

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

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:



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

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
4. ÁREA DE ESTUDIO	4
5. MODELO CONCEPTUAL	5
6. METODOLOGÍA.....	6
6.1. Guías utilizadas para la evaluación	6
6.2. Ubicación de puntos de muestreo.....	8
6.3. Parámetros y métodos de análisis	13
6.4. Equipos utilizados	14
6.5. Procesamiento de datos.....	15
6.6. Criterios de evaluación.....	15
7. RESULTADOS	18
7.1. Agua superficial de mar.....	18
7.2. Sedimento (arena de playa)	20
7.3. Identificación de focos de contaminación	24
7.4. Hidrobiología	25
7.4.1. Análisis comunitario	25
8. DISCUSIÓN.....	27
9. CONCLUSIONES.....	43
10. RECOMENDACIONES	45
11. BIBLIOGRAFÍA	45



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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados	6
Tabla 6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Infantería	11
Tabla 6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de arena en la zona intermareal de la playa Infantería	12
Tabla 6.4. Ubicación del punto de verificación en orilla rocosa para la identificación de focos potenciales de contaminación en la playa Infantería	12
Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos en la zona intermareal de la playa Infantería	12
Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco)	13
Tabla 6.7. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos (arena de playa) e hidrobiología	13
Tabla 6.8. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo de las zonas blanco	16
Tabla 7.1. Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Infantería	19
Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería	23
Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) de la Infantería	24
Tabla 7.4. Clasificación según nivel de evidencia de focos potenciales	25
Tabla 8.1. Características del petróleo crudo derramado - Refinería La Pampilla	36
Tabla 8.2. Descripción del foco potencial de contaminación identificado en la playa Infantería	37
Tabla 8.3. Mecanismos de migración de los compuestos relevantes de interés hacia el ambiente y posibles receptores	40
Tabla 9.1. Resumen de resultados obtenidos	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino y área evaluada en la playa Infantería	5
Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Infantería	6
Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Infantería	8
Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) intermareal en la playa Infantería	9
Figura 6.3. Punto de verificación en orilla rocosa a nivel intermareal de la playa Infantería	10
Figura 6.4. Puntos de muestreo de hidrobiología a nivel intermareal en la playa Infantería	11
Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C ₆ -C ₄₀) comparadas con el NF _{TPH} en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería,	21
Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F ₂ en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería	22



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F ₃ en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería.....	22
Figura 7.4. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de la orilla rocosa en playa Infantería.	26
Figura 7.5. Riqueza de especies por grupo taxonómico en la orilla rocosa de playa Infantería.....	27
Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino	28
Figura 8.2. Vista panorámica del muestreo de sedimento intermareal en punto INF-SD-1(en a), sedimento con restos de hidrocarburos de petróleo (gotículas) en el punto INF-SD-1 (en b), muestreo de sedimentos en el punto INF-SD-2 (en c). y muestreo de sedimento residual con restos calcáreos en el punto INF-SD-6 (en d).....	30
Figura 8.3. Distribución de TPH (C ₆ -C ₄₀) en la zona intermareal de la playa Infantería y el alcance aproximado	31
Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa Infantería.....	32
Figura 8.5. Relación de fracciones F ₁ , F ₂ y F ₃ reportadas en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería	33
Figura 8.6. Resultados de las concentraciones de TPH _(C₆-C₄₀) en sedimento intermareal en las EAF, EAS, acciones de la DSEM y la presente EAC en la playa Infantería.....	34
Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal en la playa Infantería	35
Figura 8.8. Evidencias observadas organolépticamente (color y textura) durante la identificación del foco potencial de contaminación en la playa Infantería (en a,b, c y d), vista panorámica del área (en e) y macroalgas en la franja infralitoral (en f)	38
Figura 8.9. Área rocosa evaluada y determinada como foco potencial de contaminación en la zona intermareal de la playa Infantería	39
Figura 8.10. Comparación de la riqueza de especies por grupo taxonómico de playa Infantería comparado con los puntos blancos	41
Figura 8.11. Registro de abundancia y riqueza de invertebrados en las matrices de mitilidos presentes en la orilla rocosa de INF-HB-R1 (R2) y playas blancos	41
Figura 8.12. Orilla rocosa en playa Infantería: a) franja mediolitoral de INF-HB-R2 dominada por alga verde del género <i>Ulva</i> , b) colecta de muestras de macroinvertebrados desde las matrices de algas verdes.....	42
Figura 8.13: Dendograma de clasificación para la composición de especies de la comunidad de macrobentos en playa Infantería y puntos blancos (BrSP-1, BrE-1).....	43

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

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

1. INTRODUCCIÓN

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

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

Asimismo, la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM mediante la señalada resolución², determinó «que el derrame de petróleo crudo constituía un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica (fauna silvestre y recursos hidrobiológicos), y un alto riesgo para la salud pública»; por lo que, en su Anexo 2 dicta la ejecución del Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la atención de la emergencia ambiental en el área geográfica afectada por el derrame de crudo, en cuyo Eje 1: Calidad Ambiental se incluye al OEFA y a otras instituciones como la Dirección General de Capitanías y Guardacostas – Dicapi, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin y la Presidencia del Consejo de Ministros – PCM como responsables de la fiscalización y supervisión.

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

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

¹

Buque de bandera italiana.

²

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



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 66⁵ del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos - RPAAH, aprobado por Decreto Supremo N.º 039-2014-EM, y en la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, aprobada mediante Decreto Supremo N.º 005-2021-EM, en el art. 66-B.3⁶, indica que los resultados de los muestreos realizados en durante actividades de «Supervisión y resultado de las Acciones de Primera Respuesta por siniestros y/o emergencias ambientales», son comparables con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; con la finalidad de establecer plazos apropiados para que el/la Titular de la Actividad de Hidrocarburos presente el Plan de Rehabilitación, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Competente.

Esta evaluación fue realizada el 23 de junio de 2022, donde el presente documento forma parte del informe de evaluación ambiental de causalidad en la playa Infantería (en adelante, informe de EAC en la playa Infantería), que tuvo como objetivo verificar la limpieza de la zona marino-costera de la playa Infantería. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal del agua superficial de mar, sedimento⁷ (arena de playa) y el estado de la comunidad de macrobentos, 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

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

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

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

«Artículo 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».

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

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

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

similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado. Asimismo, se realizó la identificación de focos potenciales de contaminación según indicadores establecidos por el OEFA en áreas donde, por sus condiciones, no fue posible realizar muestreos (orillas rocosas).

2. ANTECEDENTES

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

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

En atención a la emergencia, las acciones inmediatas realizadas por la Dirección de Evaluación Ambiental fueron: 1) Realizar una Evaluación Ambiental Focal¹⁰ realizada entre el 19 enero al 05 de febrero del 2022, cuyo objetivo fue determinar la extensión del área afectada y los impactos generados en la zona marino costera (agua superficial, sedimento y biota) por el derrame de hidrocarburos de petróleo en el mar ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, frente a la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, provincia constitucional del Callao, dicha evaluación identificó el litoral afectado por el derrame de petróleo crudo desde la playa Ventanilla hasta la playa Cascajo ubicada en el distrito Chancay, provincia Huaral, departamento Lima. 2) Primera Evaluación Ambiental de Seguimiento¹¹ realizada entre el 17 al 27 de febrero de 2022, a través del monitoreo de parámetros que permitió identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento; así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022, y 3) Segunda Evaluación Ambiental de Seguimiento¹², realizada entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (provincia constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

La Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), mediante el Memorando N.º 00299-2022-OEFA/DSEM de 25 de febrero de 2022, el Memorando N.º 480-2022-OEFA/DSEM de 24 de marzo de 2022 y Memorando N.º 00658-2022-OEFA/DSEM de 26

⁹ Buque de bandera italiana.

¹⁰ INFORME N.º 00026-2022-OEFA/DEAM-STECC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

¹¹ REAS-035-2022-STECC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.

¹² REAS-036-2022-STECC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través 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.

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

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

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

Por otro lado, Relapasaa, mediante Escrito Repsol S/N del 01 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-057-2022 del 04 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-155-2022, del 15 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-213-2022 del 23 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA-280-2022 del 09 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-365-2022 del 18 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-423-2022 del 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-426-2022 del 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 06 de abril de 2022 y carta RLP-GSCMA-515-2022, del 13 de abril de 2022; comunicó el avance de las acciones de primera respuesta y la culminación de la limpieza playas de entre los cuales se encuentra la playa Infantería.

En atención a lo solicitado, la Subdirección Técnica Científica realizó la presente evaluación ambiental para verificar la limpieza de la zona marino-costera y el estado de la comunidad de macrobentos en la playa Infantería.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

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

4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Infantería se ubica en el distrito de Ancón, provincia de Lima y departamento de Lima. Pertenecen a la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría 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 de la playa Infantería en un área de uso militar de la Base Naval de Infantería de la Marina, ubicada entre las playas Pocitos y Pasamayo-Peaje, la cual tiene una extensión de 0,593 km desde su punto de inicio (E 263413, N 8700444) hasta su punto final (E 253539, N 8799889) según información actualizada de la Coordinación del Sistema de Información Geográfica (CSIG) del OEFA, tal como se visualiza en la Figura 4.1.

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

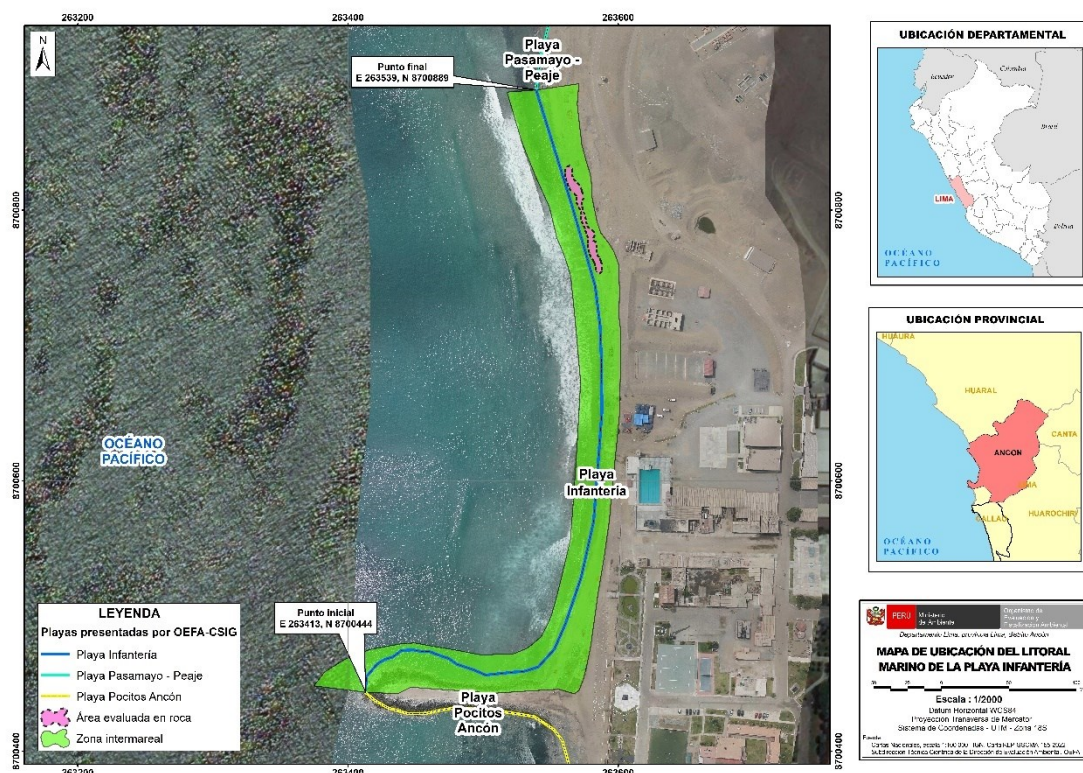


Figura 4.1. Mapa de ubicación del litoral marino y área evaluada en la playa Infantería
Fuente: CSIG-OEFA, 2022.

5. MODELO CONCEPTUAL

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

Se evaluó la línea litoral en la playa Infantería, considerando el ambiente intermareal (orilla arenosa y rocosa). Los componentes físicos evaluados fueron agua superficial de mar, sedimento (arena de playa), mediante muestreos a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con muestreos sobre modelos de zonación en la zona intermareal. Complementariamente, se realizó la identificación de áreas rocosas como posibles focos potenciales de contaminación, y que, por sus condiciones granulométricas, no permitieron realizar la toma de muestras de sedimento (arena de playa).

