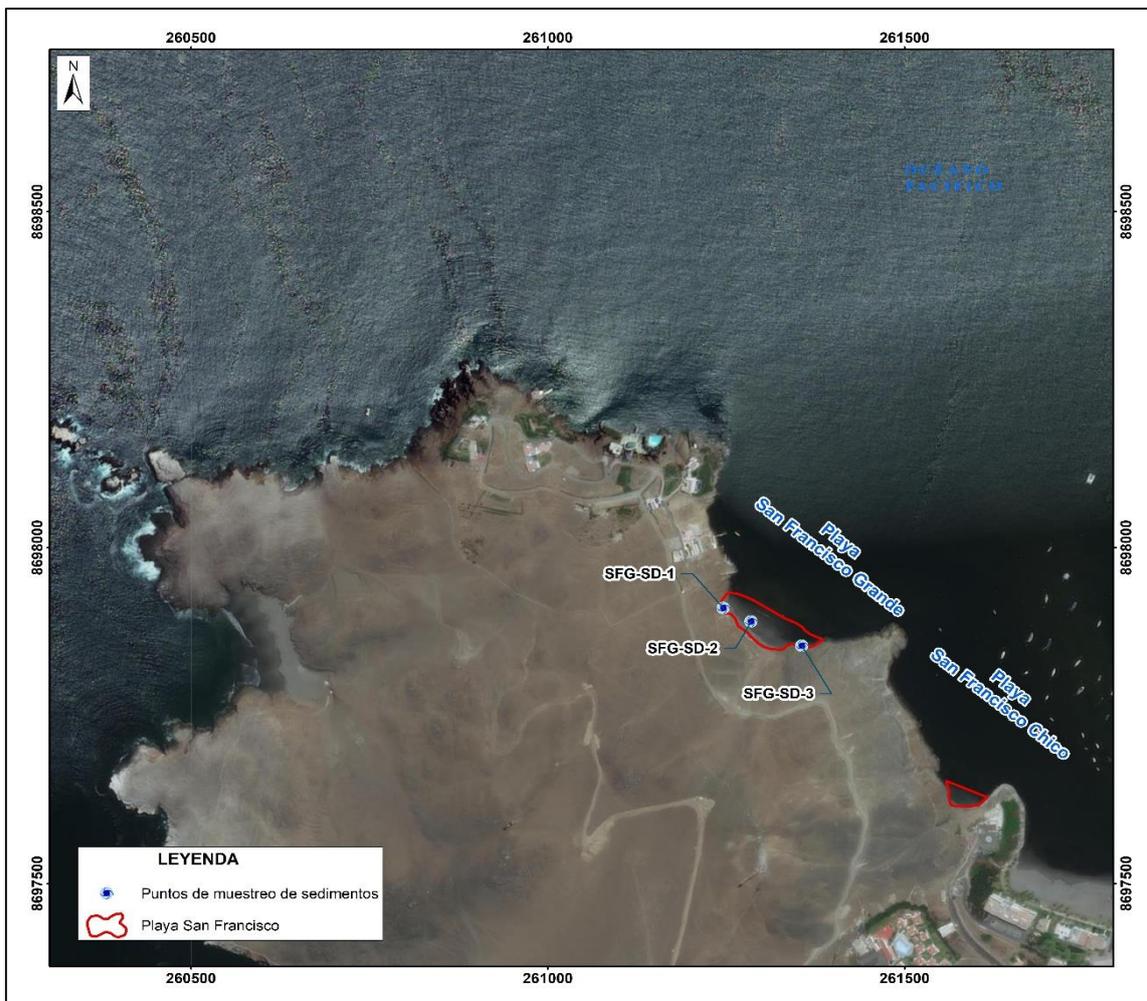


Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa San Francisco

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 3 puntos en la zona intermareal, dos puntos correspondientes a la evaluación de macrobentos de orilla rocosa (SF-R1 y SF-R3) y uno para la evaluación de *Emerita analoga* (SF-2) (Figura 6.3). Asimismo, se evaluaron 2 puntos en la zona submareal para la evaluación del Macrobentos (SF-S1 y SF-S2). Se debe aclarar que, debido a la falta de acceso por la zona intermareal, los puntos SF-R1 y SF-R2 se muestrearon con el apoyo de los buzos que accedieron desde el ambiente submareal, motivo por el cual, se marcaron las coordenadas desde el punto donde la embarcación pudo acercarse a la zona intermareal.

Adicionalmente, se evaluaron 6 puntos blancos, ubicados en las playas La Encantada, La Herradura, Cocoy y Chica. La ubicación de los puntos blancos se muestran en el reporte de campo de playas blanco (Anexo 3).

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

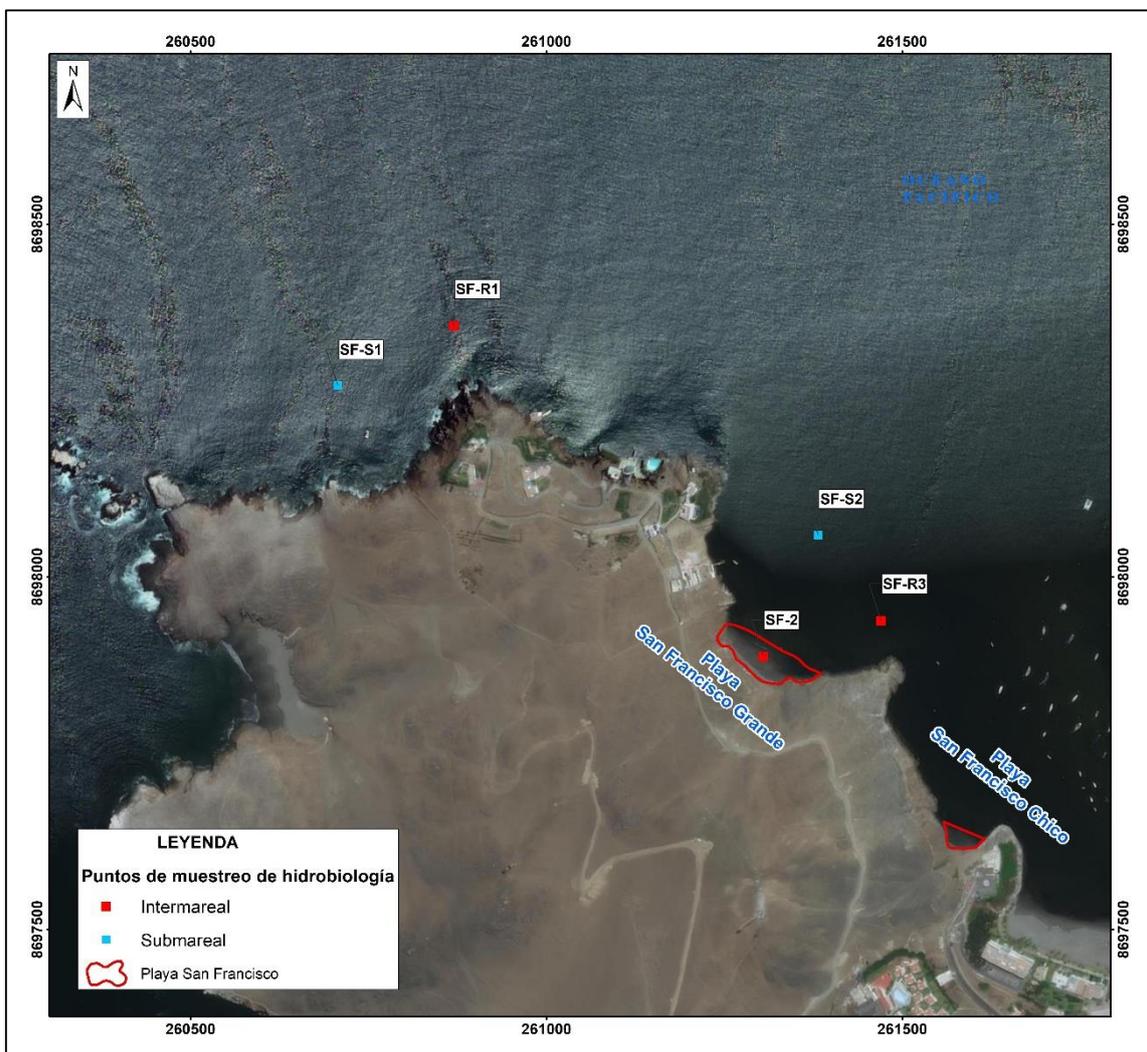


Figura 6.3. Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa San Francisco

En la Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimento (arena de playa) en la zona intermareal de la playa San Francisco

Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa San Francisco

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	SFC-AS-1	261566	8697619	0	Playa San Francisco Chico, punto intermareal ubicado en la zona media de la playa y al sur de la playa Hermosa
2	SFG-AS-1	261288	8697889	0	Playa San Francisco Grande, punto intermareal ubicado en la zona media 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 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal de la playa San Francisco

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	SFG-SD-1	261246	8697910	0	Playa San Francisco Grande, próximo a la zona rocosa del extremo noroeste de la playa, de textura arenosa
2	SFG-SD-2	261285	8697890	0	Playa San Francisco Grande, próximo a la zona central de la playa, de textura arenosa
3	SFG-SD-3	261356	8697854	0	Playa San Francisco Grande, próximo a la zona rocosa del extremo sureste de la playa, de textura arenosa

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

Tabla 6.4. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy muy) en el ambiente intermareal de playa San Francisco

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	SF-R1	260870	8698356	0	Playa San Francisco, intermareal rocoso, a aproximadamente 560 m al noroeste del punto SF-2. Las coordenadas se marcaron a 100 m de la orilla
2	SF-2	261305	8697887	0	Playa San Francisco Grande, intermareal arenoso próximo a la zona central de la playa
3	SF-R3	261470	8697938	0	Playa San Francisco, intermareal rocoso, a aproximadamente 170 m al este del punto SF-2. Las coordenadas se marcaron a 100 m de la orilla

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

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



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
6	BSP-1	215988	8765594	0	Playa Chica, intermareal arenoso ubicado a 1,4 km al norte del extremo norte del humedal Paraiso

6.2.2. Zona Submareal

En las Tablas 6.6 y 6.7 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la zona submareal de la playa San Francisco y de los puntos blanco (playa La Encantada, La Herradura y Cocoy) respectivamente. La Figura 6.3 muestra la ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa en mención.

Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de playa San Francisco

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	SF-S1	260707	8698271	0	Ubicado al sur de la bahía de Ancón, a aproximadamente 150 m de la línea de costa. Fondo blando
2	SF-S2	261382	8698059	0	Ubicado al sur de la bahía de Ancón, playa San Francisco, a aproximadamente 200 m de la línea de costa. Fondo blando

Tabla 6.7. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en el ambiente submareal de las playas control (puntos blanco)

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Descripción
		WGS 84 – Zona 18L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	BE-S1	283623	8647466	12	Punto submareal ubicado frente a Playa La encantada, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de la línea de costa. Fondo Blando
2	BrP-S1	278213	8652764	8	Punto submareal ubicado al lado Sur de Playa La Herradura, distrito de Chorillos, a aproximadamente 200 m de los acantilados. Fondo Blando
3	BP-S1	213457	8758982	6	Punto submareal ubicado frente a Playa Cocoy, distrito de Huacho, a aproximadamente 250 m de la línea de costa. Fondo Blando

6.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.8 se presenta los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología de la playa San Francisco.

