# 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 BALNEARIO LA MARINA

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA**

**DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**2022**

Profesionales que aportaron a este documento:

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: AGUIRRE MENDEZ Luis Angel FIR 42161108 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02/06/2022 20:24:28-0500

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: HUARACA QUISPE Lidia Prisila FIR 44170390 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02/06/2022 20:11:54-0500

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: SALDAÑA ALFARO Diber Rolando FIR 45765928 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02/06/2022 19:13:30-0500

Firmado digitalmente por: CHUQUISENGO PICON Llojan FIR 43052135 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 02/06/2022 22:04:30-0500

## 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 ..... 16
6.4. Equipos utilizados ..... 19
6.5. Procesamiento de datos ..... 19
6.6. Criterios de evaluación ..... 19
7. RESULTADOS ..... 24
7.1. Zona Intermareal ..... 24
7.1.1. Agua superficial de mar ..... 24
7.1.2. Sedimento (arena de playa) ..... 26
7.1.3. Hidrobiológico ..... 28
7.1.4. Superficie de litoral ..... 33
7.2. Zona submareal ..... 33
7.2.1. Agua Superficial ..... 33
7.2.2. Sedimento ..... 35
7.2.3. Hidrobiológico ..... 38
8. DISCUSIÓN ..... 39
8.1. Zona Intermareal ..... 40
8.2. Zona submareal ..... 53
9. CONCLUSIONES ..... 57
10. RECOMENDACIONES ..... 58
11. BIBLIOGRAFÍA ..... 58

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 6.1**. Guías empleadas para el muestreo de componentes ambientales evaluados ... 7
**Tabla 6.2**. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina ... 11
**Tabla 6.3**. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina ... 12
**Tabla 6.4**. Ubicación de los puntos de *Emerita analoga* (muy-muy) y macrobentos en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina ... 13
**Tabla 6.5.** Ubicación de los puntos de muestreo de macrobentos y *Emerita analoga* (muy-muy) en la zona intermareal de las playas control (puntos blanco) ... 13
**Tabla 6.6**. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar y sedimentos en la zona submareal de la playa Balneario La Marina ... 15
**Tabla 6.7**. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Balneario La Marina ... 15
**Tabla 6.8**. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de las playas control (puntos blanco) ... 15
**Tabla 6.9.** Parámetros evaluados en agua superficial, sedimento, *Emerita analoga*, macrobentos y megabentos ... 16
**Tabla 6.10.** Comparación de resultados para agua superficial de mar y sedimento en ambiente intermareal y submareal, según los ECA vigente y niveles de fondo ... 21
**Tabla 7.1.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina ... 24
**Tabla 7.2**. Concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimento intermareal ... 27
**Tabla 7.3**. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal ... 28
**Tabla 7.4.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Balneario La Marina ... 33
**Tabla 7.5.** Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Balneario La Marina ... 37
**Tabla 8.1.** Características del petróleo crudo derramado – Refinería La Pampilla ... 46

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 4.1.** Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Balneario La Marina ..... 5
**Figura 5.1.** Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo de la playa Balneario La Marina ..... 6
**Figura 6.1.** Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Balneario La Marina ..... 9
**Figura 6.2.** Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Balneario La Marina ..... 10
**Figura 6.3.** Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Balneario La Marina..... 11
**Figura 6.4.** Puntos de muestreo de agua submareal y sedimento ubicados en la playa Balneario La Marina ..... 14
**Figura 7.1**. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Balneario La Marina..... 29
**Figura 7.2**. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina..... 29
**Figura 7.3**. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina..... 30
**Figura 7.4**. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina..... 30
**Figura 7.5**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina ..... 31
**Figura 7.6**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina ..... 32
**Figura 7.7**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina ..... 32
**Figura 7.7.** Concentraciones de TPH $C_6$ – $C_{40}$ en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina..... 35
**Figura 7.8.** Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina..... 36
**Figura 7.9.** Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina..... 37
**Figura 7.10.** Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina..... 38
**Figura 7.11**. Abundancia de especies de megabentos en la playa Balneario La Marina... 39
**Figura 8.1.** Modelo conceptual de la distribución y transporte de petróleo crudo en el medio acuático - playa Balneario La Marina..... 40
**Figura 8.2.** Vista del entorno del punto de muestreo BLM-SD-3, y vista del sedimento con hidrocarburos evidentes. ..... 42
**Figura 8.3.** Distribución de TPH ($C_6$-$C_{40}$) en la playa Balneario La Marina y el alcance proyectado. ..... 43
**Figura 8.4.** Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Balneario La Marina..... 44
**Figura 8.5.** Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Balneario La Marina..... 45
**Figura 8.6.** Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco..... 48

**Figura 8.7.** Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco..... 49
**Figura 8.8**. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco ..... 50
**Figura 8.9.** Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado de Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco ..... 51
**Figura 8.10.** Comparación de la riqueza de especies de Balneario La Marina comparado con los puntos blanco..... 52
**Figura 8.11.** Punto BLM-R3 mostrando el sustrato rocoso con restos impregnados de hidrocarburos..... 53
**Figura 8.12.** Presencia y ausencia de TPH en los puntos evaluados en la zona submareal de la playa Balneario La Marina..... 55
**Figura 8.13.** Abundancia de especies de megabentos en la playa Balneario La Marina comparado con los puntos blancos (Playa La Encantada, La Herradura y Cocoy)..... 56

## 1. INTRODUCCIÓN

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

El Ministerio del Ambiente mediante Resolución Ministerial N.º 021-2022-MINAM del 23 de enero de 2022 publicó la Declaratoria de emergencia ambiental[2] 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 resolución[2], 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, se aprobó 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° 00299-2022-OEFA/DSEM de fecha 25 de febrero de 2022 y el Memorando N°480-2022-OEFA/DSEM, 24 de marzo de 2022, encargó a la Dirección Evaluación Ambiental la verificación de la limpieza de las playas y Áreas Naturales Protegidas y ecosistemas frágiles., afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N° 2 de Refinería La Pampilla, ocurrido los días 15 y 24 de enero del 2022.