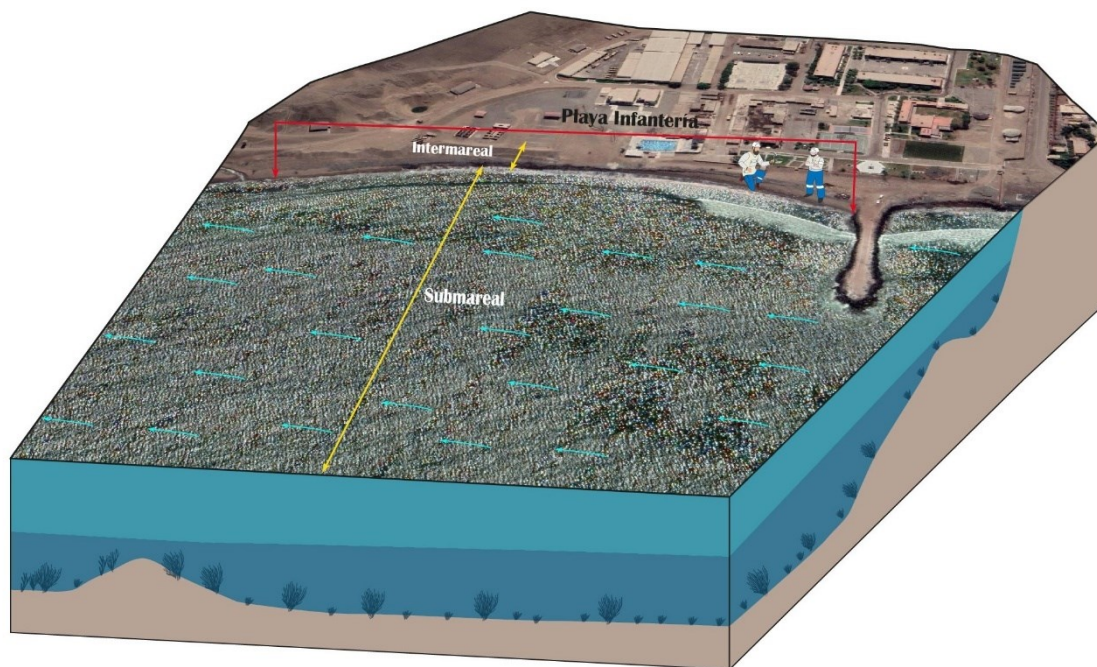


Figura 5.1. Modelo conceptual de la evaluación ambiental realizada en la playa Infantería

6. METODOLOGÍA

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

6.1. Guías utilizadas para la evaluación

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

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

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Agua superficial de mar	Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú

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

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

Componentes ambientales	Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Sedimento (arena de playa)	Guía para el muestreo de suelos	Plan de muestreo sección 1.3.1. Muestreo de identificación (MI) Anexo 2: Patrones de muestreo para definir la localización de puntos de muestreo en suelos contaminados	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Perú
	Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (<i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i>)	Capítulo 4	No aplica	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</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	No aplica	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos
	<i>NOAA. Shoreline Assessment Manual 4ta Edition</i>	<i>5. Shoreline Assessment Process and Activities</i>	No aplica	<i>Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. (NOAA)</i>	Estados Unidos
Comunidades hidrobiológicas	<i>Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater</i>	<i>10500 – B. Benthic macroinvertebrates Sample Collection</i>	No aplica	<i>American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (APHA/AWWA/WEF)</i>	Estados Unidos

La evaluación de orillas rocosas para la identificación de focos potenciales de contaminación se realizó mediante el empleo de la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos 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

sedimento grava y afloramientos marinos» (ver Anexo N.º 3), para recoger la información mediante observación organoléptica y evaluación del entorno.

6.2. Ubicación de puntos de muestreo

La calidad del agua superficial de mar de la Infantería fue evaluada con 3 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada de entre 90 m y 130 m entre un punto y otro, para la caracterización espacial del agua superficial de mar a nivel intermareal (Figura 6.1).

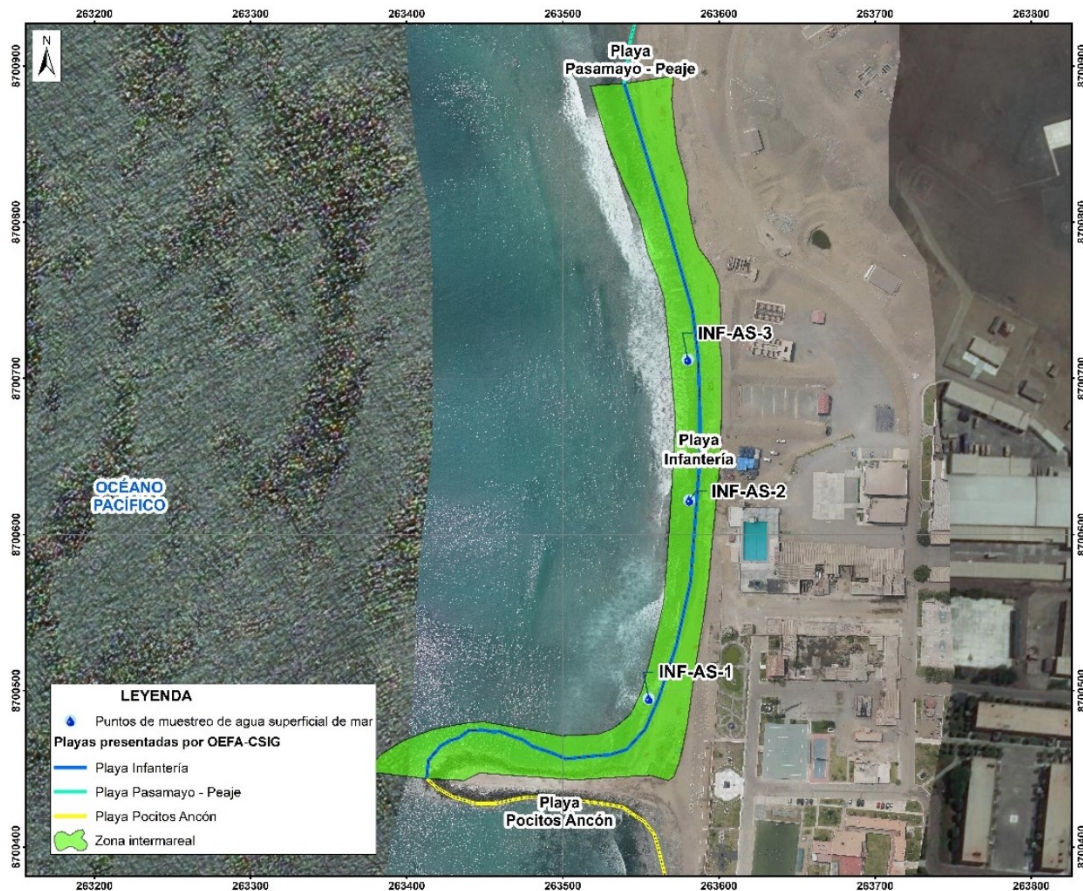


Figura 6.1. Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Infantería

En la zona intermareal se muestrearon 5 puntos de sedimento (arena de playa) ver Figura 6.2), según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEAC que incluye a la playa Infantería, considerando un muestreo con profundidades que variaron de 0 a 10 cm y de 0 a – 50 cm, para los cuales se analizaron Hidrocarburos Totales del Petróleo (C₆-C₄₀), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta F₁ (C₆-C₁₀), fracción media F₂ (C₁₀-C₂₈) y fracción F₃ de cadena larga (C₂₈-C₄₀); Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), metales totales y análisis granulométrico en compósitos para caracterizar la playa.

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



Figura 6.2. Puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) intermareal en la playa Infantería

En orillas rocosas, donde no fue posible obtener muestras de sedimento, se realizó la verificación para la identificación de focos potenciales de contaminación, tal como se observa en la Figura 6.3.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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



Figura 6.3. Punto de verificación en orilla rocosa a nivel intermareal de la playa Infantería

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 2 puntos en intermareal (ambas en orilla rocosa) en playa Infantería, tal como se muestra en la Figura 6.4. Asimismo, se evaluaron 2 puntos blancos ubicados en la playa Paraíso, donde la ubicación de dichos puntos se muestra en el reporte de campo de playas blanco (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Infantería).

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 6.4. Puntos de muestreo de hidrobiología a nivel intermareal en la playa Infantería

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	INF-AS-1	263555	8700495	0	Ubicado en la playa Infantería, aproximadamente a 100 m al norte de la playa Pocitos
2	INF-AS-2	263581	8700622	0	Ubicado en la playa Infantería, aproximadamente a 130 m al norte del punto INF-AS-1
3	INF-AS-3	263580	8700712	0	Ubicado en la playa Infantería, aproximadamente a 90 m al norte del punto INF-AS-2

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

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	INF-SD-1	263558	8700468	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 265 m al suroeste de la Base Naval de Infantería de la Marina.
2	INF-SD-2	263577	8700516	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 240 m al suroeste de la Base Naval de Infantería de la Marina y aprox. a 50 m al noreste del punto INF-SD-1.
3	INF-SD-3*	263592	8700586	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 230 m al oeste de la Base Naval de Infantería de la Marina y aprox. a 70 m al noreste del punto INF-SD-2.
4	INF-SD-4*	263591	8700664	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 260 m al noroeste de la Base Naval de Infantería de la Marina y aprox. a 80 m al noreste del punto INF-SD-3.
5	INF-SD-5	263590	8700712	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 290 m al noroeste de la Base Naval de Infantería de la Marina y aprox. a 50 m al noreste del punto INF-SD-4.
6	INF-SD-6	263585	8700761	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 250 m al noroeste de la Base Naval de Infantería de la Marina y aprox. a 50 m al sur del punto INF-SD-5.
7	INF-SD-7	263570	8700826	0	Ubicado en la playa Infantería, aprox. a 0,3 km al noroeste de la Base Infantería de Marina.

* No se colectó sedimento en los puntos de muestreo INF-SED-3 y INF-SED-4 debido a la presencia de cantos rodados mayor al 90% (Anexo 3 de la EAC de la playa Infantería).

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

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

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Sustrato	Descripción
		Este (m)	Norte (m)			
1	INF-R1	263584	8700770	0 - 2	Bloques y cantos rodados	Área ubicada al norte del punto de muestreo de sedimento INF-SD-6, zona rocosa.

En la Tabla 6.5 y 6.6 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico en la playa Infantería y de los puntos blancos (playa Paraíso), respectivamente.

Tabla 6.5. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos en la zona intermareal de la playa Infantería

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	INF-HB-R1	263456	8700454	0	Ubicado en la playa Infantería, aproximadamente a 20 m al norte de la playa Pocitos.
2	INF-HB-R2	263592	8700594	0	Ubicado en la playa Infantería, aproximadamente a 150 m al norte de la playa Pocitos.

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

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

Tabla 6.6. Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco)

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	BrE-1	213900	8758875	0	Ubicado en la playa Paraíso, aproximadamente a 0,49 km al este del punto BP-1 y 1,5 km del humedal Paraíso.
2	BrSP-1	213952	8758835	0	Ubicado en la playa Paraíso, aproximadamente a 60 m al sureste del punto BrE-1.

6.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.7 se presentan los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) e hidrobiología en la playa Infantería.

Tabla 6.7. Parámetros evaluados en agua superficial de mar, sedimentos (arena de playa) e hidrobiología

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
Agua salina	Agua superficial de mar – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (C ₆ -C ₄₀)	4	EPA Method 8015C, Rev.3. 2007.	ALAB E.I.R.L.
		Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	4	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	4	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	
		Aceites y grasas	4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc)	4	EPA Method 200.8 Revision 5.4, 1994 / VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	
		BTEX	4	EPA Method 8015C Rev. 3, 2007 / EPA	

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

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

Componente	Tipo de muestra	Parámetros	Cantidad	Método de análisis	Laboratorio contratado
		(Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos)		Method 5021A Rev. 2, 2014.	
Sedimento	Arena de playa – Zona Intermareal	Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones F1, F2 y F3)	10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	AGQ Perú S.A.C.
		Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno	10	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	
		Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc)	10	EPA Method 3050 B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B. Rev.2 (2014) VAL	
		Análisis granulométrico	1	ASTM D422-63 (Reapproved 2007)	ALS LS Perú S.A.C.
Hidrobiología	Hidrobiología – Zona Intermareal	Macrobenetos (macroinvertebrados bentónicos)	1	SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900	OEFA - OTEC
		Análisis poblacional de <i>Emerita analoga</i> (muy muy)	1		

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

Agua Superficial de mar:

Informe de ensayo: IE-22-10646 emitido por ALAB E.I.R.L.