Tabla 6.8. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos e hidrobiología

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua superficial de mar – Ambiente Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	1	EPH Method Massachusetts Department of Environmental	ENVIROTEST S.A.C



«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
				Protection, May 2004, Revision 1.1	
			1	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40)	2	EPA Method 8015C Rev.03 2007	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenaftreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	2	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	
		Aceites y grasas	2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	ALAB E.I.R.L
		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	Arena de playa Ambiente Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	3	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ PERU S.A.C
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	3	EPA Method 8270E. Rev.6 (2018)	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio,	3	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
		Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)			
		Análisis granulométrico	1	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS PERU
Hidrobiología	Hidrobiología – Ambiente Intermareal	Macrobentos (macroinvertebrados bentónicos)	2	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
		Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> (muy muy)	1	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
	Hidrobiología – Ambiente Submareal	Megabentos	2	Methods for the Study of marine benthos - 2013	<i>In situ</i>

Fuente: Anexo 4: Informes de Ensayo

Agua Salina:

Informes de ensayo: IE-22-5471, IE-22-5474, IE-22-5478, IE-22-5480 y IE-22-5481 emitidos por ALAB E.I.R.L.

Informe de ensayo: 222333-I emitido por ENVIROTEST S.A.C.

Sedimentos:

Informes de ensayo: SAA-22/00373 y SAA-22/00391 emitidos por AGQ Perú S.A.C.

Informe de ensayo: 24918/2022 emitido por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología:

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 082-2022-OEFA/OTEC, 170-2022-OEFA/OTEC, 171-2022-OEFA/OTEC, 172-2022-OEFA/OTEC, 167-2022-OEFA/OTEC, 211-2022-OEFA/OTEC.

6.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en el reporte de campo N.º RC-021-2022-STECC, RC-022-2022-STECC y RC-038-2022-STECC.

6.5. Procesamiento de datos

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

Se realizó un análisis exploratorio y estructural de los datos de manera que se identificaron los valores extremos de las concentraciones, la distribución normal de las concentraciones o su normalización mediante transformaciones (logarítmicas, box-cox, entre otras), la evaluación de la distribución de las variables y su posible correlación¹⁶.

La presentación de las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo fue realizada según la interpolación espacial de *Kriging*, donde se observó la mayor concentración de TPH

¹⁶ Giraldo-Henao, R. 2002. Introducción a la geoestadística teórica y aplicada. Bogotá: Departamento estadística universidad nacional.



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

en relación con los puntos aledaños. Esta interpolación fue realizada para visualizar las concentraciones del TPH(C₆-C₄₀) y su alcance en la playa San Francisco.

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

6.6. Criterios de evaluación

La clasificación de la playa San Francisco 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 4. E3 «Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat. 4 E3) por ubicarse en la Zona Reservada de Ancón¹⁷. Por lo tanto, los resultados obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua vigente aprobado por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Referencialmente, se emplearon los ECA de la Categoría 2. C3 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» (en adelante Cat. 2 C3) y Categoría 1. B1 «Poblacional y Recreacional; Contacto Primario» (en adelante Cat. 1 B1) para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁸ que la categoría Cat.4 E3 no incluía (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 en zonas “blanco”: playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEAC, con asunto «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de Metales e Hidrocarburos de Petróleo en sedimento marino de las bahías de Lima y Huacho», aprobado el 9 de mayo de 2022.

17 Creada el 28 de noviembre del 2011, mediante la Resolución Ministerial N°275-2011-MINAM. <https://www.gob.pe/institucion/semanp/informes-publicaciones/1932980-zona-reservada-ancon>

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



«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»

En la Tabla 6.9 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal.

Tabla 6.9. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo

Componente	Parámetro		Unidad	ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Nivel de Fondo
				E3: Ecosistemas costeros y marinos	
				Zona Intermareal	
Agua Superficial de Mar	Aceites y grasas		mg/L	5,0	-
	TPH		mg/L	0,5	-
	TPH (Fracción aromática)		mg/L	0,1*	-
	BTEX	Benceno	mg/L	0,05	-
	PAH	Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	-
		Antraceno	mg/L	0,0004	-
		Fluoranteno	mg/L	0,001	-
	Metales Totales	Níquel	mg/L	0,082	-
Vanadio		mg/L	0,1**	-	
Sedimento	TPH (C ₆ -C ₄₀)		mg/kg PS	-	<0,30
	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs)	Acenafteno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Acenaftileno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo (a) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo (e) pireno	mg/kg PS	-	< 0,030
		Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Criseno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	-	< 0,0040
		Fenantreno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Fluoranteno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Fluoreno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	-	< 0,005
		Naftaleno	mg/kg PS	-	< 0,003
	Pireno	mg/kg PS	-	< 0,005	
	Metales Totales	Aluminio	mg/kg PS	-	7543
		Antimonio	mg/kg PS	-	0,06
		Arsénico	mg/kg PS	-	7,09
		Bario	mg/kg PS	-	15,8
		Berilio	mg/kg PS	-	0,21
		Boro	mg/kg PS	-	6,2
		Cadmio	mg/kg PS	-	0,11
		Calcio	mg/kg PS	-	14236
		Cobalto	mg/kg PS	-	3,71
Cobre		mg/kg PS	-	7,91	
Cromo		mg/kg PS	-	8,64	
Estaño	mg/kg PS	-	1,03		
Estroncio	mg/kg PS	-	54,77		
Fósforo	mg/kg PS	-	1159		
Hierro	mg/kg PS	-	12403		



«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 4: Conservación del ambiente acuático	Nivel de Fondo
			E3: Ecosistemas costeros y marinos	
Zona Intermareal				
	Litio	mg/kg PS	-	9,14
	Magnesio	mg/kg PS	-	4451
	Manganeso	mg/kg PS	-	185,5
	Mercurio	mg/kg PS	-	-
	Molibdeno	mg/kg PS	-	0,28
	Níquel	mg/kg PS	-	3,64
	Plomo	mg/kg PS	-	7,56
	Potasio	mg/kg PS	-	1007
	Selenio	mg/kg PS	-	1,79
	Sodio	mg/kg PS	-	2081
	Talio	mg/kg PS	-	0,04
	Titanio	mg/kg PS	-	507,7
	Vanadio	mg/kg PS	-	33,01
	Zinc	mg/kg PS	-	35,23

- No aplica

* Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras.

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

Para la evaluación hidrobiológica se 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).

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

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



«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»

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 calidad de agua superficial de mar y sedimento, en la zona intermareal realizada entre el 3, 6, 7 y 9 de abril de 2022 en la playa San Francisco. También se presentan los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos y de la población de *Emerita análoga* 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 playa San Francisco, se detallan en el Anexo 5 del informe de la EAC en la playa San Francisco.

Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa San Francisco, los valores del potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua 2017 Cat. 4 E3 y referencialmente con la Cat.2 C3 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,92 unidades de pH y 8,01 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 8,13 mg/L mayor a 4 mg/L y 3 mg/L establecido por el ECA en mención. La conductividad eléctrica estuvo entre 51 mS/cm y 51,2 mS/cm.

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

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	SFC-AS-1	06/04/2022	12:20	21,4	8,01	8,76	51,2
2	SFG-AS-1	06/04/2022	11:20	21,2	7,92	7,5	51
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat. 4 E3	-	6,8 - 8,5	≥ 4	-

Fuente: RC-038-2022-STE (Anexo 3 del informe de la EAC en la playa San Francisco)



«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»

Parámetros fisicoquímicos

Aceites y grasas

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua superficial de mar de la zona intermareal de la playa San Francisco reportó valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA para agua (2017) Cat.4 E3 (5,0 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo-TPH (C₆-C₄₀)

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃. En playa San Francisco se reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para Agua (2017), Cat.4 E3 (0,5 mg/L).

BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)

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

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)¹⁹ en agua de mar de la playa San Francisco, en los que se registraron valores menores a los límites de cuantificación analítico L.C.M. <0,00010 mg/L para cada uno de los compuestos en todos los puntos de muestreo.

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

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

Los resultados de fracción aromática de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de mar de la playa San Francisco registraron valores menores al límite de cuantificación <0,00180 mg/L (para el punto de muestreo, SFG-AS-1) y límite de cuantificación <0,004 mg/L (para el punto de muestreo, SFC-AS-1), cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.2 C3 (0,01 mg/L).

Metales totales

Se analizaron los valores de 32 metales totales, cumpliendo con los ECA para agua (2017) Cat.4 E3 en todos los puntos muestreados. Además, se incluyeron al níquel y vanadio para

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



«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»

su comparación con los ECA para agua (2017) de la Cat. 4 E3 y referencialmente con el ECA Cat. 1 B1 respectivamente, debido a considerarse parámetros de interés²⁰ para la evaluación.

La concentración de níquel (Ni) y vanadio (V) en las muestras colectadas de agua de mar de la playa San Francisco se encontraron por debajo del límite de cuantificación (<0,0004 mg/L y <0,0003 mg/L, respectivamente) en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3 y referencialmente de la Cat.1 B1 (Ni: 0,0082 mg/L y V: 0,1 mg/L respectivamente).

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

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 San Francisco reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en el punto de muestreo SFG-SD-2, con una concentración de TPH (C₆-C₄₀) de 25 mg/kg PS, superior al nivel de fondo (NF_{TPH}<0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH}<0,30 mg/kg).

Fracciones de hidrocarburos F₁, F₂ y F₃

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

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

Las concentraciones de la fracción F₂ y F₃ superaron los NF_{TPH} (<0,50 mg/kg) y NR_{TPH} (<0,50 mg/kg) en el punto de muestreo SFG-SD-2; mientras que, en SFG-SD-1 y SFG-SD-3, estas concentraciones estuvieron por debajo de los niveles de fondo NF y NR.

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 San Francisco. El punto de muestreo SFG-SD-2 superó los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio y a su vez superaron los NF y NR del fenantreno. Los resultados se detallan en la Tabla 7.2.

²⁰ Según información remitida por la DSEM del OEFA, sobre la caracterización del hidrocarburo realizada por REPSOL, el Anexo F, Tabla I, reporta los metales presentes en su composición: cadmio (1 ppb), calcio (0,8 ppm) cobre (0,7 ppm), fósforo (<5), hierro (1,2 ppm), níquel (6,9), plomo (1 ppm), silicio (<10 ppm), sodio (3,5 ppm) y vanadio (9,6 ppm).



«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 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal

Parámetro	Unidad	Punto de muestreo	Nivel de Fondo - NF	Nivel de Referencia - NR
		SFG-SD-2	(mg/kg)	(mg/kg)
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (e) pireno	mg/kg PS	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,008	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005

 Supera el nivel de fondo y nivel de referencia del 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 crudo²¹ por parte del administrado.

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo²¹ señalado. Del análisis, se reportó que los puntos de muestreo SFG-SD-1 y SFG-SD-2 presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF_{Ni}: 3,64 mg/kg); de manera similar, las concentraciones de vanadio en los puntos de muestreo SFG-SD-1 y SFG-SD-2 superaron los niveles de fondo (NF_V: 33,01 mg/kg), tal como se observa en la Tabla 7.3.

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

N.º	Metales Totales	Unidad	SFG-SD-1	SFG-SD-2	SFG-SD-3	Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	Nivel de Referencia - NR (mg/kg)
1	Cadmio Total	mg/kg PS	0,10789	0,11324	0,06496	0,11	0,21
2	Calcio Total	mg/kg PS	8934	6328	4 590	14236	25955
3	Cobre Total	mg/kg PS	8	8,2	7,6	7,91	11
4	Fósforo Total	mg/kg PS	1949	1274	846	1159	1815
5	Hierro Total	mg/kg PS	19590	11257	9216	12403	15396

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



«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 8 columns: N.º, Metales Totales, Unidad, SFG-SD-1, SFG-SD-2, SFG-SD-3, Nivel de Fondo - NF (mg/kg), Nivel de Referencia - NR (mg/kg). Rows include Nickel, Lead, Sodium, and Vanadium concentrations.