1 Buque de bandera italiana

2 Resolución Ministerial Nº 021-2022-MINAM, «Declaran en emergencia ambiental área geográfica que comprende la zona marina costera y aprueban Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la atención de la emergencia ambiental», con fecha 21 de enero de 2022.

La verificación de limpieza de playas fue atendida mediante una evaluación ambiental de causalidad (EAC)[3] que fue realizada en el marco de la función evaluadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 66°[4] del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos - RPAAH, aprobado por Decreto Supremo Nº 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.3[5], 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 del 30 de marzo al 06 de abril del 2022 (30 de marzo; 01, 02, 04 y 06 de abril), que tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de la limpieza de la zona marino costera (zonas rocosas, arenas, fauna) de la playa Balneario La Marina, realizada por REPSOL debido a la afectación por el derrame de petróleo ocurrido frente a la refinería La Pampilla. La evaluación de la calidad ambiental a nivel intermareal y submareal del agua superficial, sedimento[6] (arena de playa y sedimento marino), el estado de la comunidad del megabentos y de la población de *Emerita análoga* (muy-muy) consideró la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) vigente, los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) establecidos para sedimento en relación a los hidrocarburos de petróleo y otros elementos (asociados a la caracterización del petróleo derramado) en zonas "blanco", con condiciones similares a la playa evaluada, las cuales no fueron afectadas por el derrame precisado. Complementariamente, se realizó fotogrametría con Sistemas de

3 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*.»

4 **Decreto Supremo Nº 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.*»

5 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*».

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

Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) para la evaluación en superficie de litoral de la zona marino-costera de la playa Balneario La Marina, con el fin de identificar superficialmente colores y texturas que representen manchas de petróleo crudo tanto en arena de playa como en la zona rocosa.

## 2. ANTECEDENTES

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de la Refinería La Pampilla S.A.A., José Reyes Ruiz (jreyesr@repsol.com), registró la emergencia ambiental con código EA22-00045 en el Sistema de Gestión de Emergencias Ambientales - SGEA del OEFA, referida al derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque *Mare Doricum*[7], en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, ubicado en el distrito de Ventanilla, provincia y departamento Constitucional del Callao, ocurrida el 15 de enero de 2022 a las 17:25:00 horas.

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

En atención a la emergencia, las acciones inmediatas realizadas por la Dirección de Evaluación Ambiental fueron: 1) Realizar una Evaluación Ambiental Focal[8] 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 Seguimiento[9] 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 Seguimiento[10], realizadas entre 17 al 27 de febrero de 2022, para identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de las playas de los distritos Ancón, Santa Rosa (provincia Lima) y Ventanilla (Provincia Constitucional del Callao), departamento de Lima, como consecuencia del derrame de petróleo crudo.

---

7 Buque de bandera italiana.

8 INFORME N.°00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. 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.

9 REAS-035-2022-STEC. 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.

10 REAS-036-2022-STEC. 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.

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

Por otro lado, Relapasaa, mediante Escrito Repsol S/N del 01 de febrero de 2022, Carta RLP-GSCMA-057-2022 del 04 de febrero de 2022, , RLP-GSCMA- 155-2022, de fecha 15 de febrero de 2022, carta RLP-GSCMA- 213-2022 de fecha 23 de febrero de 2022 carta RLPGSCMA- 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 y carta RLP-GSCMA-423-2022, de fecha 25 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-400-2022 del 24 de marzo de 2022, carta RLP-GSCMA-490-2022 del 08 de abril de 2022, carta RLP-GSCMA-515-2022, de fecha 13 de abril de 2022; comunicó el avance de las acciones de primera respuesta y la culminación de la limpieza de playas, entre las cuales se encuentra la Playa Balneario La Marina.

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

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo general

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

## 4. ÁREA DE ESTUDIO

La playa Balneario La Marina se ubica en el distrito de Ancón, provincia de Lima, departamento de Lima que fue afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido el 15 y 24 de enero de 2022, según las cartas emitidas por Repsol define los tramos de tratamiento en divisiones, segmentos[11] y ubicaciones puntuales[12] de las playas. (Figura 4.1).

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

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

La playa Balneario La Marina pertenece a la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en agua marino-costeras, según la «Clasificación del cuerpo de agua marino-costero» aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 030-2016-ANA el 25 de enero de 2016.

La evaluación ambiental se realizó en la zona marino-costera del segmento D-13 (dividido desde D-13-A hasta D-13-B[13]) que corresponden a la playa Balneario La Marina.