Sedimento:

Informes de ensayo: SAA-22/00822, SAA-22/00816 y S-22/035849 emitidos por AGQ Perú S.A.C. / Informe de ensayo: 44783/2022 emitido por ALS LS Perú S.A.C.

Hidrobiología

Informes de ensayo: 271-2022-OEFA/OTEC, 272-2022-OEFA/OTEC, 286-2022-OEFA/OTEC emitidos por Unidad Funcional de Operaciones Técnicas (OTEC) del OEFA

6.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los Reportes de campo N.º RC-084-2022-STECC y RC-086-2022-STECC.



6.5. Procesamiento de datos

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

Se realizó un análisis exploratorio y estructural de los datos de manera que se identificaron los valores extremos de las concentraciones, la distribución normal de las concentraciones o su normalización mediante transformaciones (logarítmicas, box-cox, entre otras), la evaluación de la distribución de las variables y su posible correlación¹³.

La presentación de las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) fue realizada según la interpolación espacial de Kriging, en puntos donde se observaron mayores concentraciones de TPH en relación con los puntos muestreados en la playa Infantería. Esta interpolación fue realizada con fines de visualización de las concentraciones de hidrocarburos en la playa en mención.

En el caso de los datos biológicos, para la evaluación de macrobentos de orilla rocosa se elaboraron figuras de riqueza de especies y abundancias de individuos en cada punto de muestreo, considerando las réplicas correspondientes para cada punto. La evaluación comunitaria del macrobentos se realizó sobre los hábitats intermareales del tipo de orilla rocosa, específicamente sobre la franja mediolitoral definida según el esquema de zonación de orilla rocosa propuesto para el departamento de Lima (Paredes, 1974); adicionalmente, la composición de grupos taxonómicos de cada punto fue representado mediante un dendrograma de clasificación (Cluster) a partir de los datos de abundancia.

6.6. Criterios de evaluación

La clasificación de la playa Infantería, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino-costero» aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA corresponde a la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante Cat.4 E3). Por lo tanto, los resultados obtenidos de agua superficial de mar en la zona intermareal se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua vigentes, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua (2017)).

Referencialmente, se emplearon los ECA de la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat.2 C3) y «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Aguas superficiales

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



destinadas para recreación - Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1), para comparar los resultados de parámetros de interés¹⁴ que la categoría Cat.4 E3 no incluía (ver Tabla 6.8).

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

En la Tabla 6.8 se detallan los valores de comparación para los componentes agua superficial de mar y sedimento (arena de playa).

Tabla 6.8. Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento (arena de playa) en ambiente intermareal, según los ECA vigente y niveles de fondo de las zonas blanco

Componente	Parámetro		Unidad	ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Nivel de Fondo
				Subcategoría 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	0,01*	-
	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

¹⁴

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

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

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

Componente	Parámetro		Unidad	ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Nivel de Fondo
				Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos	
				Zona Intermareal	
		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
		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 de los ECA para agua (2017) de la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras.

** Se incluyeron referencialmente los valores de los ECA para agua (2017) de la Categoría 1: Poblacional y recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación, B1: Contacto primario.



Los resultados obtenidos en el componente de hidrobiología en la zona intermareal de la playa Infantería, fueron comparados con los obtenidos en los puntos de muestreo de las zonas blanco ubicados al norte, en la playa Paraíso (distrito Huacho, provincia Huaura, departamento Lima).

Para la elección de puntos blancos se eligió playas que formen parte de un mismo ecosistema que mantenga condiciones ambientales macroecológicas similares, tales como la temperatura superficial del mar, la latitud, distribución de especies, productividad primaria, entre otros, los cuales previamente fueron utilizados por estudios que definen a toda la región Lima como parte de una sola unidad biogeográfica (Spalding et al., 2007, Ibanez-Erquiaga et al., 2018, Moreno et al., 2021). De acuerdo con ello, los puntos blancos y todas las playas verificadas se ubican dentro de la ecorregión Humboldtiana (Spalding et al., 2007). Otro criterio útil es la disponibilidad de información previa de otros estudios que documentan el comportamiento y estado de las comunidades biológicas evaluadas en estas áreas o cercanas a las playas blanco (Paredes, 1974; Paredes et al., 1999).

Para la evaluación de zonas rocosas se tomó en cuenta la información recogida en la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (Anexo N.º 3) para recoger la información mediante observaciones organolépticas y evaluación del entorno en un diseño de verificación de tipo razonado, que toma en cuenta, las pautas establecidas para determinarlos como «foco potencial de contaminación» según los criterios para su priorización y validación basado en la Guía orientativa para la Caracterización y ponderación de focos potenciales de contaminación de la Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos en el marco del Decreto Supremo N.º 002-2013-MINAM.

7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de muestreos de calidad de agua superficial de mar, sedimento (arena de playa) y orillas rocosas; así como de la evaluación de la comunidad de macrobentos, en la zona intermareal de la playa Infantería realizada el 23 de junio de 2022.

7.1. Agua superficial de mar

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

Parámetros de campo

En todos los puntos de muestreo de la playa Infantería, los valores de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,87 unidades de pH y 7,93 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó valores mayores a 5 mg/L establecido por el ECA en mención. La conductividad eléctrica estuvo entre 44,3 mS/cm y 44,5 mS/cm.

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

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

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

N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Parámetros			
		Fecha	Hora	Temperatura (°C)	pH (unidad de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (mS/cm)
1	INF-AS-1	23/06/2022	12:10	15,8	7,93	8,52	44,3
2	INF-AS-2	23/06/2022	11:40	15,4	7,93	8,70	44,5
3	INF-AS-3	23/06/2022	11:15	15,4	7,87	8,57	44,3
Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM			Cat.4 E3	-	6,8 a 8,5	≥ 4	-

Fuente: RC-081-2022-STEC (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Infantería)

Parámetros fisicoquímicos**Aceites y grasas**

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua de mar de la zona intermareal de la playa Infantería, reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. <0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) de la Cat.3 C4 (5 mg/L).

Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C₆-C₄₀)

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones F₁, F₂ y F₃. En la playa Infantería 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) de la Cat.4 E3 (0,5 mg/L).

BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)

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

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)¹⁵ en agua superficial de mar de la playa Infantería, 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.

¹⁵

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



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 para agua (2017) en mención.

Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)

Los resultados de fracción aromática de los hidrocarburos totales del petróleo en agua superficial de mar de la playa Infantería, fueron menores al límite de cuantificación <0,001800 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 (0,01 mg/L), categoría considerada para su comparación.

Metales totales

Se analizaron los valores de 32 metales totales en los 3 puntos de muestreo, en los cuales ninguno superó los ECA para agua (2017) Cat.4 E3 para los metales con estándar de comparación (arsénico, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc). Referencialmente, el boro superó ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1 (establecido en 0,5 mg/L) en los puntos de muestreo. Entre los metales analizados se incluyó, además del níquel al vanadio para su comparación con los ECA para agua (2017), debido a considerarse a ambos parámetros de interés¹⁶ para la evaluación.

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

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

7.2. 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), reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en 4 puntos de muestreo (INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7), ubicados en la zona intermareal de la playa Infantería. Por lo tanto, con concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) superiores al nivel de fondo (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg) y nivel de referencia (NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), tal como se muestra en la Figura 7.1.

¹⁶

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

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

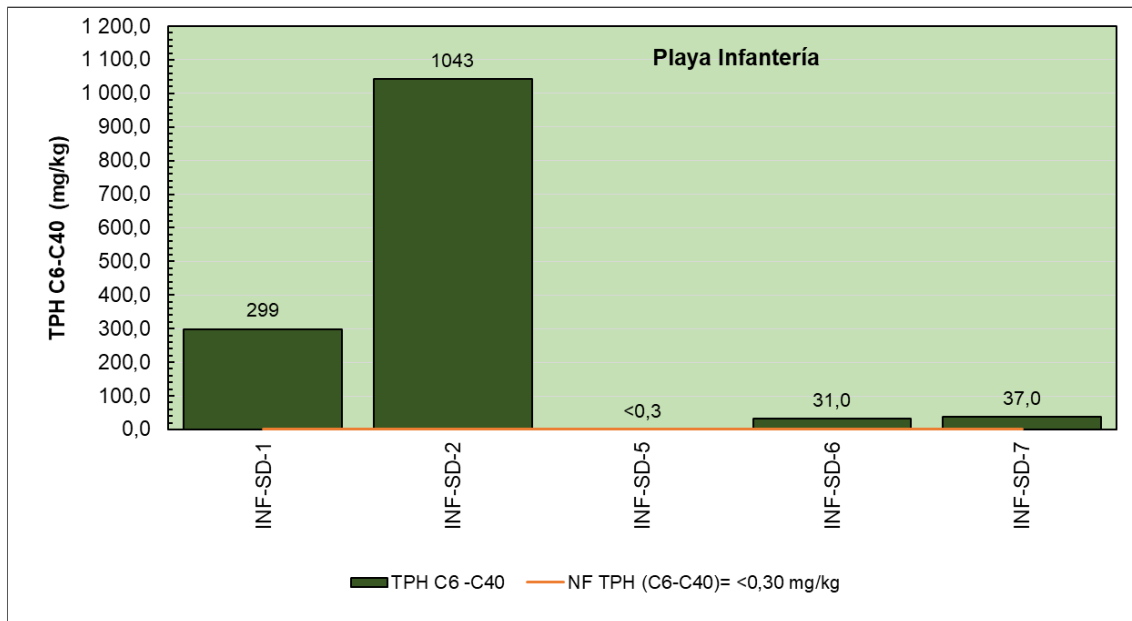


Figura 7.1. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (C₆-C₄₀) comparadas con el NF_{TPH} en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería,

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

Las concentraciones de las fracciones F₂ y F₃ superaron los NF_{TPH} (<0,50 mg/kg) y NR_{TPH} (<0,50 mg/kg) en los puntos de muestreo (INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7); ubicados en la zona intermareal de la playa Infantería (Figuras 7.2 y 7.3).

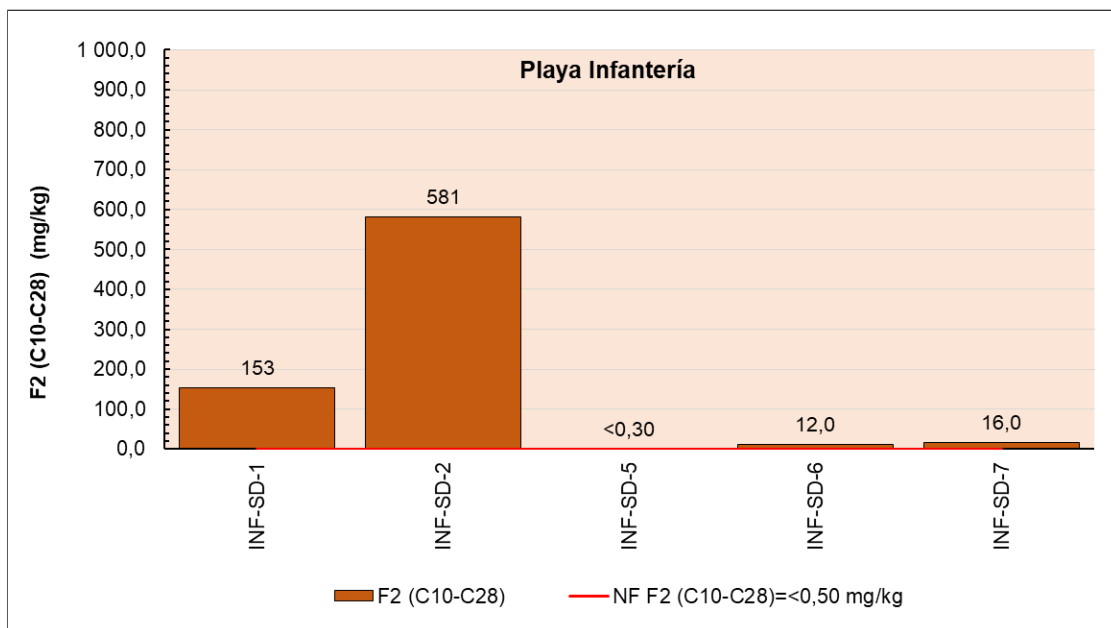


Figura 7.2. Fracción de hidrocarburos F₂ en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería