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

Granulometría

La granulometría fue evaluada con 1 muestra compuesta (SFG-SD-COM1) para caracterizar la playa San Francisco. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena con un 98,7 % en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural Arenosa en toda la playa.

7.1.3. Hidrobiológico

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

7.1.3.1. Análisis Poblacional de Emerita analoga

A. Distribución batimétrica

La distribución de la abundancia de Emerita analoga en el punto SF-2, inició su distribución a los 35 m de distancia de la línea de acarreo, con una abundancia de 2,0 ind/0,028 m², y culminando en los 45 m con 21,0 ind/0,028 m² (Figura 7.1).

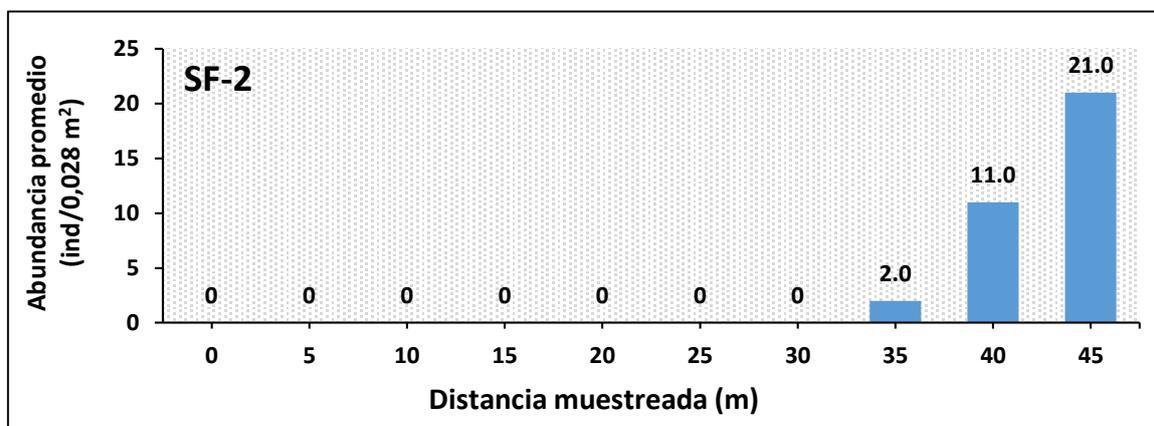


Figura 7.1. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de E. analoga en el punto evaluado en la playa San Francisco



«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»

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa para el punto SF-2; con valores de 0,6 g/0,028 m² a partir de los 35 m de distancia y culminando en los 45 m con una biomasa promedio de 10,6 g/0,028 m² (Figura 7.2).

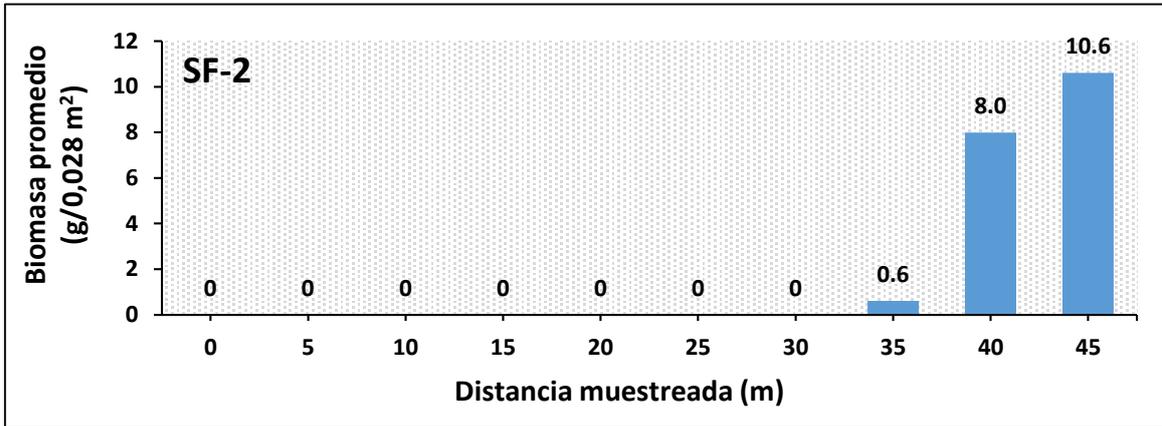


Figura 7.2. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en la playa San Francisco

B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en playa San Francisco muestra solo un grupo de tallas definida cuyos valores oscilan entre 8 y 16 mm, teniendo la mayor frecuencia de longitud de cefalotórax en valores de 10 y 13 mm, para luego distribuirse en longitudes mayores de forma discontinua (Figura 7.3).

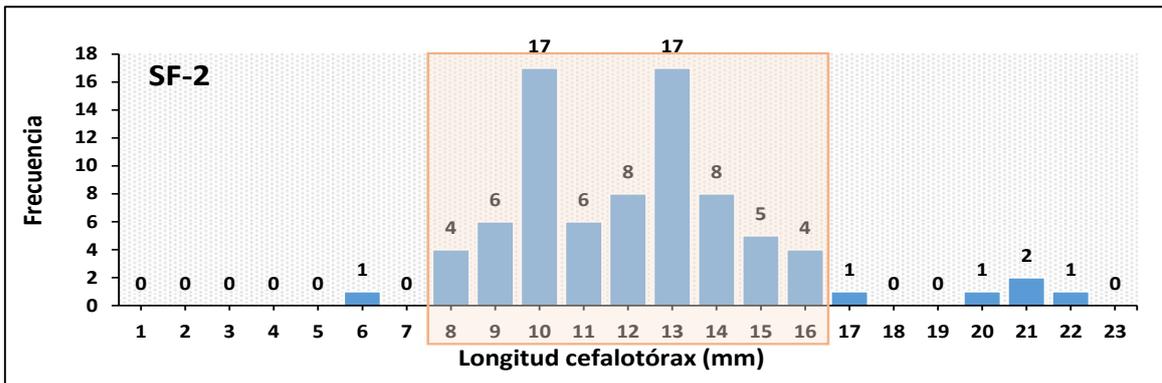


Figura 7.3. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en la playa San Francisco

C. Proporción de sexos

La proporción por sexos y estadios de *E. analoga* en playa San Francisco muestra predominancia de machos alcanzando un porcentaje de 87,7%; seguido de hembras ovígeras con 8,6%; la menor proporción lo obtuvo las hembras con 3,7%, no se registró juveniles este punto de muestreo (Figura 7.4).

«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»

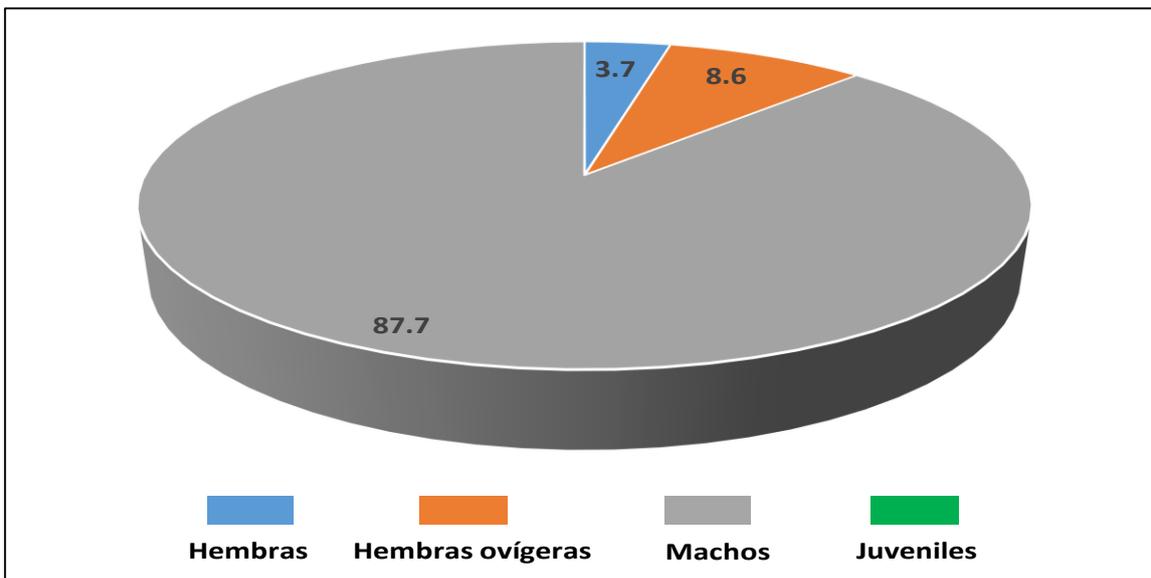


Figura 7.4. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado en Playa San Francisco

7.1.3.2. Análisis comunitario

Los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa de playa San Francisco, muestra la existencia de 58 especies en total para ambos puntos de muestreo (SF-R1, SF-R3), para la zona mediolitoral de la orilla rocosa. Donde los grupos predominantes fueron los moluscos con 21 especies, seguido de Anélidos con 18, Artrópodos con 9, Cnidaria con 2, Cnidarios, Equinodermos, Platelminthes, Braquiópodos y Nemertinos, cada uno con 1 especie; asimismo, el grupo de macroalgas (Rhodophyta y Chlorophyta) en conjunto registró 4 especies (Figura 7.5).

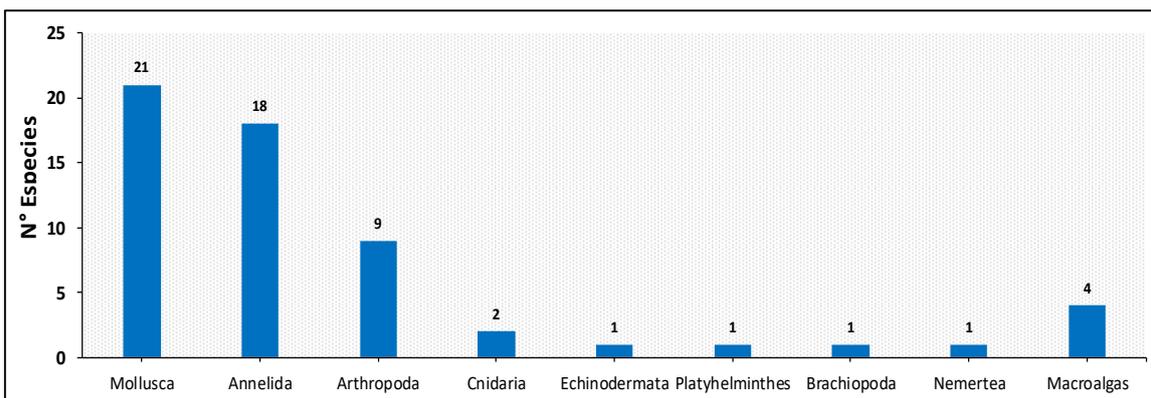


Figura 7.5. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa San Francisco

Por otro lado, el resultado por cada punto evaluado (SF-R1 y SF-R3) presentó un total de 44 especies en cada punto (acumulado de los 3 transectos). En cada punto los grupos dominantes fueron los moluscos y anélidos con ligeras diferencias, seguido de los artrópodos.

«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»

En general, ambos puntos presentan patrones de distribución de especies por grupos taxonómicos, muy parecidos (Figura 7.6).