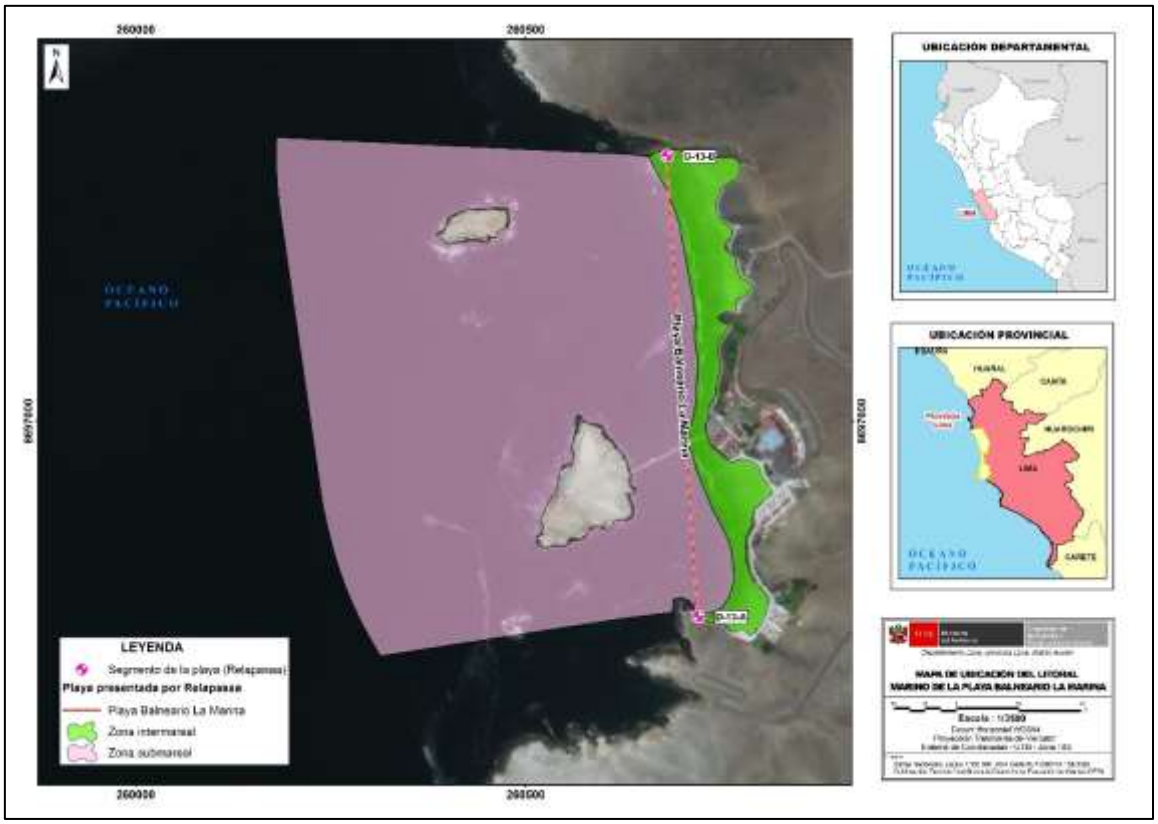


**Figura 4.1.** Mapa de ubicación del litoral marino de la playa Balneario La Marina
Fuente: CSIG-OEFA-2022.

## 5. MODELO CONCEPTUAL

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

Se evaluó la línea litoral a lo largo del área afectada por el derrame de petróleo en la playa Balneario La Marina, considerando la zona intermareal (orilla arenosa, pedregosa y rocosa) y submareal. Los componentes físicos evaluados fueron agua superficial de mar y sedimentos (arena de playa y sedimento submareal), mediante muestreos en embarcaciones y a pie a lo largo de la orilla; así también, la evaluación hidrobiológica se realizó con el apoyo de

13 El segmento de D-13 se ubica entre D-13-A (260720, 8696750) hasta D-13-B (260680 8697340).

embarcaciones para la inmersión de buzos en la zona submareal, y en la zona intermareal con muestreos en orilla rocosa en base a modelos de zonación y muestreo en orilla arenosa.

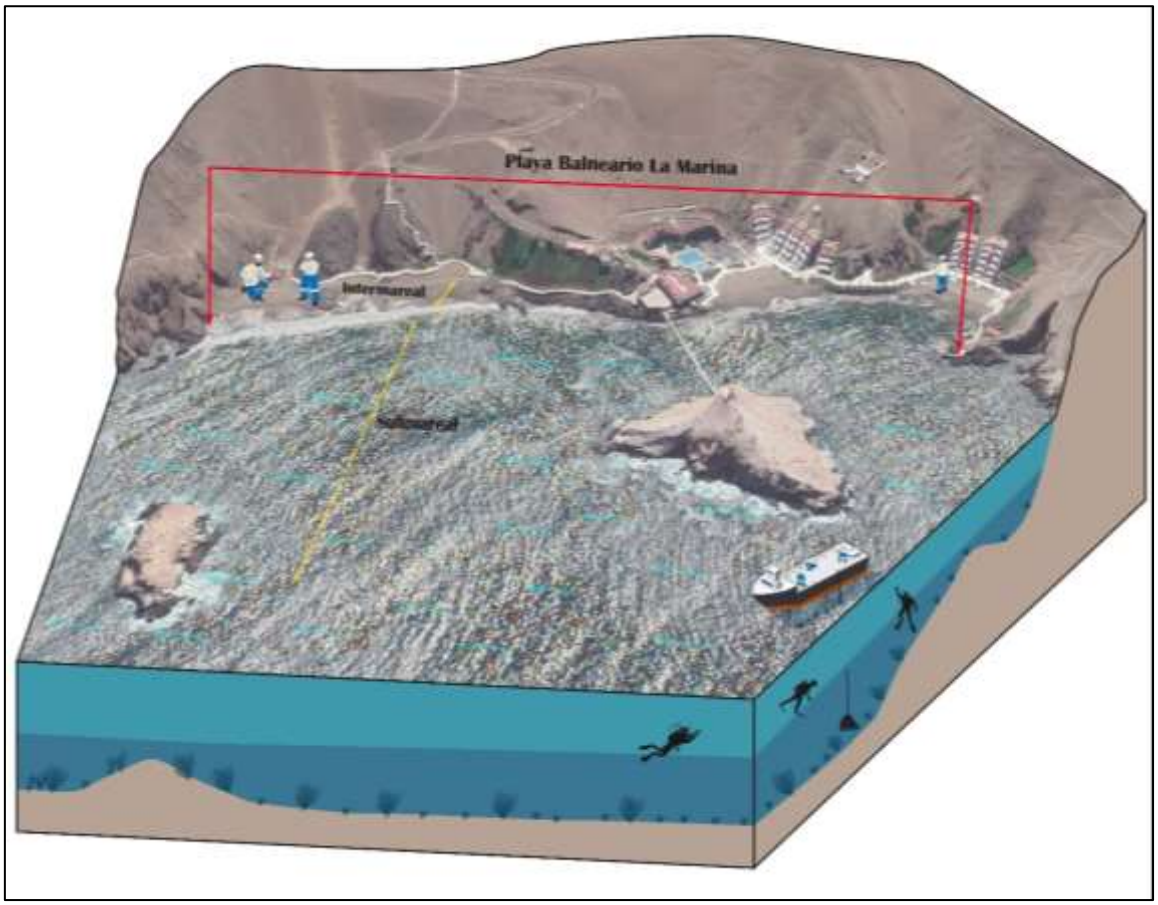


**Figura 5.1.** Modelo conceptual de la afectación por el derrame de petróleo crudo de la playa Balneario La Marina

## 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, sedimentos e hidrobiología, en la zona marino-costera de la playa Balneario La Marina.