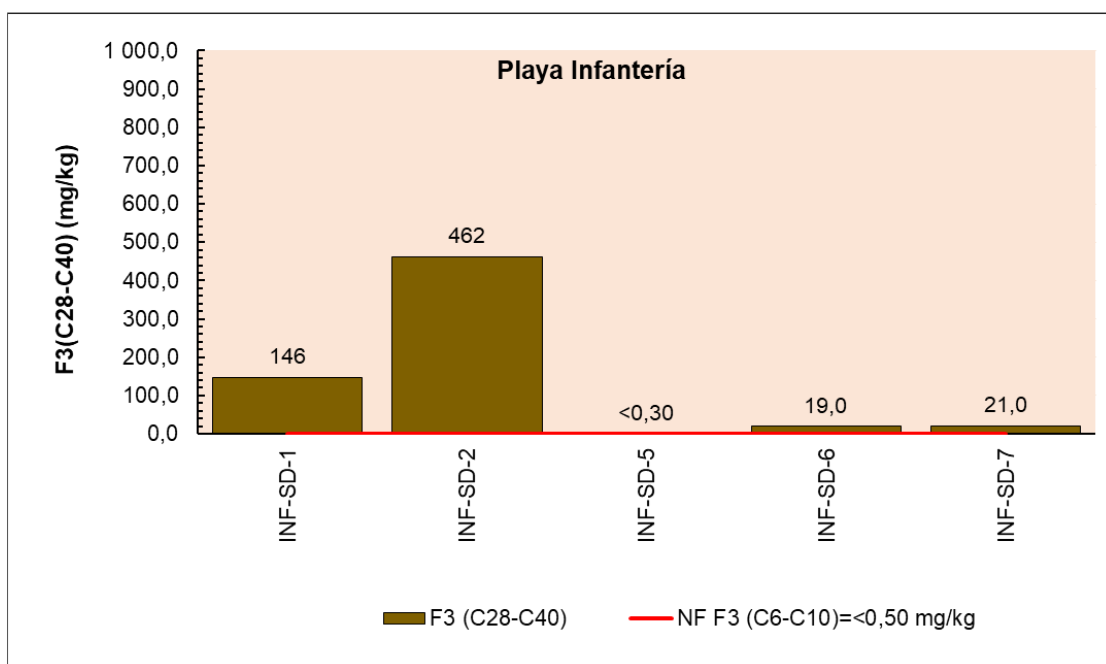


Figura 7.3. Fracción de hidrocarburos F₃ en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)

Se evaluaron las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), determinados en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa). Los puntos de muestreo INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7 ubicados en la zona intermareal de la playa Infantería, superaron los límites de cuantificación

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

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

del método de análisis del laboratorio y a su vez superaron los NF y NR del Acenafteno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno y Pireno según se detalla en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería

Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo				Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	Nivel de Referencia - NR (mg/kg)
		INF-SD-1	INF-SD-2	INF-SD-6	INF-SD-7		
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,005	0,008	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(a)antraceno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(a)pireno	mg/kg PS	0,008	0,036	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg PS	0,018	0,096	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(e)pireno	mg/kg PS	0,033	0,14	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg PS	0,009	0,037	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg PS	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	mg/kg PS	0,104	0,44	0,009	0,009	< 0,005	< 0,005
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg PS	< 0,0040	0,03	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040	< 0,0040
Fenantreno	mg/kg PS	0,098	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoranteno	mg/kg PS	0,007	0,031	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	mg/kg PS	0,007	0,031	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg PS	< 0,005	0,017	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Naftaleno	mg/kg PS	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Pireno	mg/kg PS	0,03	0,129	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005



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

Metales totales

Se determinó un total de 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, entre los cuales se incluyeron al cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, níquel, plomo, sodio y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia respectivos, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación considerando la caracterización del crudo¹⁷ por parte del administrado.

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo¹⁷ señalado. Del análisis, se reportó que los 5 puntos muestreados, presentaron concentraciones de níquel superiores a los niveles de fondo o de referencia (NF_{Ni}: 3,64 mg/kg y NR_{Ni}: 4,39 mg/kg), y para el caso de

¹⁷

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

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

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

vanadio, 2 de los 5 puntos evaluados, superaron los niveles de fondo o de referencia (NFv: 33,01 mg/kg y NRv: 47,06 mg/kg), tal como se observa en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) de la Infantería

Puntos de muestreo	Metales Totales								
	Cadmio Total	Calcio Total	Cobre Total	Fósforo Total	Hierro Total	Níquel Total	Plomo Total	Sodio Total	Vanadio Total
	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
INF-SD-1	0,05498	18591	8,3	1170	11484	3,96	5,587	1854	26
INF-SD-2	< 0,00080	81458	16	842	10809	6,59	5,17	2508	28
INF-SD-5	0,08903	24788	16	1529	15064	6,53	9,057	1648	47
INF-SD-6	0,05526	16530	13	1218	14 161	5,2	7,004	1628	37
INF-SD-7	0,07511	13435	11	1293	13 584	5,03	6,156	1219	33
Nivel de Fondo - NF (mg/kg)	0,11	14236	7,91	1159	12403	3,64	7,56	2081	33,01
Nivel de Referencia - NR (mg/kg)	0,21	25955	11	1815	15396	4,39	9,49	3299	47,06



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

Granulometría

La granulometría fue evaluada con una muestra compósito (INF-SD-COM1) para caracterizar la playa Infantería. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena (62,4 %) y grava (35,7 %) en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural areno-gravosa en la playa.

7.3. Identificación de focos de contaminación

Los focos potenciales de contaminación¹⁸ o posibles fuentes secundarias comprenden los componentes ambientales afectados advertidos mediante observaciones organolépticas y evaluación del entorno.

Se identificó un foco potencial de contaminación de una extensión aproximada de 400 m², ubicado en el sector central de la playa Infantería, evaluado mediante un sondeo visual inicial mediante el uso de la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (Anexo N.º 3) para recoger la información mediante observaciones organolépticas en un diseño de verificación de tipo razonado.

Según las evidencias encontradas detalladas en la Ficha en mención (Anexo N.º 3) y la Tabla 7.4 «Tabla de clasificación del nivel de evidencia» (utilizados como criterios de priorización y validación de sitios contaminados), se determinó un nivel “Confirmado” dado

¹⁸ Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados aprobado mediante Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM
Artículo 4.- Definiciones

(...)

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

(...)



que, si bien no se ha evidenciado presencia de hidrocarburos en fase libre¹⁹, se ha observado organolépticamente manchas de hidrocarburos en sobre las rocas, coloración y textura al frotis y raspado a nivel de la superficie de roca y sus intersticios en evidente proceso de degradación y en el material sedimentario residual en contacto directo con microhábitats conformados por macroalgas y presencia de moluscos (*Echinolittorina peruviana*), así como la comunidad de macrobentos con evidencias de afectación negativa detalladas en la sección 7.4 Hidrobiología.

Tabla 7.4. Clasificación según nivel de evidencia de focos potenciales

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

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

7.4. Hidrobiología

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del componente de hidrobiología correspondiente a la zona intermareal de orilla rocosa de la playa Infantería.

7.4.1. Análisis comunitario

Se identificaron un total de 27 especies de macroinvertebrados a partir de las muestras obtenidas desde la orilla rocosa de playa Infantería, distribuidos en 6 grupos taxonómicos mayores (Figura 7.4). El Phylum Mollusca fue el grupo con la mayor riqueza, registrando 14 especies, seguido por los poliquetos (Phylum Annelida) y crustáceos (Phylum Arthropoda) con 5 especies en cada caso; finalmente, los grupos correspondientes a los Phylum Echinodermata, Nemertea y Bryozoa estuvieron representados por una 1 especie en cada grupo. Se identificaron 5 especies de macroalgas, entre Rhodphytas y Chlorophytas, lo que resultó en una riqueza global acumulada de 32 especies para los puntos evaluados.

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

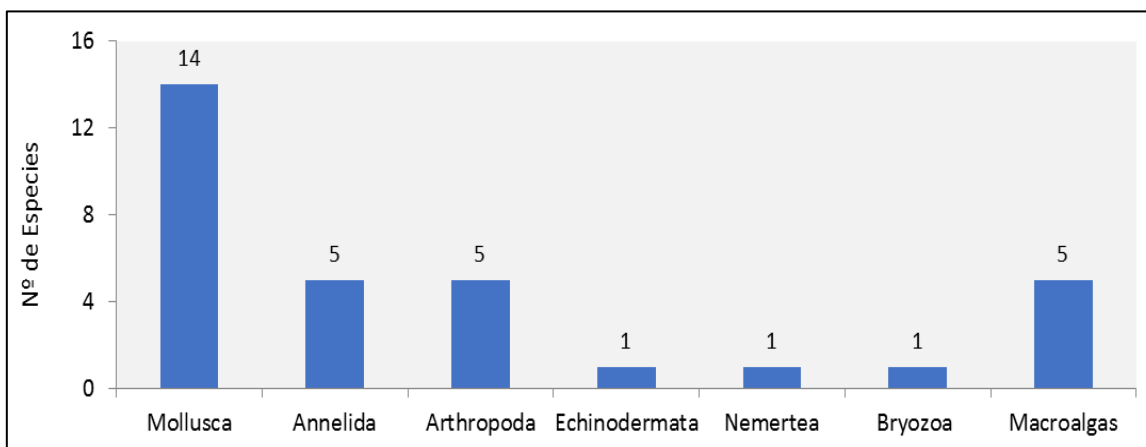


Figura 7.4. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la comunidad de macrobentos de la orilla rocosa en playa Infantería.

El punto de muestreo INF-HB-R1, localizado al límite sur de playa Infantería y sobre el escolladero, registro una riqueza total de 29 especies, incluyendo 3 especies de macroalgas (*Ahnfeltiopsis* sp, *Ulva* sp *Cladophora* sp.). Este punto reportó la mayor variedad de grupos taxonómicos, siendo los Mollusca el grupo más diverso, con un total de 14 especies (Figura 7.5). Los bloques rocosos que caracterizaron la orilla de INF-HB-R1 mostraron una baja predominancia de mitilidos como *Semimytilus algosus* y *Perumytilus purpuratus*, los cuales se distribuyeron de forma discontinua, en pequeños parches. En términos de abundancia, los crustáceos (Phylum Arthropoda) fueron el segundo grupo con mayor predominancia en el sector, después de los mitilidos, destacando el cirrípedo *Jhelius cirratus* (28,67 ind/0,0625 m²), el isópodo *Paradella bakeri* (36,67 ind/0,0625 m²) y el anfípodo *Protohyale* sp. (15,33 ind/0,0625 m²).

En el punto INF-HB-R2 localizado al norte de INF-HB-R1, la riqueza fue menor, con un total acumulado de 6 especies, que incluyeron a 3 especies de macroalgas, las Chlorophytas *Ulva* sp., *Ulva intestinalis* y a una Rhodophyta de la familia Bangiaceae. Solo los grupos taxonómicos Arthropoda (2 especies) y Annelida (1 especie) fueron identificados (Figura 7.6). Existe gran cobertura de Chlorophytas en el espacio litoral de INF-HB-R2, cubriendo los diversos cantos rodados y pequeños bloques presentes hacia la zona sumergida. Los mitilidos fueron poco frecuentes en este sector, observándose matrices pequeñas de *Semimytilus algosus*.

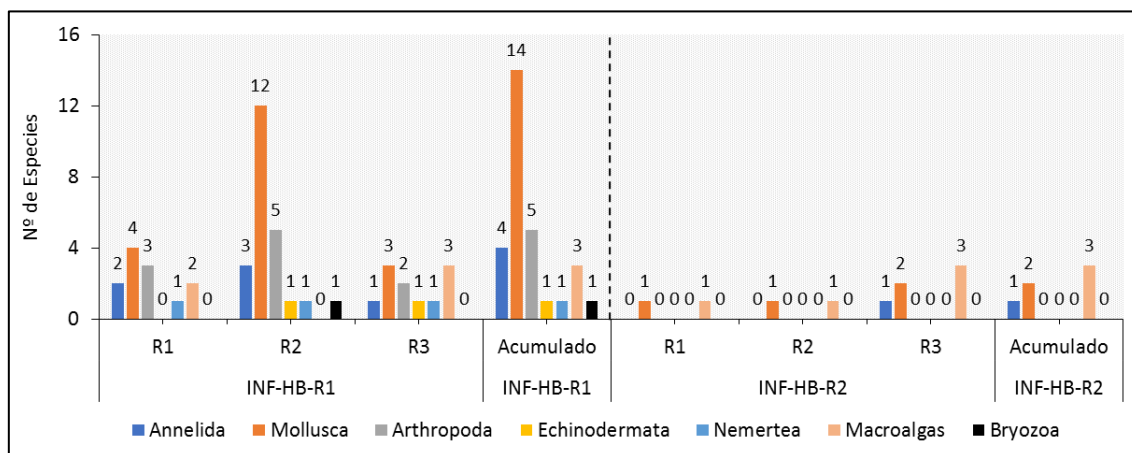


Figura 7.5. Riqueza de especies por grupo taxonómico en la orilla rocosa de playa Infantería.