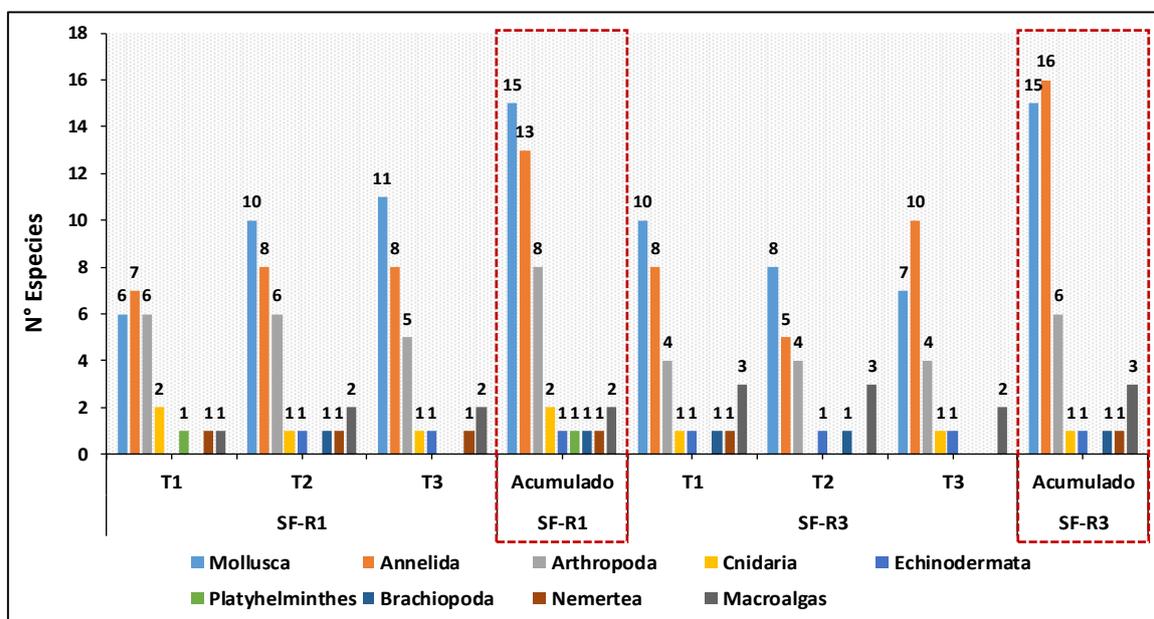


Figura 7.6. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa San Francisco

7.1.4. Superficie de litoral

Fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)

Resultado del estudio fotogramétrico con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) en el periodo evaluado del 26 de marzo al 6 de abril, en la zona marino-costera del segmento E-01²² (dividido desde E-01-A hasta E-01-B) que corresponden a la playa San Francisco, 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 7.

El reporte de resultados N.º RR-007-2022-STECS 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.º 2 de la refinería La Pampilla ocurrido los días 15 y 24 de enero de 2022, se encuentran en el Anexo 8.

22 El segmento de E-01 se ubica entre los puntos E-01-A (260500, 8698110) hasta E-01-B (261670, 8697605).



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

7.2. Zona submareal

7.2.1. Hidrobiología

En el caso de la evaluación hidrobiológica submareal que corresponde a la comunidad de megabentos, se evaluó dos puntos (SF-S1 y SF-S2), se pudo verificar que el fondo presenta un tipo de sedimento compuesto al 100 % de arena, en las 8 réplicas evaluadas a lo largo del transecto. En el punto de muestreo SF-S1, se registró solo a *Nassarius dentifer* con 6,5 ind/1 m². La mayor abundancia lo presentó el punto SF-S2 con 57,5 ind/1 m² atribuido al *Nassarius dentifer*, seguido del Ophiuroidea con 15,0 ind/1 m²; las especies *Hepatus Chilensis* y *Cancer porteri* obtuvieron menor abundancia con 0.5 ind/1 m² en ambos casos. (Figura 7.7)

Estas condiciones estarían principalmente condicionadas por el tipo de sustrato del fondo marino frente a playa San Francisco, donde la predominancia de arena favorece la presencia de las especies registradas.

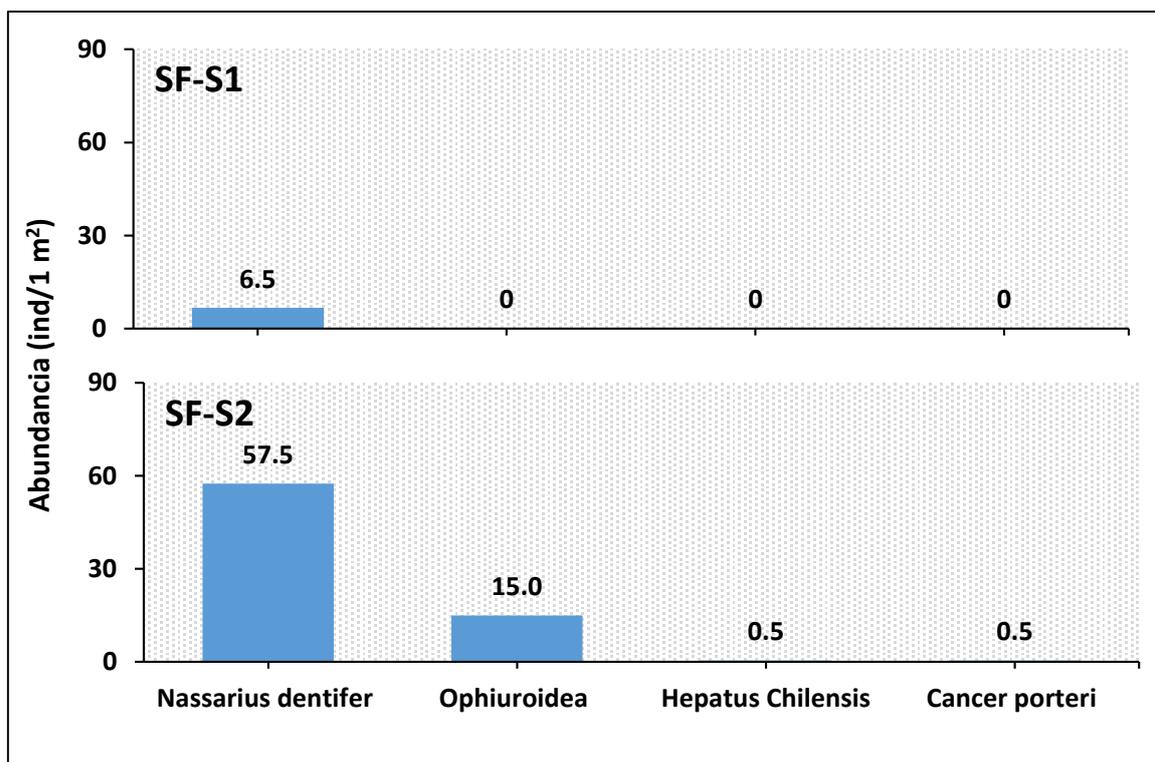


Figura 7.7 Abundancia de especies de megabentos en la playa San Francisco

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) de la playa San Francisco, 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 San Francisco, considerando el ambiente intermareal. Los componentes físicos evaluados fueron agua de mar superficial y sedimento; mediante muestreos en

«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»

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:

La zona intermareal según su extensión a partir de la línea de la costa según los segmentos E-01 (E-01-A hasta E-01-B)²³ indicados por el administrado^{24, 25}. 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 San Francisco.

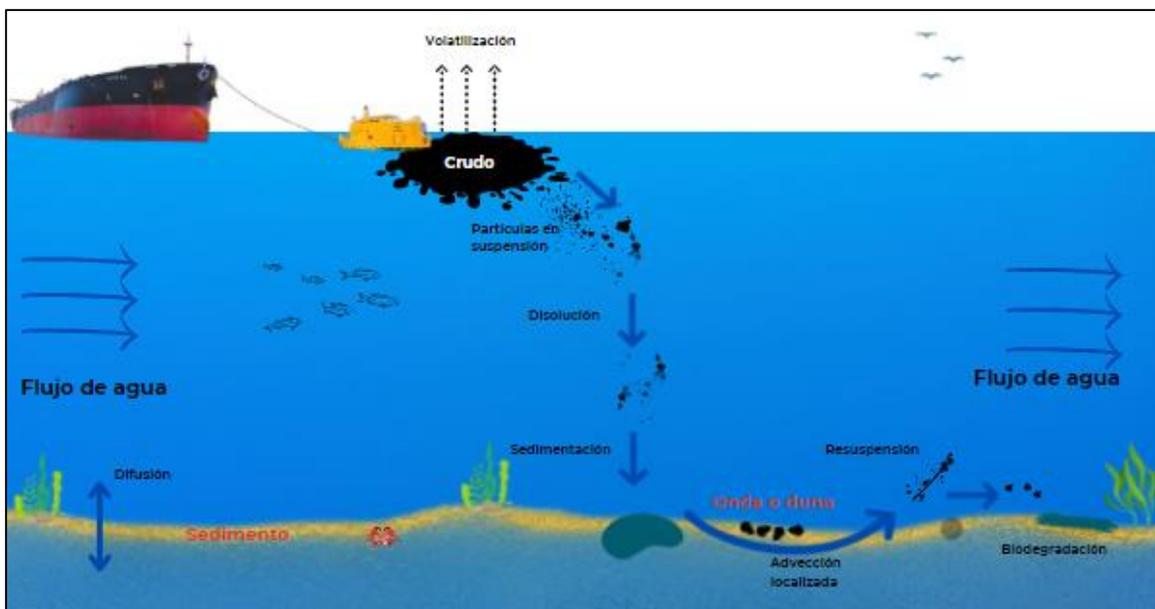


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino-playa San Francisco

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

La zona intermareal se ubica entre la línea de mareas más alta y la línea de marea más baja; 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).

23 El segmento de E-01 se ubica desde E-01-A (260500, 8698110); E-01-B (261670, 8697605).

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

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



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

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

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

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

En el ambiente submareal se considera una distancia perpendicular a la línea de orilla del ambiente intermareal de 500 metros de acuerdo con la clasificación de ANA²⁶, sin embargo, se considera puntos fuera de dicha zona con la finalidad de evaluar posibles fuentes de contaminación asociados al hidrocarburo.

8.1. Zona Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar se evaluaron 2 puntos de muestreo, cuyos resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y referencialmente con la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación-Contacto primario» y «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras ». Estas últimas se emplearon de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Metales Totales (Vanadio) e Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), respectivamente.

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH próximo al neutro (7,92 y 8,01 unidades de pH), conductividad eléctrica (51,10 mS/cm en promedio), temperatura (21,3 °C en promedio) y oxígeno disuelto (8,13 mg/L en promedio) mayor a 4 mg/L establecido por el ECA. Los valores medidos de unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat. 4 E3, en los dos puntos de muestreo, tal como se indica en la Tabla 7.1 de la sección de Resultados. La condición oxigenada del agua en la playa estaría relacionada a la gran cantidad de macroalgas observada durante el muestreo de agua.

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

Para Metales totales, los resultados mostraron, que 25 de los 32 metales analizados presentaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.4 E3 y referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.1

²⁶ Clasificación del cuerpo de agua marino – costero, aprobado mediante RJ N.º 030-2016-ANA

«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»

B1. El níquel y vanadio (parámetros de interés²⁷), cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.4 E3 y Cat.1 B1, respectivamente; debido a registrarse en concentraciones menores al ECA o al L.C.M. Particularmente, el boro superó referencialmente el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) y Cat.2 C2 (5 mg/L) en 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 San Francisco).