### 6.1. Guías utilizadas para la evaluación

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

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

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

| Componentes ambientales | Guía/Protocolo/Manual/Procedimiento | Sección | Dispositivo Legal | Entidad | País |
|---|---|---|---|---|---|
| Megabentos | Methods for the Study of marine benthos | Section 4-4.1: Diving systems: Hookah systems y Section 4-4.3: Data collection and recording | Guía internacional | Hellenic Centre for Marine Research | Reino Unido 2005 |

## 6.2. Ubicación de puntos de muestreo

### 6.2.1.1. Zona Intermareal

La calidad del agua superficial de mar de la playa Balneario La Marina fue evaluada en un total de 4 puntos de muestreo distribuidos en toda la playa, a una distancia aproximada de 300 m entre puntos (Figura 6.1).

**Figura 6.1.** Puntos de muestreo de agua superficial de mar a nivel intermareal en la playa Balneario La Marina

En la zona intermareal se muestrearon 12 puntos de arena de sedimento (arena de playa) según las grillas que determinaron las áreas de potencial interés (API) detallados en el Plan de Evaluación Ambiental N.º 00043-2022-OEFA-DEAM-STEC, considerando un muestreo con profundidades que variaron de 0 – 40 cm, para los cuales se analizó Hidrocarburos Totales del Petróleo ($C_6$-$C_{40}$), así como las 3 fracciones de hidrocarburos presentes según la composición de cadenas carbonadas, fracción corta $F_1$ ($C_6$-$C_{10}$), fracción media $F_2$ ($C_{10}$-$C_{28}$) y fracción $F_3$ de cadena larga ($C_{28}$-$C_{40}$); HAPs, metales totales y análisis granulométrico en compósitos para caracterizar la playa.

**Figura 6.2.** Puntos de muestreo de sedimento intermareal en la playa Balneario La Marina

En el componente hidrobiológico, se evaluaron un total de 3 puntos en intermareal y 2 puntos en el ambiente submareal (Figura 6.3). Asimismo, se evaluaron 3 puntos blancos ubicados en las playas La Encantada, Cocoy y Chica. Las ubicaciones de los puntos blancos se muestran en el reporte de campo de playas blanco (Anexo N.º 3).

**Figura 6.3.** Puntos de muestreo de hidrobiología en la playa Balneario La Marina

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 Balneario La Marina.

**Tabla 6.2**. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina

| N.° | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | BLM-AS-1 | 260790 | 8696776 | 0 | Balneario La Marina, punto intermareal ubicado en la zona sur de la playa, aproximadamente a 100 m del Centro Naval Balneario, y a aproximadamente a 150 m al sureste del Islote Huaquilllo |

| N.° | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 2 | BLM-AS-2 | 260769 | 8696920 | 0 | Balneario La Marina, punto intermareal ubicado en la zona media de la playa, aproximadamente a 120 m al este del Islote Huaquilllo y 150 m del punto BLM-AS-1 |
| 3 | BLM-AS-3 | 260755 | 8697164 | 0 | Balneario La Marina, punto intermareal ubicado en la zona norte de la playa, aproximadamente a 250 m al noreste del Islote Huaquilllo y 250 m del punto BLM-AS-2 |
| 4 | BLM-AS-4 | 260710 | 8697301 | 0 | Balneario La Marina, punto intermareal ubicado en la zona norte de la playa, aproximadamente a 380 m al noreste del Islote Huaquilllo y 130 m del punto BLM-AS-3 |

**Tabla 6.3**. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento (arena de playa) en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | BLM-SD-1 | 260760 | 8696735 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 210 m del Club de La Marina |
| 2 | BLM-SD-2 | 260784 | 8696774 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 180 m del Club de La Marina |
| 3 | BLM-SD-3 | 260787 | 8696871 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 80 m del Club de La Marina |
| 4 | BLM-SD-4 | 260782 | 8696901 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 60 m frente al Club de La Marina |
| 5 | BLM-SD-5 | 260763 | 8696921 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 80 m frente al Club de La Marina |
| 6 | BLM-SD-6 | 260735 | 8696969 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 20 m al sur del puente del Club de La Marina |
| 7 | BLM-SD-9 | 260748 | 8697131 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 215 m al noroeste del Club de La Marina |
| 8 | BLM-SD-10 | 260754 | 8697167 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 250 m al noroeste del Club de La Marina |
| 9 | BLM-SD-11 | 260735 | 8697217 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 300 m al noroeste del Club de La Marina |
| 10 | BLM-SD-12 | 260728 | 8697252 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 341 m al noroeste del Club de La Marina |
| 11 | BLM-SD-13 | 260713 | 8697301 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 395 m al noroeste del Club de La Marina |

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 12 | BLM-SD-14 | 260701 | 8697339 | 0 | Ubicado en Balneario La Marina, aproximadamente a 417 m al noroeste del Club de La Marina |

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

**Tabla 6.4**. Ubicación de los puntos de *Emerita analoga* (muy-muy) y macrobentos en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | BLM-R1 | 260720 | 8696996 | 0 | Balneario La Marina, intermareal rocoso ubicado a aproximadamente 15 m al norte del puente que llega a la isla |
| 2 | BLM-2 | 260782 | 8696935 | 0 | Balneario La Marina, intermareal arenoso ubicado a aproximadamente 60 m al sur del puente que llega a la isla |
| 3 | BLM-R3 | 260698 | 8697343 | 0 | Balneario La Marina, intermareal rocoso ubicado en el extremo norte del Balneario |

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

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

### 6.2.1.2. Zona Submareal

Para la evaluación de agua superficial de mar y sedimento en la zona submareal se evaluaron 3 puntos de muestreo, ubicados al oeste de la playa Balneario La Marina. La Figura 6.4 muestra la ubicación de los puntos evaluados.