8. DISCUSIÓN

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

Para el desarrollo de la discusión se evaluó el ambiente intermareal, considerando las posibles vías de transporte de petróleo crudo tomando en cuenta el transporte físico del contaminante en el agua y en su distribución espacial considerando la dirección del flujo.

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

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

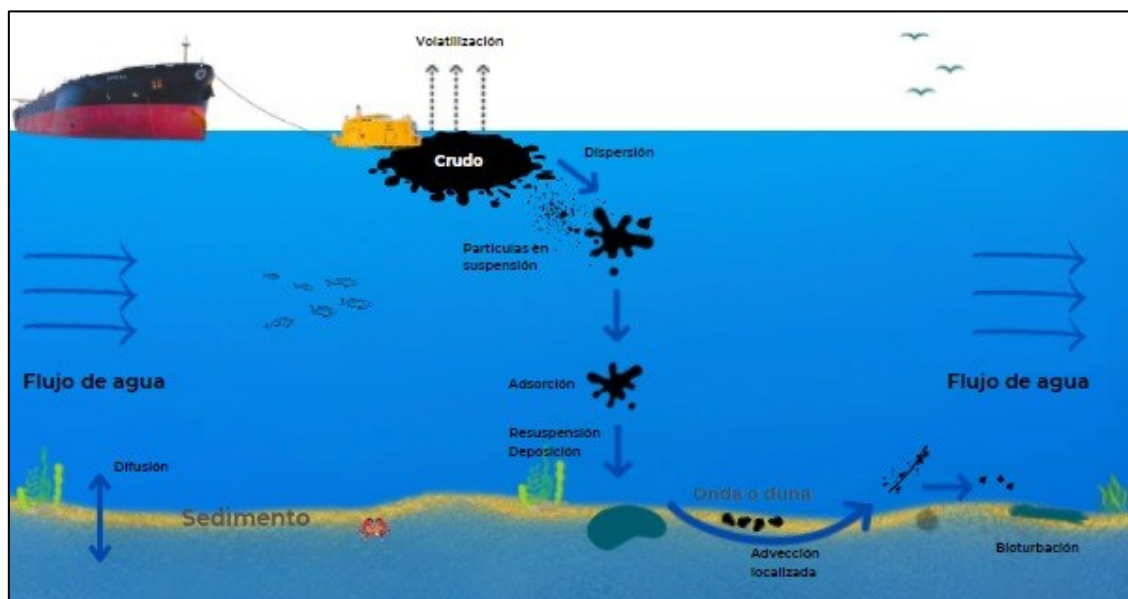


Figura 8.1. Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo en el medio acuático marino

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

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar se evaluaron 3 puntos de muestreo, cuyos resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua (2017)) con la «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante Cat.4 E3), y referencialmente con la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» (en adelante, Cat.2 C3) y «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto Primario» (en adelante, Cat.1 B1). Estas últimas se emplearon de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática) y Metales totales (Vanadio), según correspondan.

La medición de parámetros de campo en agua superficial de mar registró pH cercano a la neutralidad (de 7,87 unidades de pH y 7,93 unidades de pH), conductividad eléctrica (de 44,3 mS/cm y 44,5mS/cm), temperatura (15,53 °C en promedio) y oxígeno disuelto (8,60 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 ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3, en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en la Tabla 7.1 de la sección de Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial de mar para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico de cada uno de los parámetros analizados en los 3 puntos de



muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3, y referencialmente con los ECA para agua (2017) de la Cat. 2 C3 y ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1, según corresponda. Los resultados se detallan en el Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Infantería.

Para el análisis de los 32 metales totales en agua superficial de mar, entre los que se incluyeron al níquel y vanadio (parámetros de interés²⁰), los resultados mostraron que en todos los puntos muestreados solamente se superó, referencialmente, el ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1 del boro; no identificándose relación alguna con el derrame del crudo, debido a que la composición del crudo no contiene concentraciones registradas de dicho metal (ver Anexo N.º 5 del informe de la EAC en la playa Infantería).

La evaluación de la calidad de sedimento (arena de playa) se realizó con el muestreo de 14 puntos y una réplica, determinados de la identificación del área de potencial interés (API)²¹ a lo largo de la playa. 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 fondo²² determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Según el análisis granulométrico realizado (muestra compósito), el sedimento intermareal (arena de playa) presentó composición predominante de arena y grava (62,4 % y 35,7 % respectivamente), determinando una textura arenosa, estructura de grano simple y de coloración gris con restos calcáreos y microplásticos, que caracterizan a playa Infantería como playa Arenosa con alta permeabilidad, de tipo plana con baja pendiente (0 % – 2 %); mientras que, la zona intermareal inmediata (infralitoral, en contacto permanente con el agua de mar) se caracterizó por presentar sectores con predominancia de cantos rodados, bloques y afloramientos rocosos residuales en el espigón o escolladero ubicado hacia el extremo sur de la playa.

En de 4 los 5 puntos muestreados (del INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7), se registraron TPH (C₆-C₄₀) en concentraciones por encima del límite de cuantificación analítico (L.C. <0,30 mg/kg), por lo tanto, superaron a los NF_{TPH} <0,30 mg/kg y NR_{TPH} <0,30 mg/kg establecidos. Cabe indicar, que los puntos proyectados como INF-SD-3 y INF-SD-4 no fueron muestreados debido a presentar cantos rodados desde 0,02 a 0,25 m de diámetro, y un porcentaje de 90% sobre la superficie. (Anexo 3 de la EAC de la playa Infantería)

Los puntos antes señalados, fueron ubicados en toda su extensión en la zona intermareal de la playa Infantería en la Base Naval de Infantería de Marina. Según observaciones

²⁰ 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).

²¹ 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».

²² 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 Infantería).

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

organolépticas, en el el punto INF-SD-1 se observó olor y color a hidrocarburos, con presencia de TPH (C₆-C₄₀) analíticamente en el sector. A nivel de superficie, la presencia de gotículas de hidrocarburos de petróleo fue observada sobre arena gruesa y húmeda (Figura 8.2).



Figura 8.2. Vista panorámica del muestreo de sedimento intermareal en punto INF-SD-1 (en a), sedimento con restos de hidrocarburos de petróleo (gotículas) en el punto INF-SD-1 (en b), muestreo de sedimentos en el punto INF-SD-2 (en c). y muestreo de sedimento residual con restos calcáreos en el punto INF-SD-6 (en d)

De acuerdo a, un ajuste de inferencia espacial «*Kriging*» realizado con base a los resultados reportados, se permitió visualizar el alcance de la distribución de las concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) en el área muestreada que mostró mayores concentraciones y superiores al NF_{TPH} (<0,30 mg/kg) en la zona intermareal de la playa Infantería (Figura 8.3), donde el hidrocarburo pudo ser transportado en marea alta o como producto del acarreo de arena intermareal contaminada durante las acciones de primera respuesta realizada por el administrado.

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

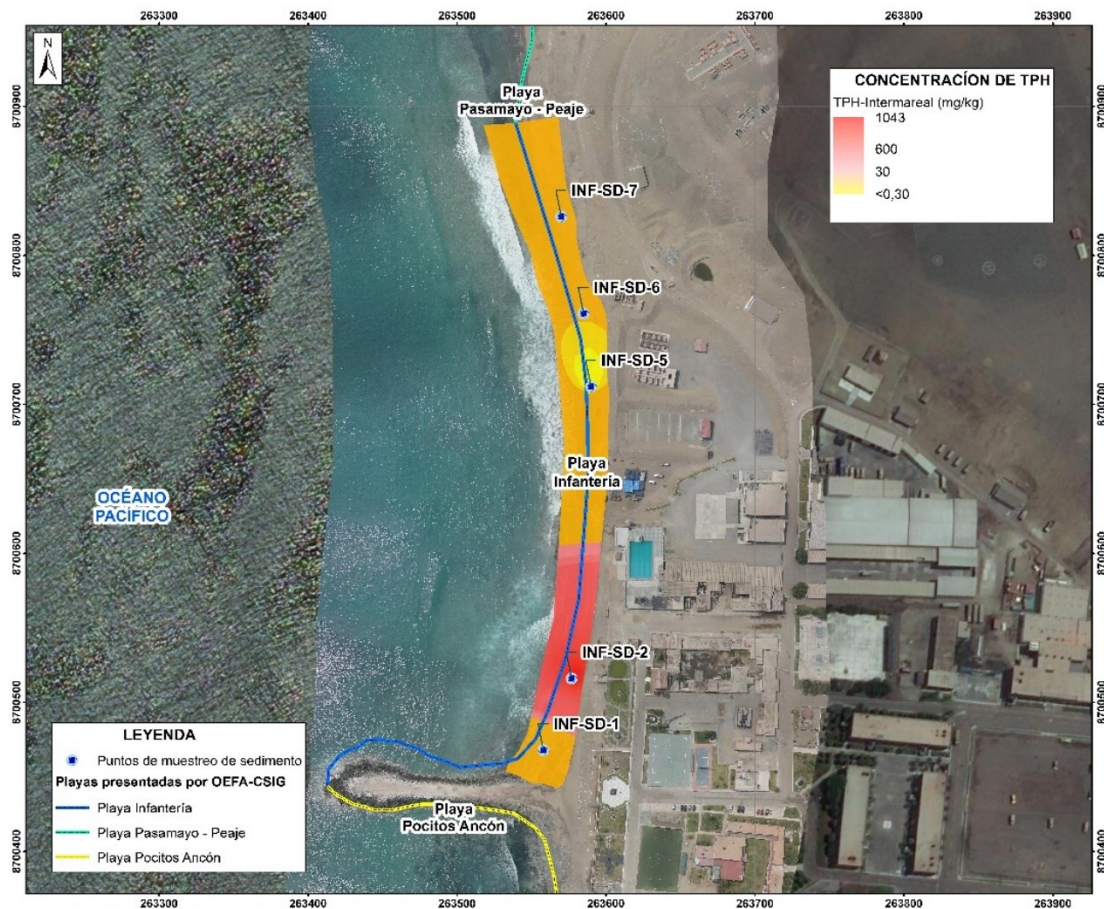


Figura 8.3. Distribución de TPH (C₆-C₄₀) en la zona intermareal de la playa Infantería y el alcance aproximado

La Figura 8.4, elaborada también con base al ajuste en mención, muestra el alcance aproximado del área impactada, donde se observa que 1,5 ha evaluadas, aproximadamente 1,3 ha representan el alcance de las concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) que superaron el nivel de fondo (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg) en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería.

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



Figura 8.4. Alcance aproximado del área impactada en la playa Infantería.

En los puntos de muestreo INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7 que superaron los NF y NR para $TPH_{(C6-C40)}$, también, las concentraciones de sus fracciones F_2 y F_3 fueron superiores a los NF ($<0,50$ mg/kg) y NR ($<0,50$ mg/kg). Particularmente, en el punto INF-SD-2, se registró las mayores concentraciones en las fracciones F_2 y F_3 , tal como se muestra en la Figura 8.5. La composición de hidrocarburos F_1 estuvo por debajo del límite de cuantificación (L.C.: $<0,30$ mg/kg) en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, debajo de los $NF_{TPH} < 0,30$ mg/kg y $NR_{TPH} < 0,30$ mg/kg.