Para 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 área²⁸, que fue construida a partir de los segmentos de playa remitidos por Relapasaa²⁹, obteniéndose 3 puntos de muestreo. Los resultados obtenidos para Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) y sus fracciones F₁ (C₆-C₁₀), F₂ (C₁₀-C₂₈) y F₃ (C₂₈-C₄₀), HAPs, y Metales Totales fueron comparados con los niveles de fondo³⁰ determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Se identificó, según el análisis granulométrico realizado en 1 muestra compósito, que el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (> 98,7%) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa y estructura de grano simple y de coloración gris, los cuales caracterizan a San Francisco como una playa arenosa con buena capacidad de drenaje e infiltración, plana con baja pendiente (0 – 2%).



Figura 8.2. Entorno de la ubicación del punto SFG-SD-2 en la zona central de la playa denominada San Francisco Grande

²⁷ 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).

²⁸ Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEAC e Informe N.º 00057-2022-OEFA/DEAM-STEAC «Precisiones al plan de evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el terminal Multiboyas N.º 2 de la refinería La Pampilla, ocurrido el 15 y 24 de enero 2022».

²⁹ Carta N.º RLP-GSCMA-155-2022 de fecha 15 de febrero de 2022

³⁰ De acuerdo al Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEAC «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de Metales e Hidrocarburos de Petróleo en Sedimento Marino de las Bahías de Lima y Huacho» (Anexo N.º 6 del informe de la EAC en la playa San Francisco)



«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»

En el punto de muestreo SFG-SD-2 se registró TPH (C₆-C₄₀) en una concentración de 25 mg/kg, que superó el NF_{TPH}: <0,30 mg/kg y NR_{TPH}: <0,30 mg/kg. Así también, la fracción F₂ (C₁₀-C₂₈) de cadena carbonada intermedia y la fracción F₃ (C₂₈-C₄₀) de cadena carbonada larga superaron los NF_{TPH F2}: < 5,00 mg/kg y NF_{TPH F3}: < 5,00 mg/kg en este punto. La composición de hidrocarburos F₁ estuvo por debajo del límite de cuantificación (L.C.M.<0,30 mg/kg) en los puntos de muestreo, por lo tanto, debajo de los NF_{TPH} < 0,30 mg/kg y NR_{TPH} < 0,30 mg/kg. Los otros 2 puntos (SFG-SD-1 y SFG-SD-3) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico (L.C.M: <0,30 mg/kg) y al NF_{TPH} y NR_{TPH} establecido.

Según un ajuste de inferencia espacial *Kriging* realizado con base a los resultados reportados se permitió visualizar el alcance de la distribución de las concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) en el área muestreada, lo cual mostró mayores concentraciones en la zona media del área evaluada (Figura 8.3).

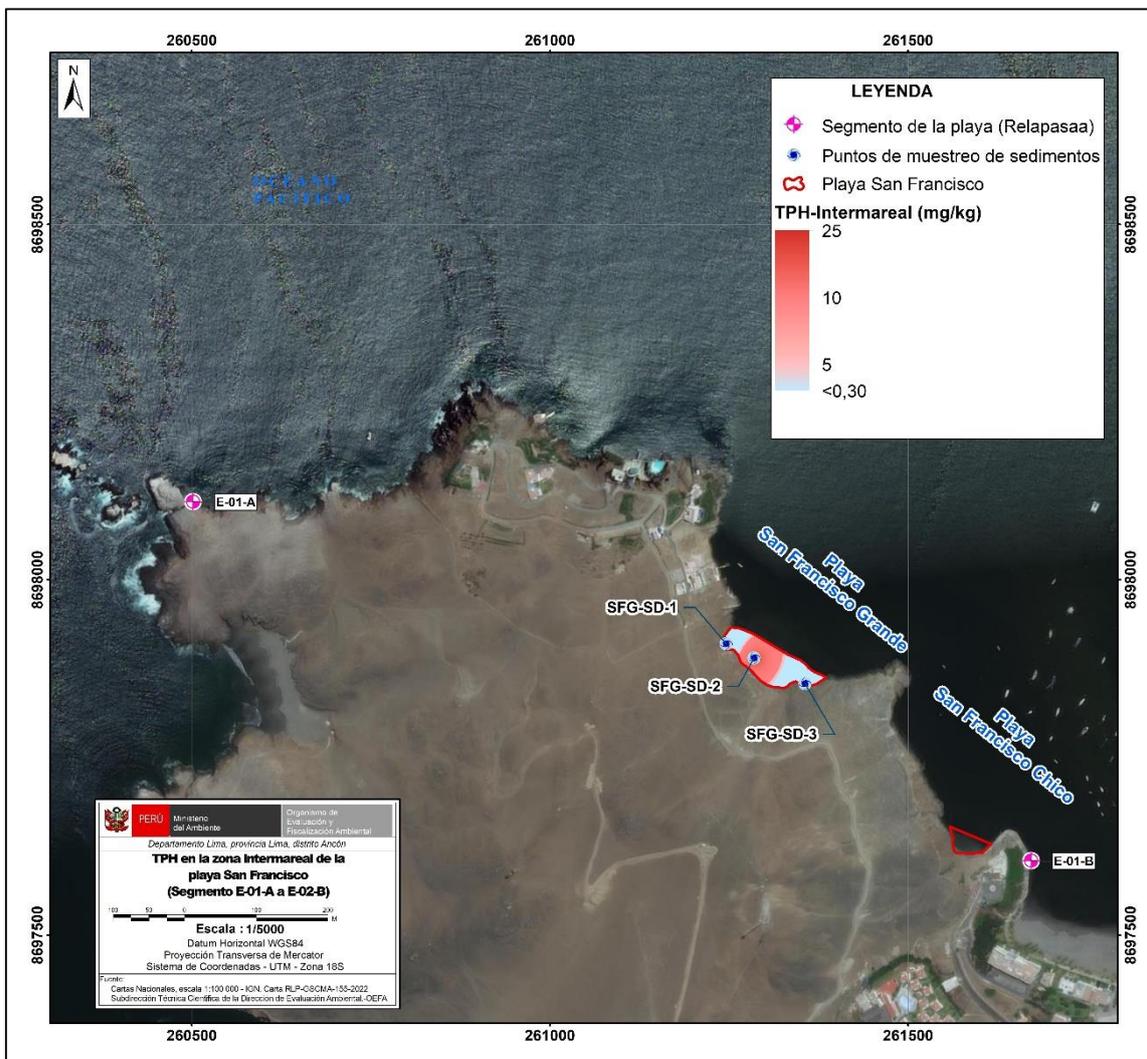


Figura 8.3. Distribución de TPH C₆-C₄₀ en la playa San Francisco y el alcance aproximado.

«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 Figura 8.4, elaborada también con base al ajuste *Kriging* antes señalado, muestra el alcance aproximado del área impactada que corresponde a la zona central de la playa San Francisco Grande, donde se observa que de las 0,57 ha evaluadas, aproximadamente 0,28 ha presentaron concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superan el nivel de fondo (NF_{TPH}<0,30 mg/kg) en sedimento (arena de playa).

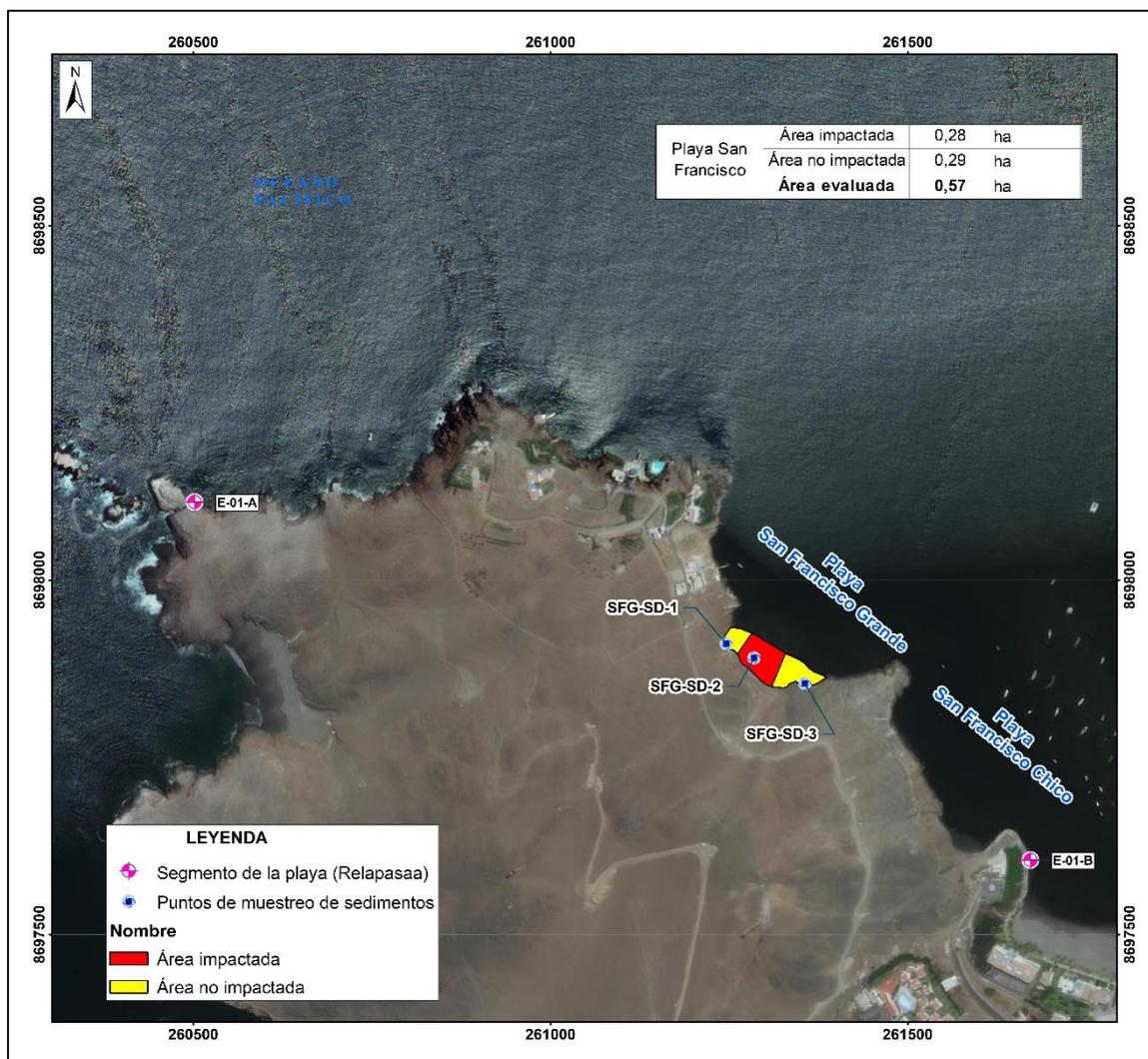


Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa San Francisco

Considerando las evaluaciones realizadas por el OEFA desde enero de 2022: evaluación ambiental focal (EAF)³¹, evaluación ambiental de seguimiento (EAS)³², acciones realizadas

31 INFORME N.°00026-2022-OEFA/DEAM-STE. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

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



«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 la presente evaluación; se registraron concentraciones de TPH C6-C40, fracción F2 (TPH C10-C28) y fracción F3 (TPH C20-C40) en sedimento intermareal que superaron los niveles de fondo establecidos durante la EAF realizada en enero y la presente evaluación de causalidad del mes de marzo.

Según la Figura 8.5, la playa San Francisco registró concentraciones de TPH (C6-C40) y sus fracciones F2 y F3 fueron tanto en la EAF (enero 2022) y en la presente evaluación (EAC) en el mes marzo con un valor ligeramente mayor con respecto a lo registrado en la EAF a más de 2 meses del primer derrame. Dichos resultados reflejan que la playa aún presenta prevalencia del contaminante, y la diferencia en los resultados obtenidos en las evaluaciones se debería a la ubicación del punto para su colecta (al margen de ubicarse en el segmento E-01-A hasta E-01-B33) y a la heterogeneidad del componente ambiental (arena de playa) que se refleja en la distribución heterogénea del contaminante.