**Figura 6.4.** Puntos de muestreo de agua submareal y sedimento ubicados en la playa Balneario La Marina

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

**Tabla 6.6**. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial de mar y sedimentos en la zona submareal de la playa Balneario La Marina

| N.° | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Profundidad (m)* | Agua Superficial | Sedimentos | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | | | |
| 1 | MS-56 | 260181 | 8696908 | 21,1 | X | X | Punto submareal, ubicado aproximadamente a 0,4 km al oeste del Islote Huaquillo, y a 0,5 km al oeste de la playa Huaquilla en línea recta |
| 2 | MS-57 | 259164 | 8696863 | 36,9 | X | X | Reserva Nacional Islote Grupo de Pescadores, punto submareal ubicado aproximadamente 1,5 km al oeste de la playa Huaquilla |
| 3 | MS-58 | 258167 | 8696913 | 42,1 | X | X | Reserva Nacional Islote Grupo de Pescadores, punto submareal ubicado aproximadamente 2,5 km al oeste de la playa Huaquilla |

*Los datos de profundidad aplican para el muestreo de sedimento submareal

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

**Tabla 6.7**. Ubicación de los puntos de muestreo de megabentos en la zona submareal de la playa Balneario La Marina

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Profundidad (m) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 1 | BLM-S1 | 260310 | 8696652 | 14 | Ubicado al lado sur de playa Balneario La Marina, a aproximadamente 200 m de los acantilados. Fondo blando |
| 2 | BLM-S2 | 260537 | 8697142 | 8 | Ubicado al lado norte de Playa Balneario La Marina, a aproximadamente 200 m de los acantilados. Fondo blando |

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

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

| N.º | Código del punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L | | Profundidad (m) | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| 3 | BP-S1 | 213457 | 8758982 | 6 | Punto submareal ubicado frente a Playa Cocoy, distrito de Huacho, a aproximadamente 250 m de la linea de costa. Fondo Blando |

## 6.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6.9 se presentan los parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación del estado de calidad del agua superficial de mar, arena, sedimentos, megabentos y *Emerita analoga* en la playa Balneario La Marina.

**Tabla 6.9.** Parámetros evaluados en agua superficial, sedimento, *Emerita analoga*, macrobentos y megabentos

| Componente | Tipo de muestra | Parámetros | Cantidad | Método de análisis | Laboratorio contratado |
|---|---|---|---|---|---|
| Agua salina | Agua de mar – Zona Intermareal | Hidrocarburos totales de petróleo (C6-C40) | 4 | EPA Method 8015C Rev.03 2007 | ALAB E.I.R.L |
| | | Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) | 4 | EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018 | |
| | | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, 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 8270 E, Rev 6, Junio 2018 | |
| | | Aceites y grasas | 4 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017 | |
| | | Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc) | 4 | EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020 | |
| | | BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos) | 4 | EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007 | |
| Sedimentos | Arena de playa – Zona Intermareal | Hidrocarburos totales de petróleo (fracciones $F_1$, $F_2$ y $F_3$) | 12 | EPA Method 8015C. Rev.3 (2007) | AGQ PERU S.A.C. |

| Componente | Tipo de muestra | Parámetros | Cantidad | Método de análisis | Laboratorio contratado |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 | 12 | 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) | 12 | EPA Method 3050 B Rev2 / EPA Method 6020 B. Rev.2 | |
| | | Análisis granulométrico | 2 | ASTM D422-63 (Reapproved 2007) | ALS LS PERU |
| Agua salina | Agua superficial de mar – Zona Submareal | Hidrocarburos totales de petróleo ($C_6$-$C_{40}$) | 3 | EPA Method 8015C Rev.03 2007 | ALAB E.I.R.L |
| | | Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) | 3 | EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018 | |
| | | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): 1-Metilnaftaleno, 2-Metilnaftaleno, Acenafreno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3,-cd)pireno, Naftaleno, Pireno | 3 | EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018 | |
| | | Aceites y grasas | 3 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017 | |
| | | Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc) | 3 | EPA Method 200.8, Revision 5.4 / EPA Method 200.8, Revision 5.4. VALITED (Applied out of reach), 2020 | |

| Componente | Tipo de muestra | Parámetros | Cantidad | Método de análisis | Laboratorio contratado |
|---|---|---|---|---|---|
| | | BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m+p Xileno, Xileno, Xilenos) | 3 | EPA Method 5021A Rev. 2, 2014/EPA Method 8015C Rev. 3, 2007 | |
| Sedimentos | Sedimentos – Zona Submareal | Hidrocarburos totales de petróleo (Fracciones $F_1$, $F_2$ y $F_3$) | 3 | EPA Method 8015C. Rev.3 (2007) | AGQ PERU S.A.C |
| | | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (suma), Indeno (1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Pireno | 3 | EPA Method 8270E. Rev.6 (2018) | |
| | | Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc) | 3 | EPA METHOD 3050 B Rev2 / EPA METHOD 6020 B. Rev.2 | |
| | | Análisis granulométrico | 3 | ASTM D422-63 (Reapproved 2007) | ALS LS PERU |
| Hidrobiología | Hidrobiología – Zona Intermareal | Macrobentos (macroinvertebrados bentónicos) | 2 | SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900 | OEFA - OTEC |
| | | Analisi poblacional de *Emerita analoga* (muy muy) | 1 | SMEWW 10500 C (parte 2) SMEWW 10900 | OEFA - OTEC |
| | Hidrobiología – Zona Submareal | Megabentos | 2 | Methods for the Study of marine benthos - 2013 | *In situ* |

Fuente: Anexo 4: Informes de ensayo

**Agua Salina** Falta Submareal

Informes de ensayo: IE-22-5174, IE-22-5247, IE-22-5144, IE-22-5304, IE-22-5307 y IE-22-7441 emitidos por ALAB E.I.R.L.

**Sedimentos**

Informes de ensayo: SAA-22/00377, SAA-22/00378, SAA-22/00350, SAA-22/00351, SAA-20/00379, SAA-22/00310, SAA-22/00311, SAA-22/00312, SAA-22/00320, SAA-22/00321 y SAA-22/00322 emitidos por AGQ Perú S.A.C.

Informes de ensayo: 24916/2022, 23503/2022, 23504/2022 y 23507/2022 emitido por ALS LS Perú S.A.C.