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

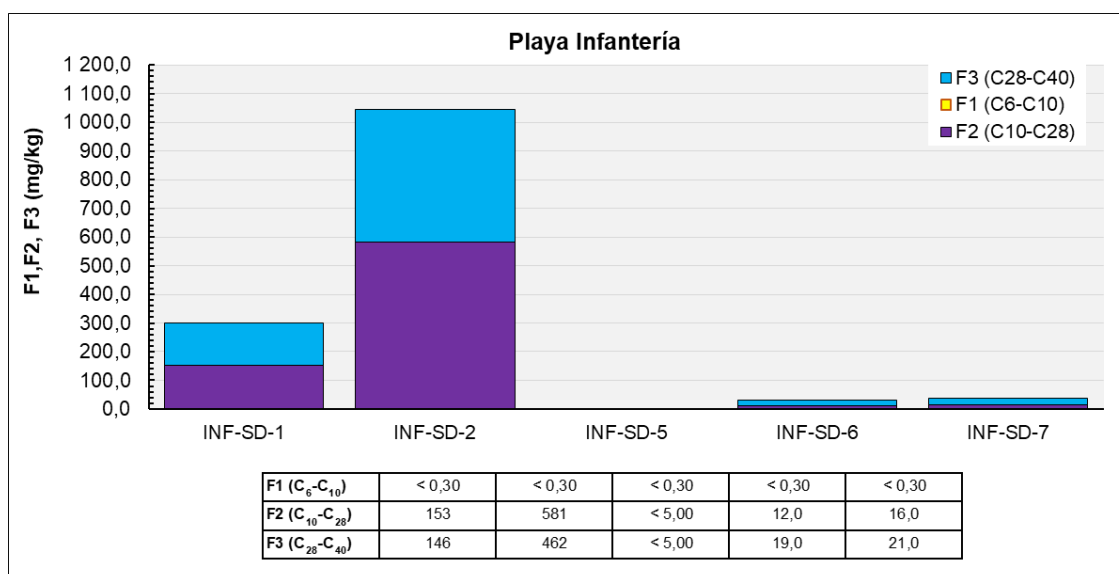


Figura 8.5. Relación de fracciones F₁, F₂ y F₃ reportadas en sedimento (arena de playa) de la playa Infantería

Las evaluaciones realizadas por el OEFA, evaluación ambiental focal (EAF)²³ y las acciones llevadas a cabo por la DSEM, que fueron ejecutadas en playa Infantería entre enero y febrero de 2022 tomadas como antecedentes, registraron concentraciones de TPH(C₆-C₄₀), fracciones F₂ (TPH>C₁₀-C₂₈) y F₃ (TPH>C₂₈-C₄₀) en sedimento intermareal que superaron los niveles de fondo y niveles de referencia establecidos para TPH_{C6-C40} (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg, y NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), así como sus fracciones F₂ y F₃ (NF y NR: <0,50 mg/kg). Las mayores concentraciones se registraron días después del derrame, en la EAF (máxima concentración de 17438 mg/kg (TPH_{C6-C40}) el 26 de enero de 2022).

La evaluación ambiental de seguimiento (EAS)²⁴ y las intervenciones de DSEM, realizados en la playa Infantería en febrero de 2022, registró concentraciones de TPH_{C6-C40} (NF_{TPH}: <0,30 mg/kg, y NR_{TPH}: <0,30 mg/kg), y fracciones F₂ y F₃ (NF y NR: <0,50 mg/kg) que superaron ampliamente los niveles de fondo y niveles de referencia.

Los resultados obtenidos en la EAC, muestran la disminución significativa de concentraciones de TPH (C₆-C₄₀) y sus fracciones F₂ y F₃, en la playa Infantería, posiblemente atribuida a las Acciones de Primera Respuesta ejecutadas por Relapasaa²⁵.

²³ 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.

²⁴ 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 permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.

²⁵ RLP-GSMA-155-2022, que propone los objetivos de tratamiento y protocolo para dar por terminadas las actividades de limpieza.



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

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

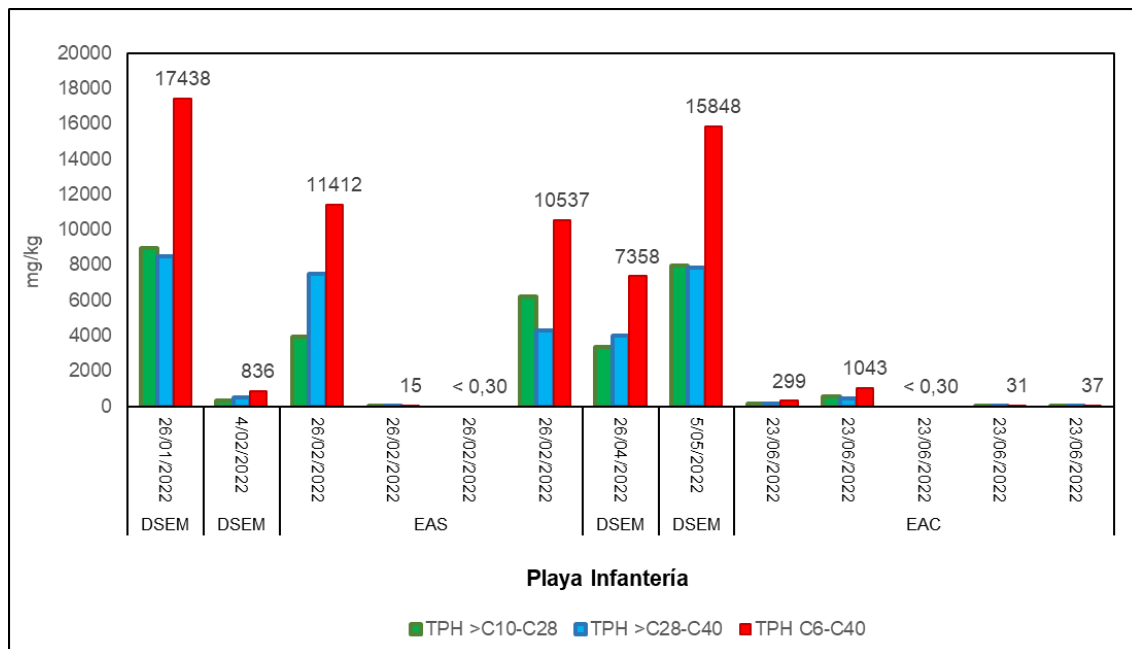


Figura 8.6. Resultados de las concentraciones de TPH_(C6-C40) en sedimento intermareal en las EAF, EAS, acciones de la DSEM y la presente EAC en la playa Infantería

Con respecto a la presencia de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), se registraron concentraciones que superaron los NF y NR para 12 de los 17 compuestos analizados, tal como se detalló en la Tabla 7.2 del ítem Resultados 2 y se muestra en la Figura 8.7. Los parámetros fueron: Acenafteno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno y Pireno, los cuales estuvieron directamente relacionados a las concentraciones de TPH_(C6-C40) reportadas; y que la presencia de fenantreno, criseno y benzo(a)pireno indican su origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001), relacionado al derrame como única fuente de la afectación verificada.

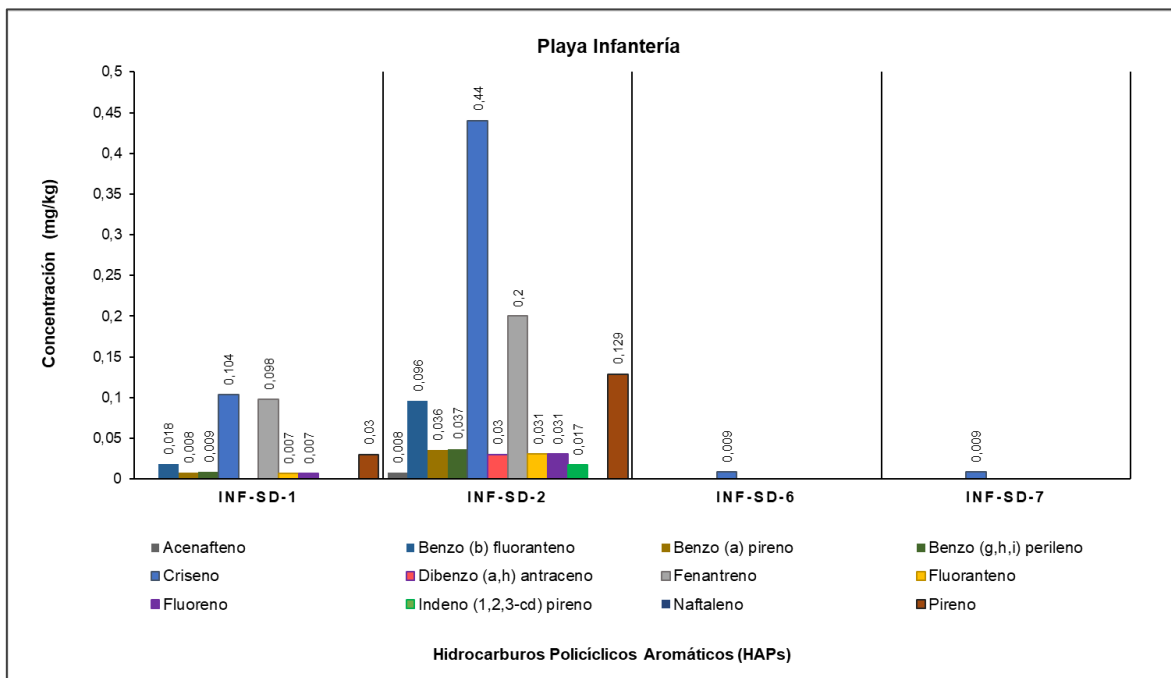


Figura 8.7. Composición y concentraciones de HAPs en puntos de muestreo que superaron los NF y NR establecidos para HAPs en sedimento intermareal en la playa Infantería

La variedad de HAPs registrados entre los puntos de muestreo INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7 (12 compuestos), ubicados en la zona intermareal de la playa Infantería, indica que la arena de playa presenta compuestos aromáticos con alto potencial tóxico a nivel ambiental reconocido (Figueroa y Marino-Dávila, 2004; Montes, 2008), por su resistencia a la biodegradación, potencial de bioacumulación, toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad (Corona-Ramírez y Iturbe-Argüelles, 2005).

Cabe indicar que, según el análisis granulométrico y las observaciones en campo, la playa Infantería tiene condición arenosa y gravosa por lo que presenta alta permeabilidad y capacidad de infiltración, lo cual, permitiría la movilidad o retención de los componentes del petróleo que estaría sujeto a sus características físicas como su solubilidad y viscosidad. (Alvaro et al., 2017). Esta última característica, basada en la información obtenida de la caracterización del crudo derramado por la Refinería La Pampilla, tiene un valor de viscosidad de 44,21 cSt a 20 °C, que corresponde una alta viscosidad a temperatura ambiente, que determina una mayor capacidad de retención en el sustrato (Maroto, 2003).

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 crudo²⁶ por parte del administrado, tal como se muestra

²⁶ 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).

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

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

en la Tabla 8.1. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

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

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

Fuente: Relapasaa

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que en los 5 puntos de muestreo evaluados, presentaron concentraciones de níquel superiores a los niveles de fondo o de referencia (NF_{Ni}: 3,64 mg/kg y NR_{Ni}: 4,39 mg/kg), y para el caso de vanadio, en 2 de los 5 puntos evaluados (INF-SD-5 y INF-SD-6), superaron los niveles de fondo o de referencia (NF_V: 33,01 mg/kg y NR_V: 47,06 mg/kg); tal como se indica en la Tabla 7.3 del ítem Resultados y el Anexo N.° 5 del informe de EAC en la playa Infantería.

Con base a los resultados de la caracterización del crudo y su comparación con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1, se identificó que los metales cobre, calcio, fósforo, hierro, níquel, plomo, sodio y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos, debido a encontrarse en concentraciones próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Anexo N.° 6 del informe de EAC en la Infantería). Asimismo, con relación al níquel y vanadio, en puntos que superaron los NF, los resultados estuvieron entre 3,96 mg/kg y 6,59 mg/kg para níquel y 37mg/kg y 47 mg/kg para vanadio. Por lo tanto, no se identificó una relación de la excedencia de los Niveles de fondo con las concentraciones reportadas en el hidrocarburo; siendo otros factores, como las condiciones geológicas de la playa los que determinen los valores registrados.

Identificación de focos potenciales de contaminación

En el sector central de la playa Infantería, se identificó un foco potencial de contaminación²⁷, una zona rocosa compuesta principalmente de cantos rodados y bloques de rocas ígneas y

²⁷

Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados aprobado mediante Decreto Supremo N.° 012-2017-MINAM
Artículo 4.- Definiciones

(...)

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

(...)

sedimentarias que fue evaluado con la verificación del área mediante una «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Infantería), que recogió información mediante observaciones organolépticas y evaluación del entorno. Asimismo, se determinó presencia de hidrocarburos de acuerdo con las evidencias encontradas. Las características se detallan en la Tabla 8.2.