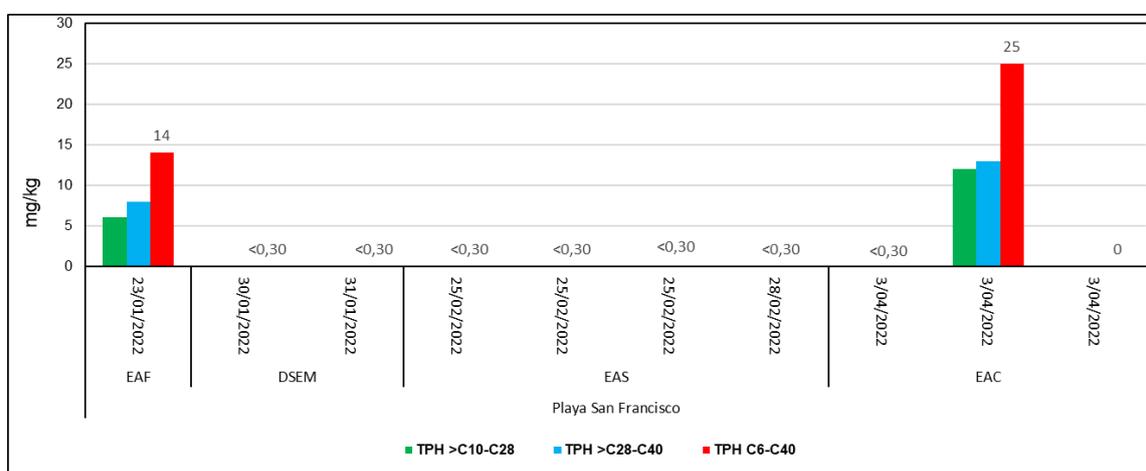


Figura 8.5. Resultados de las evaluaciones EAF, EAS, acciones de la DSEM y EAC para concentraciones de TPH (C6-C40) en sedimento intermareal en la playa San Francisco

De los resultados encontrados se observa prevalencia de hidrocarburos de cadena media y de cadena larga (F2 y F3) y que por su naturaleza orgánica la fracción F1 livianos en el intervalo de C6 - C16 (Payne, et al. 1991), son rápidamente transformados y utilizados como nutrientes por la microbiota (por lo cual no fue detectado por los métodos analíticos empleados); y los componentes más complejos (fracciones F2 y F3) van siendo atenuados progresivamente por procesos degradativos en el medio natural reduciendo directa o indirectamente las concentraciones (Corona-Ramírez, 2004) a 2 meses aproximadamente del momento de ocurrencia del derrame en el Terminal Multiboyas 2; sin embargo, aún se tienen hidrocarburos en concentraciones superiores al nivel de fondo establecido.

En el punto de muestreo SFG-SD-2 se registró el Hidrocarburo Policíclico Aromático (HAP) Fenantreno con una concentración de (0,008 mg/kg) que superó el NF y NR (<0,005), tal como se detalló en la Tabla 7.2 del ítem Resultados. Dicho parámetro estaría asociado al crudo

permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.

33 El segmento de E-08 se ubica entre E-01-A (260500, 8698110) hasta E-01-B (261670, 8697605). Según carta RLP-GSCMA-155-2022.



«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»

debido a que el punto en mención presentó TPH (C₆-C₄₀) en concentraciones que superó el NF y NR (Ver Anexo 5). La presencia de fenantreno, entre otros HAPs como criseno, benzo(a) pireno y naftaleno indica que tiene un origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001).

Por otro lado, se analizaron 30 metales en todos los puntos muestreados; sin embargo, se enfatizó la comparación del cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio con los NF y NR debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación en función de la caracterización del crudo³⁴ por parte del administrado, tal como se muestra en la Tabla 8.1. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

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

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

Fuente: REPSOL S.A.A.

De los resultados obtenidos se observa que las concentraciones del níquel y vanadio presentaron concentraciones que superaron los niveles de fondo (NF_{Ni} = 3,64 mg/kg; NF_V = 33,01 mg/k) en los puntos de muestreo SFG-SD-1 y SFG-SD-2, tal como se indica en el ítem Resultados y el Anexo N. ° 5 del informe de la EAC en la playa San Francisco.

Considerando los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1, se identificó que los metales cadmio, cobre, fósforo³⁵, hierro, plomo, sodio, 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 y presentar tales concentraciones al margen de la presencia detectable de TPH (C₆-C₄₀) en los puntos muestreados (ver Anexo N. ° 5 del informe de la EAC en la playa San Francisco); 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 San Francisco 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. análoga*.

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

³⁵ Elemento no metálico que se incluye en el grupo de metales analizados para la presente evaluación.



«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»

Referente a los patrones de distribución se registró un aumento de individuos hacia las mayores distancias tanto en puntos blancos como en el punto SF-2 (Figura 8.6). Asimismo, estos patrones de distribución de la abundancia, son semejantes a los registrados previamente por Tarazona et al. (1986) y Sánchez (1988).

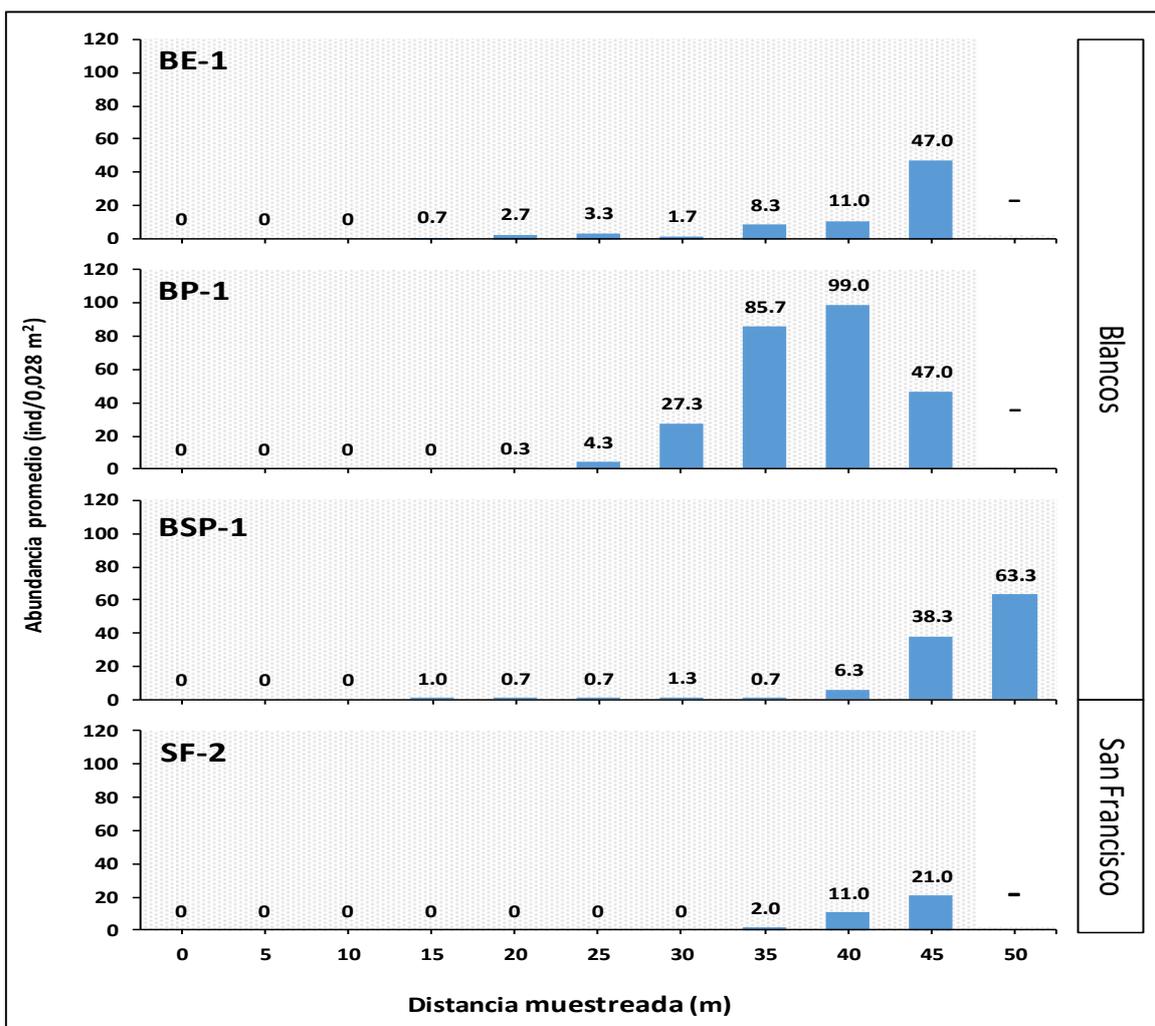


Figura 8.6. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en playa San Francisco comparado con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra al punto SF-2 con menores abundancias en comparación a los puntos de las playas blanco (Figura 8.7), condición que estaría explicada por poca presencia de individuos de mayores tallas, tal como se aprecia en la frecuencia de tallas (Figura 8.8); considerándose así, que la distribución de la biomasa en esta playa se presenta sin perturbación de agentes externos.