**Hidrobiología**

Informes de ensayo: 080-2022-OEFA/OTEC, 081-2022-OEFA/OTEC, 082-2022-OEFA/OTEC, 169-2022-OEFA/OTEC, 170-2022-OEFA/OTEC, 171-2022-OEFA/OTEC, 172-2022-OEFA/OTEC, 176-2022-OEFA/OTEC, 177-2022-OEFA/OTEC,

### 6.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros de campo, los certificados de calibración, fichas de verificación y ajuste se detallan en los Reportes de campo N.º RC-033-2022-STEC, RC-021-2022-STEC y RC-022-2022-STEC.

### 6.5. Procesamiento de datos

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

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

### 6.6. Criterios de evaluación

**A nivel intermareal**

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

Referencialmente, se emplearon los ECA de la Categoría 1 B1 «Poblacional y Recreacional; Contacto Primario» (en adelante Cat. 1 B1) y Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat. 4 E3) para comparar los resultados de parámetros de interés[14] que la categoría Cat.2 C2 no incluía (ver Tabla 6.10).

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

Los resultados del análisis de sedimentos se compararon con los valores de nivel de fondo de hidrocarburos totales de petróleo, fracciones $F_1$, $F_2$ y $F_3$, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales totales determinados para sedimento intermareal (arena de playa) en zonas "blanco": playa Chorrillos (distrito Huacho, provincia Huaura) y las playas Agua Dulce (distritos Chorrillos) y Las Sombrillas (distrito Barranco), provincia Lima, detallados en el Informe N.º 00076-2022-OEFA/DEAM-STEC.

**A nivel submareal**

Para la zona submareal hasta los 500 m perpendicular de la orilla del ambiente intermareal (establecido según la «Clasificación del cuerpo de agua marino – costero», RJ N° 030-2016-ANA) el punto de muestreo MS-56 se comparó con la Categoría Cat. 2 C2 «Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» (en adelante Cat. 2 C2); mientras que los puntos de muestreo MS-57 y MS-58 se compararon con la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» (en adelante, Cat. 4 E3).

Referencialmente, se emplearon los ECA de la Categoría 1 B1 «Poblacional y Recreacional; Contacto Primario» (en adelante Cat. 1 B1) para comparar los resultados de parámetros de interés[15] que la categoría Cat.2 C2 no incluía. Además, algunos parámetros las Cat. 2 C2 y Cat. 4 E3 también se usaron de manera referencial, como se detalla en la Tabla 6.10.

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

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

composición del crudo de petróleo derramado que caracterizada por Repsol, según el Anexo F, Tabla I, información remitida por la DSEM del OEFA.

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

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

| Componente | Parámetro | | Unidad | ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales | ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático | Nivel de Fondo - Zona Intermareal | Nivel de fondo - Zona Submareal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras | E3: Ecosistemas costeros y marinos | | |
| Agua Superficial de Mar | Aceites y grasas | | mg/L | 1 | 5 | - | - |
| | TPH | | mg/L | 0,5*** | 0,5 | - | - |
| | TPH (Fracción aromática) | | mg/L | 0,007 | 0,01** | - | - |
| | BTEX | Benceno | mg/L | 0,05*** | 0,05 | - | - |
| | PAH | Benzo(a) Pireno | mg/L | 0,0001*** | 0,0001 | - | - |
| | | Antraceno | mg/L | 0,0004*** | 0,0004 | - | - |
| | | Fluoranteno | mg/L | 0,001*** | 0,001 | - | - |
| | Metales Totales | Níquel | mg/L | 0,1 | 0,082 | - | - |
| | | Vanadio | mg/L | 0,1* | 0,1* | - | - |
| Sedimento | TPH ($C_6$-$C_{40}$) | | mg/kg PS | - | - | <0,30 | 73,62 |
| | Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) | Acenafteno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Acenaftileno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Antraceno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Benzo (a) antraceno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Benzo (a) pireno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Benzo (b) fluoranteno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Benzo (e) pireno | mg/kg PS | - | - | < 0,030 | < 0,030 |
| | | Benzo (g,h,i) perileno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Benzo (k) fluoranteno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Criseno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Dibenzo (a,h) antraceno | mg/kg PS | - | - | < 0,0040 | < 0,0040 |
| | | Fenantreno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Fluoranteno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |

| Componente | Parámetro | | Unidad | ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales | ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático | Nivel de Fondo - Zona Intermareal | Nivel de fondo - Zona Submareal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras | E3: Ecosistemas costeros y marinos | | |
| | | Fluoreno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Indeno (1,2,3-cd) pireno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | | Naftaleno | mg/kg PS | - | - | < 0,003 | < 0,003 |
| | | Pireno | mg/kg PS | - | - | < 0,005 | < 0,005 |
| | Metales Totales | Aluminio | mg/kg PS | - | - | 7543 | 9581 |
| | | Antimonio | mg/kg PS | - | - | 0,06 | 0,105 |
| | | Arsénico | mg/kg PS | - | - | 7,09 | 11,42 |
| | | Bario | mg/kg PS | - | - | 15,8 | 40,74 |
| | | Berilio | mg/kg PS | - | - | 0,21 | 0,28 |
| | | Boro | mg/kg PS | - | - | 6,2 | 10,16 |
| | | Cadmio | mg/kg PS | - | - | 0,11 | 2,2 |
| | | Calcio | mg/kg PS | - | - | 14236 | 12468 |
| | | Cobalto | mg/kg PS | - | - | 3,71 | 4,87 |
| | | Cobre | mg/kg PS | - | - | 7,91 | 15,15 |
| | | Cromo | mg/kg PS | - | - | 8,64 | 15,04 |
| | | Estaño | mg/kg PS | - | - | 1,03 | 1,765 |
| | | Estroncio | mg/kg PS | - | - | 54,77 | 83,06 |
| | | Fósforo | mg/kg PS | - | - | 1159 | 1879 |
| | | Hierro | mg/kg PS | - | - | 12403 | 13958 |
| | | Litio | mg/kg PS | - | - | 9,14 | 17,62 |
| | | Magnesio | mg/kg PS | - | - | 4451 | 5165 |
| | | Manganeso | mg/kg PS | - | - | 185,5 | 177,5 |
| | | Mercurio | mg/kg PS | - | - | - | 0,0793 |
| | | Molibdeno | mg/kg PS | - | - | 0,28 | 0,7 |
| | | Niquel | mg/kg PS | - | - | 3,64 | 5,707 |
| | | Plomo | mg/kg PS | - | - | 7,56 | 16,64 |
| | | Potasio | mg/kg PS | - | - | 1007 | 1431 |