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

N.º	Foco potencial identificado	Características / Descripción	Medio de evidencia	Área aproximada afectada
1	Zona rocosa ubicada en el sector central la playa Infantería. Impregnada parcialmente por hidrocarburos en proceso de degradación	- Área rocosa (bloques y cantos rodados) con presencia discontinua de hidrocarburos de petróleo en proceso de degradación. - Zona con presencia de moluscos (<i>Echinolittorina peruviana</i>) y macroalgas. - Características organolépticas de hidrocarburos: - Color - Textura (viscosidad al tacto)	Organoléptica, frotis y raspado	400 m²

Fuente: Anexo N.º 3 del EAC del informe de la EAC en la playa Infantería

Organolépticamente, se evidenció presencia de hidrocarburos en proceso de degradación (fotooxidación) impregnados en rocas. Se observó color oscuro típico, olor a hidrocarburos y viscosidad con residuos y textura (ligeramente aceitoso al tacto al realizar un frotis y raspado directo sobre las rocas). La distribución fue discontinua entre las rocas y sus intersticios, así como en el sedimento residual donde se observó restos de hidrocarburos de petróleo en proceso de fotooxidación impregnados con o sin arena sobre la superficie rocosa. El área está parcialmente sumergida por la marea (franja infralitoral y supralitoral), donde se identificó presencia de macroalgas (Figura 8.8) y especies de macrobentos detalladas en la Figura 7.4 (Ítem Hidrobiología).



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



Figura 8.8. Evidencias observadas organolépticamente (color y textura) durante la identificación del foco potencial de contaminación en la playa Infantería (en a,b, c y d), vista panorámica del área (en e) y macroalgas en la franja infralitoral (en f)

En la Figura 8.9, se muestra el área delimitada como foco potencial de contaminación en la playa Infantería, que comprendió 400 m² (0,040 ha) aproximadamente.



Figura 8.9. Área rocosa evaluada y determinada como foco potencial de contaminación en la zona intermareal de la playa Infantería

En la playa Infantería, el foco potencial de contaminación identificado comprende un afloramiento rocoso de material residual pedregoso (bloques y cantos rodados), con microrrelieve ondulado, los cuales son factores que combinados con las condiciones fisicoquímicas del crudo determinarían su transporte y liberación de nuevo hacia el mar o mediante la infiltración hacia el subsuelo. La presencia de hidrocarburos en proceso de degradación, comprende mezclas complejas de compuestos orgánicos como hidrocarburos alifáticos y aromáticos en diferentes proporciones (Minam, 2021).

Considerando el uso actual del área, dicho foco es un área restringida a la población; sin embargo, presenta afluencia regular de militares de la Base Naval de Infantería de la Marina que realiza actividades físicas con regularidad. Se desconoce el uso futuro de esta área específica; sin embargo, de no ejecutarse actividades en la misma, se espera que sea rehabilitado para reintegrarse a su entorno y permanecer siendo parte del ecosistema marino-costero.

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

**Tabla 8.3.** Mecanismos de migración de los compuestos relevantes de interés hacia el ambiente y posibles receptores

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación	Sustancias relevantes de interés	Receptores
Afloramiento rocoso de material residual pedregoso (bloques y cantos rodados), con características organolépticas de hidrocarburos (color, textura)	Sedimento – drenaje – agua superficial (ingestión o contacto)	- Hidrocarburos totales del petróleo - Fracción de hidrocarburos F_1 (C_6-C_{10}), F_2 (C_{10}-C_{28}) y F_3 (C_{28}-C_{40}) - Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	- Personas que se trasladan al área para realizar actividades diversas (como recreativa) - Receptores ecológicos²⁸ (flora, fauna y ecosistemas)
	Sedimento — drenaje – agua superficial – agua subterránea (ingestión o contacto)		
	Agua superficial – dispersión superficial o inundaciones – contacto directo (ingestión y/o contacto)		
	Agua superficial – drenaje – infiltración – agua subterránea (ingestión y/o contacto)		

Respecto a la evaluación del estado de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, en la comparación de los resultados obtenidos desde playa Infantería con los puntos blancos se puede constatar la existencia diferencia en términos de riqueza y abundancia.

La riqueza en la orilla rocosa en playa Infantería fue, en todos los casos, menor que la observada en los puntos blancos (BrE-1, BrSP-1), destacando la baja contribución de gusanos poliquetos (Phylum Annelida) en playa Infantería en comparación a los sitios blancos (Figura 8.10).

Los mitilidos no fueron el componente predominante de la franja mediolitoral, su mayor densidad dentro de playa Infantería se restringió hacia el límite sur (INF-HB-R1), en los bloques rocosos del escolladero, donde macroalgas como *Ahnfeltiopsis* sp. ocuparon el sustrato de manera más eficiente. Los parches de mitlidos observados fueron pequeños y por debajo de los 500 ind/0,0625m², muy por debajo de lo registrado en los sitios blancos.

28

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



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección De Evaluación
Ambiental

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

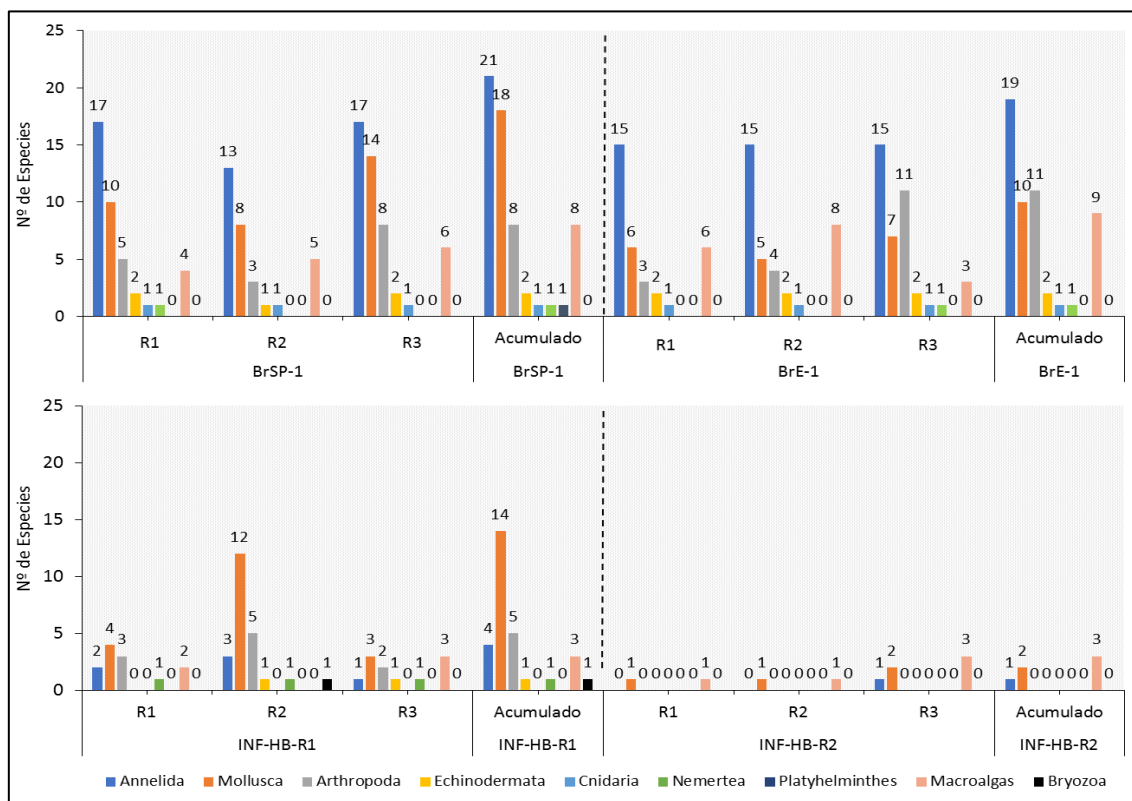


Figura 8.10. Comparación de la riqueza de especies por grupo taxonómico de playa Infantería comparado con los puntos blancos

Analizando los resultados de la muestra (réplica) con mayor riqueza en playa Infantería, la riqueza de invertebrados dentro de la matriz de mitilidos de la muestra INF-HB-R1 (R2) fue de 21 especies, un valor muy cercano al registrado en los sitios blancos; sin embargo, la abundancia total (187 Ind/0,0625m²) estuvo muy por debajo de las abundancias registradas en los sitios blancos (Figura 8.11), lo que sugiere un cambio negativo en INF-HB-R1 en comparación con la comunidad de macrobentos de orilla rocosa de los sitios blancos.

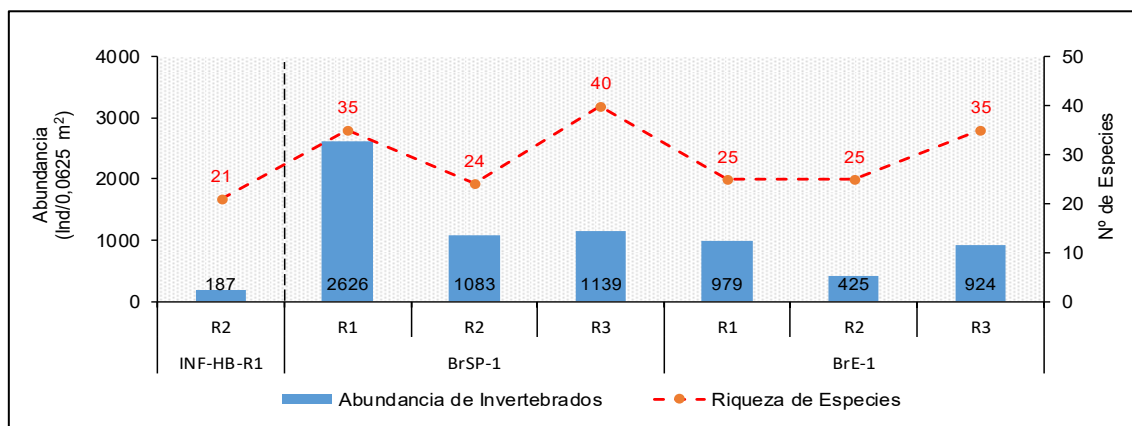


Figura 8.11. Registro de abundancia y riqueza de invertebrados en las matrices de mitilidos presentes en la orilla rocosa de INF-HB-R1 (R2) y playas blancas

Sobre la zona pedregosa de INF-HB-R2, no se distinguió claramente la zonación propia de la orilla rocosa (Paredes et al., 1974) dadas las características de la playa dominada principalmente por sustrato tipo canto rodado. Sobre los bloques rocosos se pudo encontrar una amplia cobertura de *Ulva* sp. una especie oportunista cuya máxima expansión sobre la franja litoral responde a un incremento en el nivel de perturbación (Jones & Pinn, 2006).

La evaluación en roca verificó la presencia de restos de hidrocarburo sobre los cantos rodados en la franja supralitoral de playa Infantería (Figura 8.8), y en consecuencia una afectación negativa por derrame de hidrocarburo sobre el sustrato, una de las consecuencias de la mortandad de especies es la pérdida de los herbívoros dominantes, lo que permite una rápida colonización del sustrato por algas verdes, como lo han reportado Penela-Arenaz (2009) y tal como se evidencia en la evaluación de playa Infantería (Figura 8.12). Los resultados obtenidos en playa Infantería reflejarían esta condición, una comunidad macrobentónica incipiente de baja abundancia y dominada por algas verdes.