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

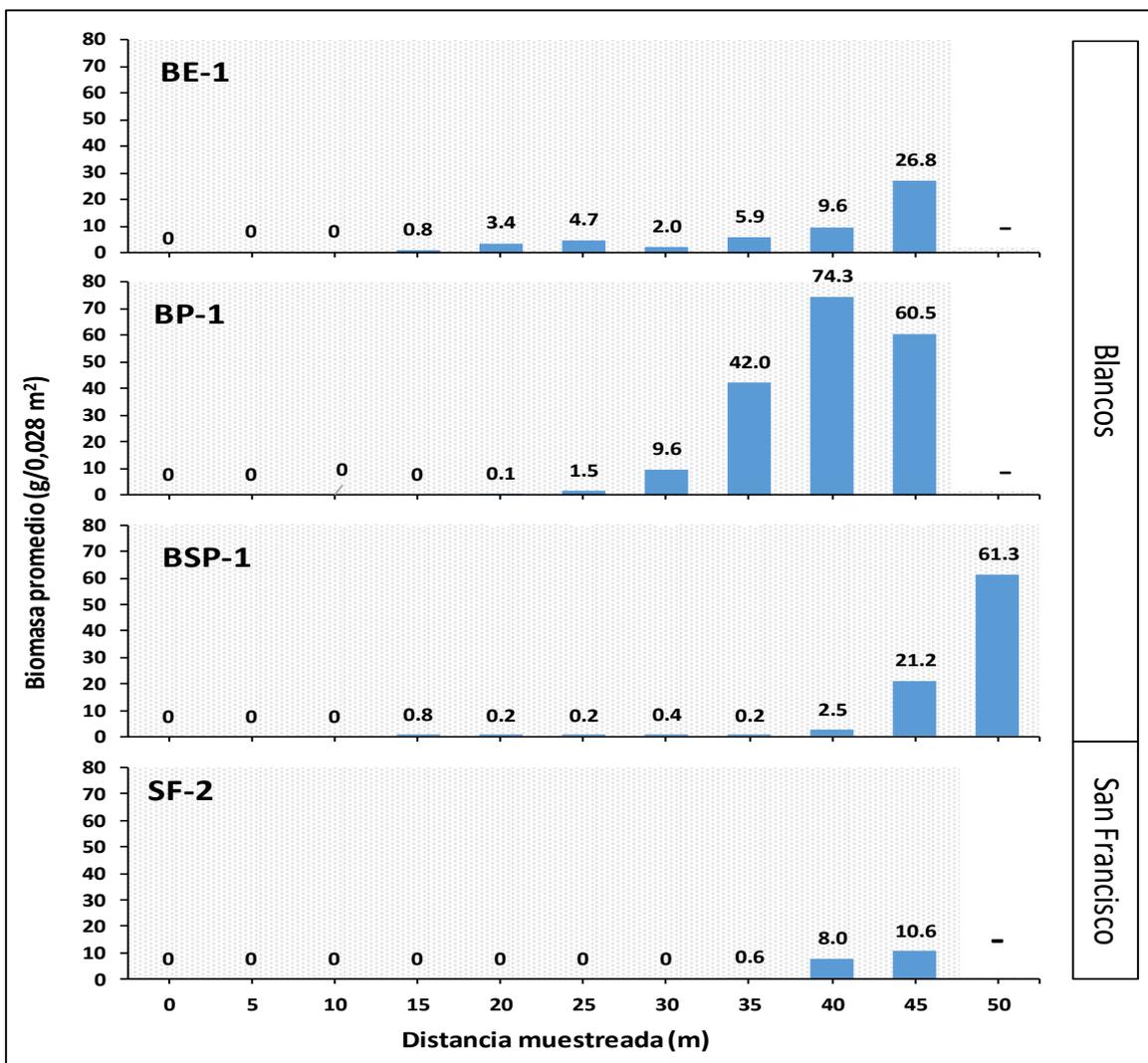


Figura 8.7. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la frecuencia de tallas, se puede apreciar que, en playa San Francisco se evidencia un ligero grupos de tallas al ser contrastado con los puntos blanco. Se verifica un desfase en el primer grupo de tallas encontrados tanto para playa San Francisco y los blancos (Figura 8.8), sin embargo, esta condición se debería a diferencias en las cohortes de las poblaciones de cada playa.



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

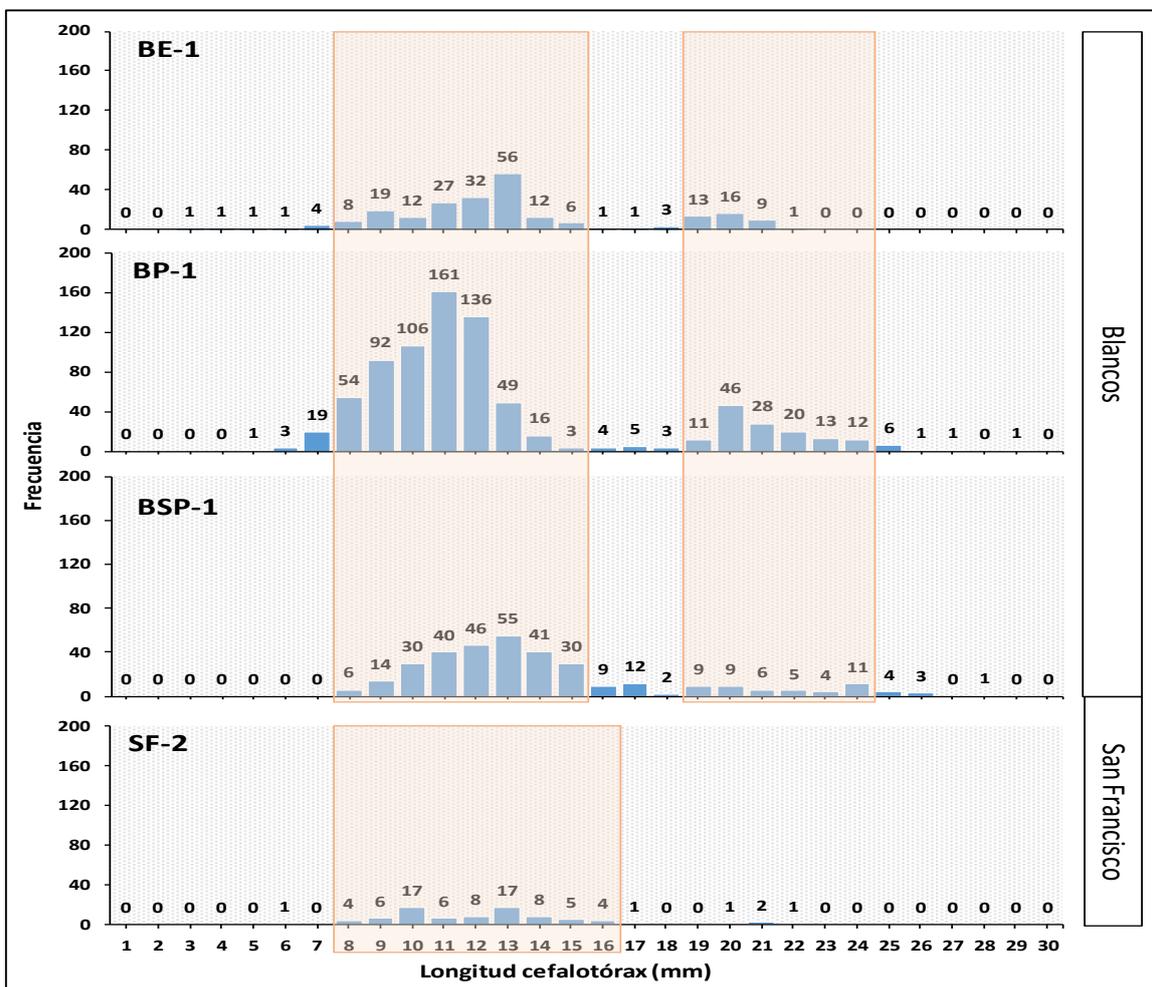


Figura 8.8. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto de muestreo de playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, existe una predominancia de machos en playa San Francisco con 87,7% del total de individuos colectados; para el caso de hembras ovígeras se registró valores en un rango entre 8,6% a 17,7% para todos los puntos de muestreo comparados, el estadio hembra se registró en menor proporción en el punto SF-2 respecto a las playas blanco con un valor de 3,7%; no se registraron estadios juveniles en SF-2 (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»

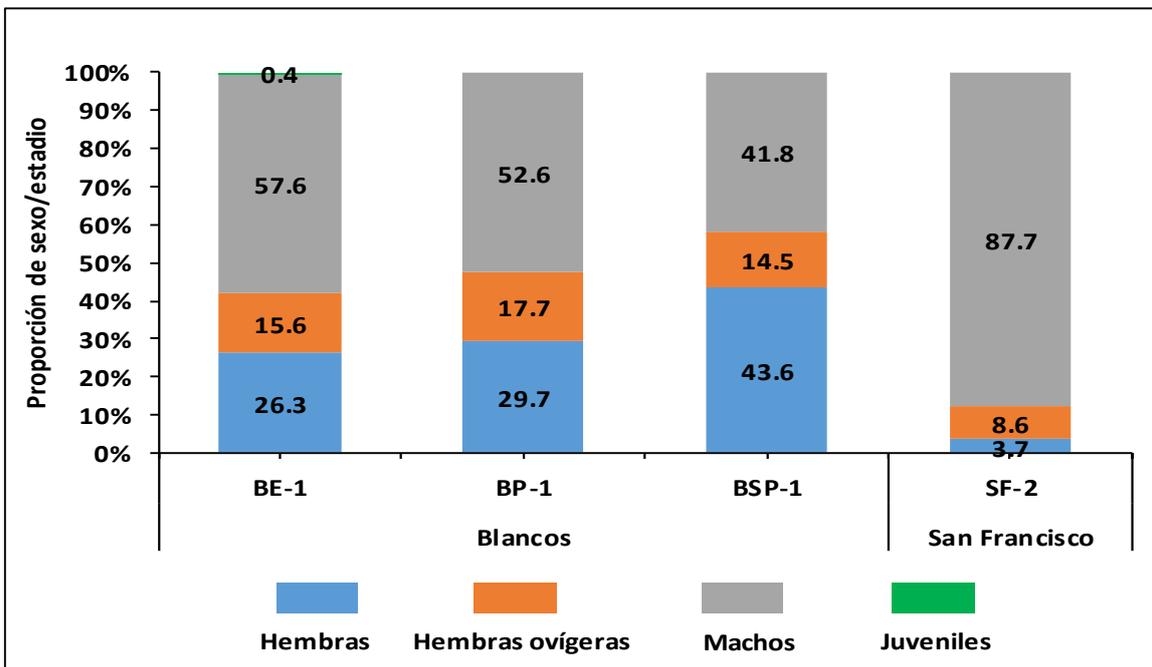


Figura 8.9. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado de playa San Francisco comparados con los puntos de las playas blanco.

Un detalle muy importante registrado durante el muestreo fue la presencia de macroalgas a lo largo de toda la playa, algas que cubrían gran parte de los transectos muestreados, y disminuían hacia las zonas más profundas, donde a su vez las algas flotaban y tenía menos interacción con el fondo (Figura 8.10). Este aspecto es muy importante, debido a que las algas posadas sobre el sustrato generan una barrera que evita la interacción del agua y el sustrato, limitando la oxigenación del fondo arenoso; asimismo, las algas en flotación, evitan el ingreso de la luz en la columna de agua. Finalmente, las algas varadas, son una fuente muy importante de aporte orgánico, propiciando fondos hipóxicos poco apropiados para los organismos bentónicos.



«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. Vista panorámica de playa San Francisco mostrando la presencia de macroalgas a lo largo de la playa.

En cuanto a la evaluación hidrobiológica en las playas arenosas, se puede afirmar que no existen evidencias de cambios significativos de la estructura poblacional de *E. analoga* en playa San Francisco comparados con las playas blanco evaluadas. Considerando a la presencia de macroalgas como posible causa del desplazamiento de *E. analoga* hacia zona más profundas.

Respecto a la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, la comparación de los resultados de playa San Francisco con los puntos blanco de La Herradura (BrP-1) y Cocoy (BrE-1 y BrSP-1), se puede verificar que existen diferencias en el número de especies, donde los puntos blanco registran 62, 63 y 50 especies, respectivamente, y una cantidad menor en los puntos de San Francisco con 44 especies en cada punto (SF-R1 y SF-R3); Sin embargo, considerando el total de especies en San Francisco se registra en 58. Por lo tanto, se puede considerar que estas diferencias no son significativas entre ambos grupos (San Francisco y blancos). Asimismo, los grupos taxonómicos representativos, tanto para san Francisco como para las playas blanco, son casi los mismos (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, nemertinos, macroalgas, equinodermos, braquiópodos, platelmintos), con el grupo de poríferos como un grupo adicional registrado en las playas blanco (Figura 8.10).

Finalmente, los resultados de los puntos blancos y de playa San Francisco 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.