| Componente | Parámetro | | Unidad | ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales | ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático | Nivel de Fondo - Zona Intermareal | Nivel de fondo - Zona Submareal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras | E3: Ecosistemas costeros y marinos | | |
| | | Selenio | mg/kg PS | - | - | 1,79 | 2,59 |
| | | Sodio | mg/kg PS | - | - | 2081 | 4545 |
| | | Talio | mg/kg PS | - | - | 0,04 | 0,49 |
| | | Titanio | mg/kg PS | - | - | 507,7 | 691,6 |
| | | Vanadio | mg/kg PS | - | - | 33,01 | 42,48 |
| | | Zinc | mg/kg PS | - | - | 35,23 | 52,09 |

- No aplica
* Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para la recreación B1: Contacto primario
** Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
*** Se incluyeron referencialmente los valores del ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático E3: Ecosistemas costeros y marinos

Para la evaluación hidrobiológica se consideró a la población de *Emerita analoga* en el ambiente intermareal y a la comunidad de megabentos en el ambiente submareal. Se eligió a *E. analoga* por ser una especie de distribución continua en las playas de la costa central de Perú y por ser una de las especies dominantes de las playas de arena en el departamento de Lima (Tarazona et al., 1986), así mismo, los individuos de esta especie son consideradas como receptores ecológicos potencialmente muy importantes para la exposición a contaminantes en muchas áreas costeras (Barron et al., 1999).

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

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

las playas del sur del Callao, como es el caso de playa La Encantada y la Herradura, ambas ubicadas en el distrito de Chorrillos; en el caso de las playas blanco Cocoy y Chica, sus ubicaciones distantes al evento del derrame presentan condiciones adecuadas (libres de hidrocarburos) para hacer las comparaciones respectivas con las playas que correspondan. Otro criterio útil fue la disponibilidad de información previa de otros estudios que documentan el comportamiento y estado de las comunidades biológicas evaluadas en estas áreas o cercanas a las playas blanco (Tarazona et al., 1986; Sánchez, 1988; Arguelles et al., 2010, Ibanez-Erquiaga et al., 2018).

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

## 7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de calidad de agua superficial de mar y de sedimento, en la zona intermareal y submareal, realizada desde el 30 de marzo al 06 de abril del 2022 (30 de marzo; 01, 02, 04 y 06 de abril) en la playa Balneario La Marina. También se presentan los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos y de *Emerita analoga* en la zona intermareal; mientras que en la zona submareal se evaluó el megabentos. Complementariamente, se presentan los resultados de fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) para la evaluación en superficie de litoral.

### 7.1. Zona Intermareal

#### 7.1.1. Agua superficial de mar

Los resultados de las mediciones en campo y parámetros físico químicos en el agua de mar de la playa Balneario La Marina se detallan en el Anexo 5.

**Parámetros de campo**

En todos los puntos de muestreo de la playa Balneario La Marina, los valores de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (O.D.) cumplieron con los ECA para agua 2017 Cat. 2 C2 (Tabla 7.1). El potencial de hidrógeno se encontró entre 7,51 unidades de pH y 7,74 unidades de pH, el oxígeno disuelto presentó una media de 7,74 mg/L mayor a 3 mg/L establecido por el ECA en mención.

**Tabla 7.1.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona intermareal de la playa Balneario La Marina

| N.º | Código del punto de muestreo | Muestreo | | Parámetros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Fecha | Hora | T (°C) | pH (unidad de pH) | O.D. (mg/L) | C.E. (mS/cm) |
| 1 | BLM-AS-1 | 02/04/2022 | 08:40 | 16,6 | 7,51 | 7,58 | 51,5 |
| 2 | BLM-AS-2 | 02/04/2022 | 09:05 | 16,7 | 7,59 | 7,61 | 51,7 |
| 3 | BLM-AS-3 | 02/04/2022 | 09:45 | 16,7 | 7,63 | 7,99 | 52,2 |

| N.º | Código del punto de muestreo | Muestreo | | Parámetros | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Fecha | Hora | T (°C) | pH (unidad de pH) | O.D. (mg/L) | C.E. (mS/cm) |
| 4 | BLM-AS-4 | 02/04/2022 | 10:15 | 16,9 | 7,74 | 7,78 | 51,8 |
| Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM | | | **Cat. 2 C2** | **-** | **6,8 – 8,5** | **≥ 3** | **-** |

Fuente: Anexo 3: RC-033-2022-STEC

**Parámetros fisicoquímicos**

**Aceites y grasas**

Los resultados analíticos de aceites y grasas en agua superficial de mar de la playa Balneario La Marina presentaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,50 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA para Agua (2017) Cat.2 C2 (1 mg/L).

**Hidrocarburos totales del petróleo - TPH ($C_6$-$C_{40}$)**

Los resultados analíticos de hidrocarburos totales del petróleo en agua incluyeron la sumatoria de fracciones $F_1$, $F_2$ y $F_3$. En la playa Balneario La Marina se reportaron valores menores al límite de cuantificación analítico L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, cumpliendo referencialmente con el ECA para Agua (2017) Cat.4 E3 (0,5 mg/L) que fue comparado debido a que el ECA Cat.2 C2 no contempla un valor de comparación para el parámetro.

**BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos)**

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

**Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP´s)**

Se analizaron un grupo de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)[16] en agua superficial de mar de la playa Balneario La Marina, en los que se registraron valores menores a los límites de cuantificación analítico L.C.M. <0,00010 mg/L para cada uno de los compuestos en todos los puntos de muestreo.

Los HAP's con estándar de comparación referencial de 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 mención.

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

**Hidrocarburos totales del petróleo (fracción aromática)**

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

**Metales totales**

Se analizaron 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales en ningún punto se superaron los ECA para agua (2017) Cat.2 C2. Las concentraciones de níquel (Ni) y vanadio (V), metales considerados de interés en la evaluación, se encontraron por debajo del límite de cuantificación (< 0,0004 mg/L y < 0,0003 mg/L, respectivamente) en todos los puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA Agua Cat. 2 C2 (Ni: 0,1 mg/L) y referencialmente con el ECA Agua Cat. 1 B1 (V: 0,1 mg/L), respectivamente.