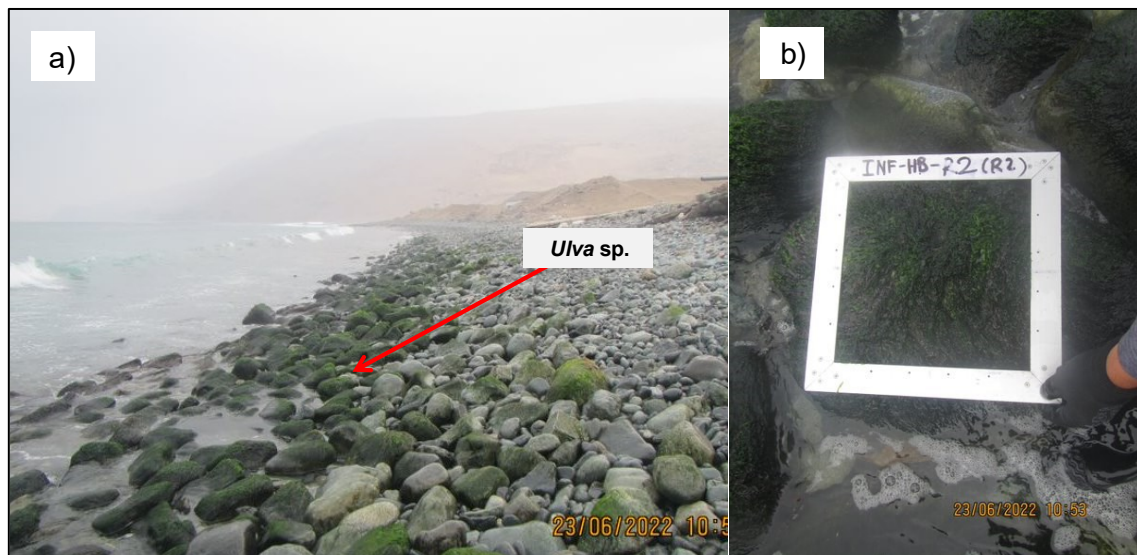


Figura 8.12. Orilla rocosa en playa Infantería: a) franja mediolitoral de INF-HB-R2 dominada por alga verde del género *Ulva*, b) colecta de muestras de macroinvertebrados desde las matrices de algas verdes

La predominancia de algas verdes puede modificar la estructura comunitaria circundante (Jones & Pinn, 2006), conformando un ensamble macrobentónico que difiere de otras comunidades como los mitilidos (Paredes y Tarazona, 1980; Baldarrago, et al., 2017), los análisis de agrupamiento sustentan esta condición (Figura 8.13), mostrando que los grupos taxonómicos en los sitios blancos (BrE-1, BrSP-1) difieren de los de playa Infantería, siendo parcialmente semejantes con INF-HB-R1 debido a la presencia de mitilidos.

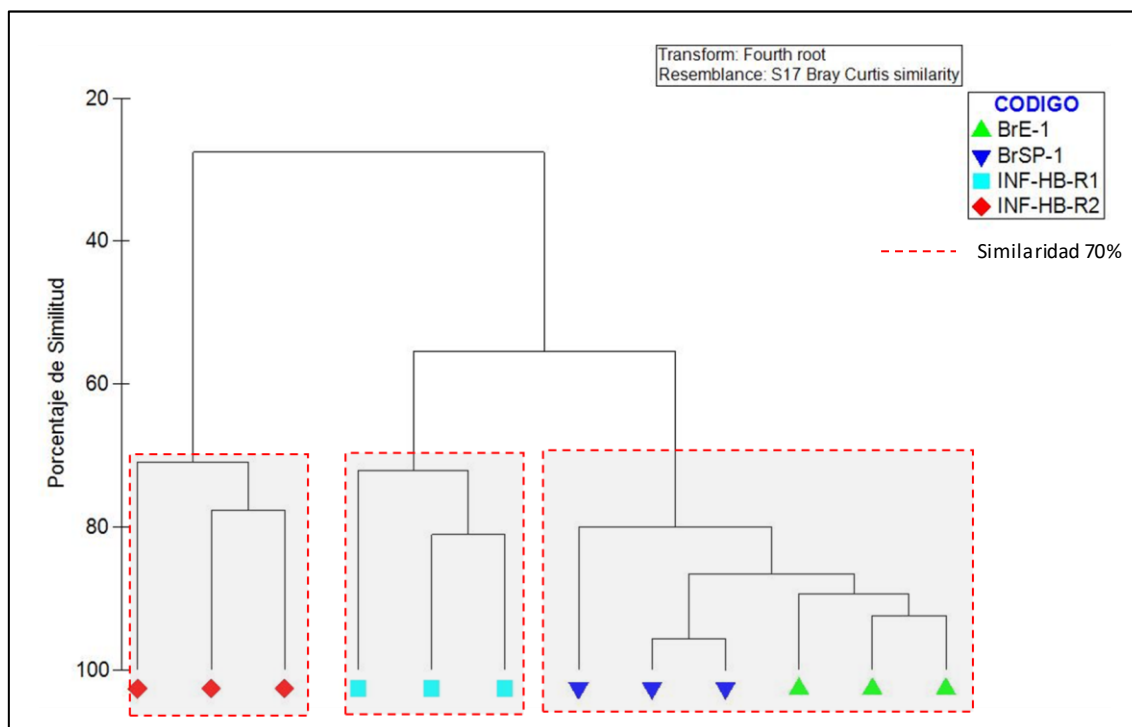


Figura 8.13: Dendrograma de clasificación para la composición de especies de la comunidad de macrobentos en playa Infantería y puntos blancos (BrSP-1, BrE-1).

9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en la playa Infantería (según la denominación de la CSIG), con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del Decreto Supremo N.º 005-2021-EM «*En caso que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder,...*», no se evidenció superación de los ECA para agua (2017); se evidenció superación del nivel de fondo de TPH (C₆-C₄₀) e Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos en aproximadamente 1,3 ha de las 1,5 ha evaluadas que corresponden al sedimento (arena de playa) de la zona intermareal en la playa Infantería; existe afectación y alteración negativa en la comunidad de macrobentos en el ambiente intermareal de orilla rocosa. Además, se determinó un área total afectada de 0,04 ha identificados como foco potencial de contaminación en sustrato rocoso, durante la evaluación realizada el 23 de junio de 2022, Lo cual se detalla en la Tabla 9.1.

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

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

Tabla 9.1. Resumen de resultados obtenidos

N.º	Verificación de formaciones costeras – CSIG OEFA			Condición, según evaluación	Componentes afectados
	Formación costera	Coordenadas UTM, WGS 84 18 L			
		Coordenadas de inicio y final			
		Este	Norte		
1	Playa Infantería	263413 – 263539	8700444 – 8700889	Afectada	- Sedimento (TPH, HAPs) - Hidrobiología (macrobenitos de orilla rocosa) - Roca*

*: Presencia de hidrocarburos de petróleo en zonas rocosas de la zona intermareal de la playa Infantería, verificada mediante un sondeo visual y el uso de la «Ficha de verificación de presencia de hidrocarburos en sedimento grava y afloramientos marinos» (Anexo N.º 3 del informe de la EAC en la playa Infantería), que recogió la información mediante observaciones organolépticas en un diseño de verificación de tipo razonado. Y determinada como «foco potencial de contaminación», según los criterios para su priorización y validación basado en la Guía orientativa para la Caracterización y ponderación de focos potenciales de contaminación de la Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos, en el marco del Decreto Supremo N.º 002-2013-MINAM.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en la zona intermareal determinó que en INF-AS-1, INF-AS-2, INF-AS-5, INF-AS-6 y INF-AS-7 en la playa infantería, 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 con la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras» y «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto Primario» para Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Para metales totales, 32 metales cumplieron (a excepción del boro en todos los puntos de muestreo, que superó referencialmente el ECA para agua (2017) de la Cat.1 B1) con los ECA para agua (2017) de la Cat.4 E3, y referencialmente con los ECA para agua (2017) de la Cat.2 C3 y Cat.1 B1 en los 5 puntos de muestreo; donde la presencia, para el caso del boro, no tendría una relación con la actividad evaluada.
- La evaluación de la calidad del sedimento (arena de playa) en la zona intermareal estableció que, en 4 de los 5 puntos de muestreo (INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7) en la playa Infantería, se superaron las concentraciones de los Niveles de Fondo (<0,30 mg/kg) y Niveles de Referencia (<0,30 mg/kg) para Hidrocarburos Totales del Petróleo TPH(C₆-C₄₀); registrándose la mayor afectación en el punto INF-SD-2, por presentar una concentración máxima de 1043 mg/kg de TPH(C₆-C₄₀).
- En sedimento (arena de playa), se superaron los Niveles de Fondo para 8 de los 9 metales (cobre, calcio, fósforo, hierro, níquel, plomo, sodio y vanadio) registrados en la zona intermareal de la playa Infantería, evaluados por su relación con composición del crudo derramado; cuyas concentraciones resultaron próximos a los valores de NF y NR establecidos en los 5 puntos muestreados. Determinándose que no se encontró relación alguna con el derrame de hidrocarburos.



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

- Los puntos de muestreo INF-SD-1, INF-SD-2, INF-SD-6 y INF-SD-7, en la zona intermareal de la playa Infantería, registraron concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (Acenafteno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno y Pireno), que superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia para 12 de los 17 compuestos evaluados, los que estuvieron directamente relacionados a los puntos con TPH_(C6-C40) en concentraciones superiores al NF_{THP} (<0,30 mg/kg).
- La evaluación hidrobiológica determinó que existe evidencia de alteraciones o cambios negativos sobre la comunidad de macrobentos en el ambiente intermareal de orilla rocosa de playa Infantería.
- Se identificó un foco potencial de contaminación en una zona rocosa de 0,04 ha de área, donde se evidenció presencia de hidrocarburos de petróleo mediante caracterización organoléptica, el cual presenta condiciones favorables para la dispersión y transporte de restos de hidrocarburos en proceso de degradación con potencial de afectación a personas y receptores ecológicos.

10. RECOMENDACIONES

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

11. BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, R.S.K. y Hughes, R. (1999). An Introduction to Marine Ecology, Third Edition.
- Baldarrago, D., Pastor Cuba, R., Aragón, B., Liza, C. y Tejada Cáceres, A. (2017). Diversidad y Abundancia de las comunidades bentónicas en matrices de organismos bioingenieros de las regiones de Moquegua y Tacna, 2015. Informe Instituto del Mar del Peru, 44(3): 429 – 441.
- Carefoot, T. (1977). Pacific seashores: a guide to intertidal ecology. University of Washington Press. Seattle. 208 pp.
- Corona-Ramírez, L. y Iturbe-Argüelles, R. (2005). Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. Ingeniería, investigación y tecnología, 6(2), 119-126.
- Figueruelo, J. y Marino-Dávila, M. (2004). Química Física del Medio Ambiente y de los Procesos Ambientales. Editorial Reverté. Ciudad de México. México. 614 p.
- Ibanez-Erquiaga, B., Pacheco, A.S., Rivadeneira, M.M. y Tejada, C.L. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5° S Southeast Pacific). PLOS ONE 13: e0208244 DOI 10.1371/journal.pone.0208244.



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

- Jones M, Pinn E (2006). The impact of a macroalgal mats on benthic biodiversity in Poole Harbour. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 63-71.
- Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G. y Sylaios, G. (2021). Oil spill modeling: a critical review on current trends, perspectives, and challenges. *Journal of marine science and engineering*, 9(2), 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>.
- Kerr, J.M., McMillen, S.J., Magaw, R.I., Melton, H.R y Naughton, G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydrocarbons. The petroleum Environmental Research Forum, USA.
- Maroto, E. (2003). Procesos de evolución de la descontaminación "in situ" de suelos afectados por hidrocarburos (Doctoral dissertation, Caminos). Universidad Politécnica de Madrid.
- Menge, B. A. y Branch, G. M. (2001). Rocky intertidal communities. Capítulo 9 In: Bertness, M. D., S. D. Gaines, M. E. Hay (eds) *Marine community ecology*. Sunderland; Sinauer Associates, pág 221-251.
- Minam, 2021. Resolución Ministerial N.º 118-2021-MINAM. Anexo A. Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación.
- Moreno, R.A., Labra, F.A., Cotoras, D.D., Camus, P.A., Gutiérrez, D, Aguirre, L., Rozbaczylo, N., Poulin, E., Lagos, N.A., Zamorano, D., Rivadeneira, M.M. (2021). Evolutionary drivers of the hump-shaped latitudinal gradient of benthic polychaete species richness along the Southeastern Pacific coast. *PeerJ* 9: e12010 DOI 10.7717/peerj.12010.
- Paredes C. (1974). El modelo de zonación de la orilla rocosa del Departamento de Lima. *Revista Peruana de Biología*, 1(2): 168-191.
- Paredes C., Cardoso F. y Tarazona J. (1999). Invertebrados del intermareal rocoso del departamento de Lima, Perú: Una lista comentada de especies. *Revista Peruana de Biología*. 6(2): 143-151.
- Paredes, C. y Tarazona, J. (1980). Las comunidades de mitilidos del mediolitoral rocoso del departamento de Lima. *Revista Peruana de Biología*, 2(1): 59-71.
- Penela-Arenaz M., J. Bellas, E. Vázquez (2009). Chapter five: effects of the prestige oil spill on the biota of NW Spain: 5 years of learning. *Adv. Mar. Biol.*, 56: 365-396
- Reible, D. (2014) *Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments*. Springer, 496 p.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A., Lourie, S.A., Martin, K.D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C.A., Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: a



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

bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience 57(7):573–583 DOI
10.1641/B570707.