«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»

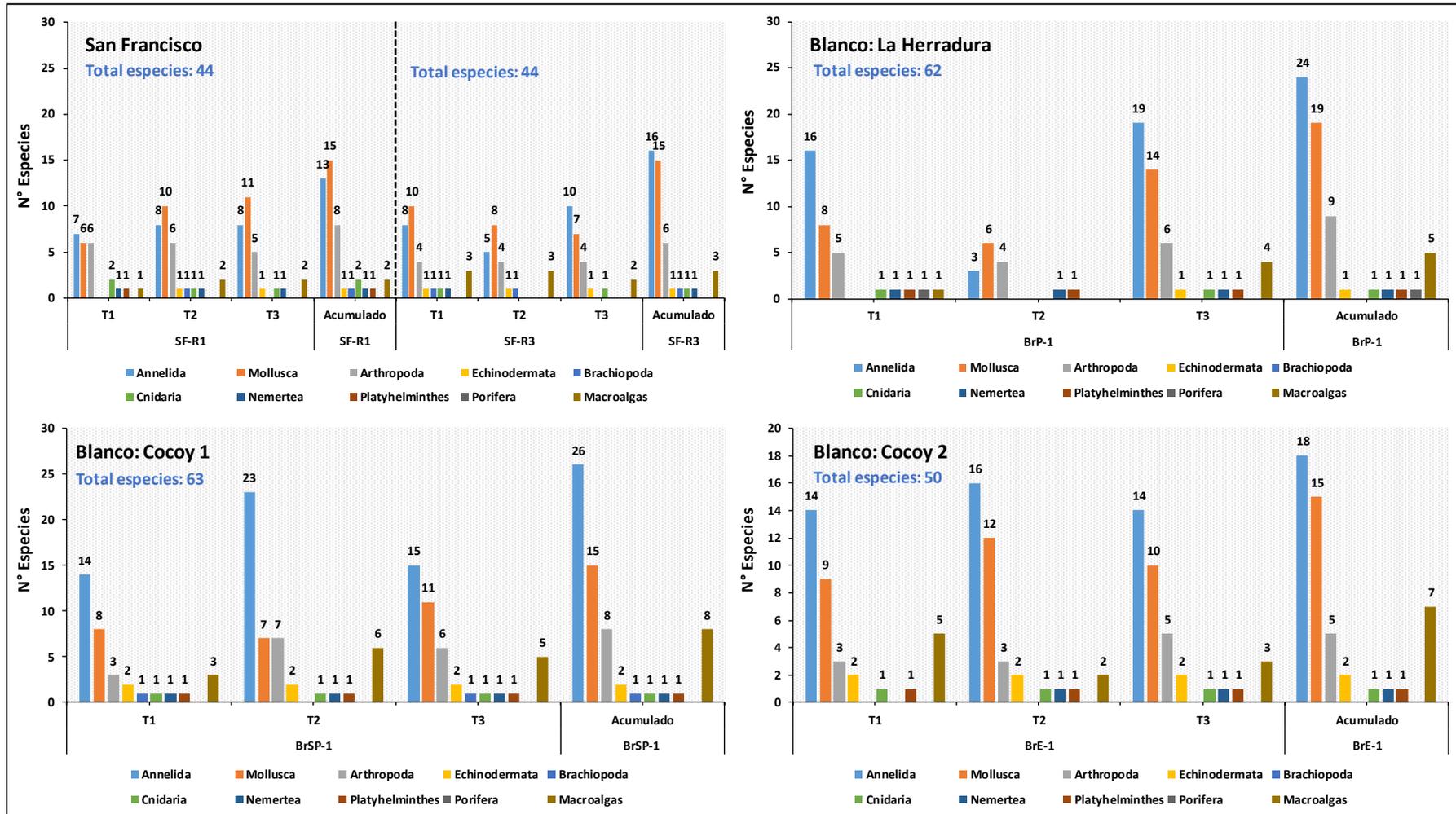


Figura 8.11. Comparación de la riqueza de especies de San Francisco comparado con los puntos blanco



8.2. Ambiente Submareal

Respecto a la comunidad de megabentos, comparando los resultados obtenidos en los puntos ubicados frente a playa San Francisco con los puntos blancos, se registra que *Nassarius dentifer* es la especie más frecuente en los puntos de muestreo (San Francisco y blancos), con la mayor abundancia en la playa San Francisco (SF-S2) con 57,5 ind/1 m². En el caso de los puntos blancos la especie más abundante fue Ophiuroidea, con 100 y 250 ind/1 m² en los puntos BrP-S1 y BP-S1, respectivamente. Se evidencia que existe alternancia en la dominancia de especies, registrándose en ambos casos (blancos y San Francisco) especies típicas de fondos de arena. (Figura 8.12)

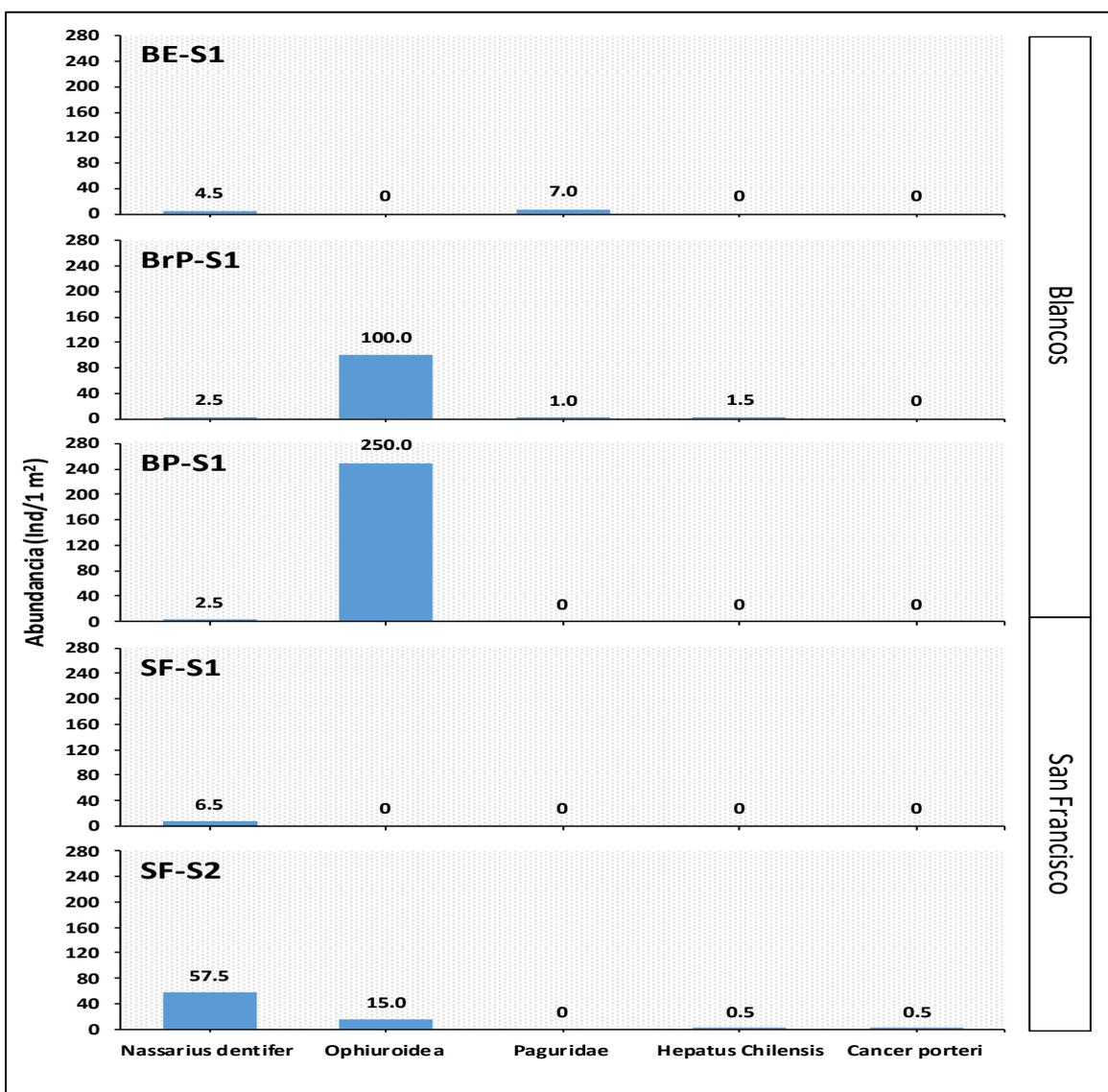


Figura 8.12. Abundancia de especies de megabentos en la playa San Francisco comparado con los puntos blancos (playa La Encantada, La Herradura y Cocoy)



«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»

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en la **playa San Francisco** asociada al **segmento desde E-01-A hasta E-01-B**, afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del D.S. 005-2021-EM «*En caso que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder...*», se evidenció superación de del nivel de fondo de TPH y HAPs, donde de las 0,57 ha evaluadas se determinó un área afectada de aproximadamente 0,28 ha que presentaron concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superan el nivel de fondo (NF_{TPH}<0,30 mg/kg); así como, no existe afectación y alteración en las poblaciones de *Emerita análoga*, comunidad de macrobentos y megabentos durante la evaluación realizada entre 3, 6, 7 y 9 de abril del 2022.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en zona intermareal 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 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y referencialmente la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación-Contacto primario» y «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras » para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Para Metales totales, los 32 metales analizados cumplieron con los ECA Agua Cat.4 E3 y excepcionalmente el boro superó referencialmente los ECA Agua Cat.1 B1 y Cat.2 C2 Cat.4 E3 en los 2 puntos de muestreo, cuya presencia no tendría una relación con la actividad evaluada.
- La evaluación de la calidad del sedimento (arena de playa) en el ambiente intermareal determinó que el punto de muestreo SFG-SD-2 superó las concentraciones de los Niveles de Fondo (<0,30 mg/kg) y Niveles de Referencia (<0,30 mg/kg) para Hidrocarburos Totales del Petróleo TPH(C₆-C₄₀), así como el Hidrocarburo Aromático Policíclico (HAP) Fenantreno en concentración que superó los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia, cuya presencia estaría relacionada al derrame de hidrocarburos.
- En sedimento (arena de playa), se superaron los Niveles de Fondo para 8 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; cuyas concentraciones resultaron próximos a los valores de NF establecidos en los 3 puntos de muestreo. 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 la zona.



«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»

- No existen evidencias de alteraciones o cambios negativos de la comunidad de macrobentos y de la población de *E. analoga* en el ambiente intermareal de playa San Francisco, ni de la comunidad de megabentos en el ambiente submareal frente a esta misma playa.

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.
- 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.
- Ibanez-Erquiaga B, Pacheco AS, Rivadeneira MM, Tejada CL. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). PLOS ONE 13: e0208244 DOI 10.1371/journal.pone.0208244.
- Karleskint, G., R. Turner y J. Small. 2009. Introduction to Marine Biology, 3a edición, editorial Brooks/Cole, Belmont Canada, 581 pp.
- Keramea, P.; Spanoudaki, K.; Zodiatis, G.; Gikas, G.; Sylaios, G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives and Challenges. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>.
- Kerr J.M., McMillen S.J., Magaw R.I., Melton H.R y Naughton G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydro carbons. The petroleum Environmental Research Forum, USA.



«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»

- Menge, B. A. y G. M. Branch. 2001. Rocky intertidal communities. Capítulo 9 In: Bertness, M. D., S. D. Gaines, M. E. Hay (eds) Marine community ecology. Sunderland; Sinauer Associates, pág 221-251.
- McCarthy, K. J., Uhler, A. D., & Stout, S. A. (1998). Weathering affects petroleum identification. Soil and Groundwater Cleanup, Aug/Sept. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú.
- 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.
- Payne, J. R., Clayton, J. R., McNabb, G. D. & Kirstein, B. E. (1991). Exxon Valdez oil weathering fate and behavior: Model predictions and field observations. *Proceeding of the 1991 Oil Spill Conference*, 641-654. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú.
- Sánchez G. (1988). Algunos aspectos bio-icologicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57(7):573–583 DOI 10.1641/B570707.
- Tarazona J., Paredes C., Igreda M., (1986). Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. *Revista de ciencias de U.N.M.SM.* Vol. 94, N° 1. Pp 103 -116.