Particularmente, el boro superó referencialmente el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en todos los puntos de muestreo, sin embargo, no fue objeto de evaluación.

La concentración de todos los metales totales en las muestras colectadas de agua superficial de mar de la playa Balneario La Marina se encuentran en el Anexo 5.

### 7.1.2. Sedimento (arena de playa)

**Parámetros fisicoquímicos**

**Hidrocarburos totales del petróleo – TPH**

La determinación analítica en las muestras colectadas de sedimento (arena de playa) de la playa Balneario La Marina reportó presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en el punto de muestreo BLM-SD-3, con una concentración de TPH ($C_6$-$C_{40}$) de 20395 mg/kg PS, superior al nivel de fondo ($NF_{TPH}$: <0,30 mg/kg) y nivel de referencia ($NR_{TPH}$: <0,30 mg/kg).

**Fracciones de hidrocarburos $F_1$, $F_2$ y $F_3$**

Se determinaron 3 fracciones de hidrocarburos: de cadena carbonada corta entre $C_6$-$C_{10}$ en la fracción $F_1$, de cadena carbonada entre $C_{10}$-$C_{28}$ en la fracción $F_2$ y de cadena larga entre $C_{28}$-$C_{40}$ como fracción $F_3$.

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

Las concentraciones de las fracciones $F_2$ y $F_3$ superaron los $NF_{TPH}$ (<0,50 mg/kg) y $NR_{TP}$ (<0,50 mg/kg) en el punto de muestreo BLM-SD-3, con concentraciones de 9663 mg/kg PS y 10732 mg/kg PS, respectivamente. También, la réplica BLM-SD-3R superó el NF y NR, de las fracciones F2 y F3, con concentraciones de TPH ($C_{10}$-$C_{28}$) de 24134 mg/kg PS y TPH ($C_{28}$-$C_{40}$) de 24134 mg/kg PS, respectivamente.

### Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP´s)

Se evaluaron las concentraciones de los 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), determinados en las muestras colectadas de sedimento de la playa Balneario La Marina. En el punto de muestreo BLM-SD-3 se superó los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio y a su vez superó los NF y NR del Acenafteno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno y Pireno, según se detalla en la Tabla 7.2.

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

| Parámetro | Unidad | Punto de muestreo | Nivel de Fondo | Nivel de Referencia |
|---|---|---|---|---|
| | | BLM-SD-3 | | |
| Acenafteno | mg/kg PS | 0,199 | < 0,005 | < 0,005 |
| Acenaftileno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Antraceno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (a) antraceno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (a) pireno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (b) fluoranteno | mg/kg PS | 0,196 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (e) pireno | mg/kg PS | 0,502 | < 0,030 | < 0,030 |
| Benzo (g,h,i) perileno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Benzo (k) fluoranteno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Criseno | mg/kg PS | 2,320 | < 0,005 | < 0,005 |
| Dibenzo (a,h) antraceno | mg/kg PS | < 0,0040 | < 0,0040 | < 0,0040 |
| Fenantreno | mg/kg PS | > 10,0 | < 0,005 | < 0,005 |
| Fluoranteno | mg/kg PS | 0,114 | < 0,005 | < 0,005 |
| Fluoreno | mg/kg PS | 1,210 | < 0,005 | < 0,005 |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | mg/kg PS | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Naftaleno | mg/kg PS | 0,339 | < 0,003 | < 0,003 |
| Pireno | mg/kg PS | 2,410 | < 0,005 | < 0,005 |

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

### Metales totales

Se determinó un total de 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia, respectivos debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación considerando la caracterización del crudo[17] por parte del administrado.

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

Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo[17] señalado. Del análisis se reportó que los 12 puntos de muestreo evaluados presentaron concentraciones de níquel que superaron los niveles de fondo (NF:3,64 mg/kg y NR:4,39 mg/kg); así también, 8 de los 12 puntos de muestreo superaron las concentraciones de niveles de fondo (NF: 33,01 mg/kg) y referencia (NR: 47,06 mg/kg) del vanadio, tal como se observa en la Tabla 7.3.

**Tabla 7.3**. Concentraciones de metales totales en sedimento (arena de playa) intermareal

| Puntos de muestreo | Metales Totales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cadmio Total | Calcio Total | Cobre Total | Fósforo Total | Hierro Total | Níquel Total | Plomo Total | Sodio Total | Vanadio Total |
| | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS | mg/kg PS |
| BLM-SD-1 | 0,07039 | 6788 | 10 | 980 | 11003 | 3,67 | 6,547 | 2574 | 30 |
| BLM-SD-2 | 0,08668 | 10240 | 13 | 1161 | 13974 | 4,77 | 7,977 | 2488 | 42 |
| BLM-SD-3 | 0,07665 | 8744 | 10 | 1020 | 11091 | 3,93 | 6,758 | 2031 | 32 |
| BLM-SD-4 | 0,08100 | 14666 | 10 | 1163 | 12862 | 3,97 | 7,083 | 1548 | 40 |
| BLM-SD-5 | 0,09219 | 12736 | 12 | 1180 | 12728 | 4,39 | 7,756 | 2354 | 34 |
| BLM-SD-6 | 0,08061 | 10310 | 11 | 1130 | 12000 | 4,12 | 6,982 | 2308 | 36 |
| BLM-SD-9 | 0,06316 | 11074 | 12 | 1240 | 12618 | 4,07 | 7,073 | 1629 | 35 |
| BLM-SD-10 | 0,08426 | 10753 | 11 | 1277 | 13478 | 4,24 | 7,686 | 1753 | 40 |
| BLM-SD-11 | 0,07425 | 11457 | 13 | 1120 | 11488 | 3,72 | 6,523 | 1881 | 32 |
| BLM-SD-12 | 0,07597 | 11684 | 12 | 1126 | 12290 | 3,91 | 7,365 | 1718 | 34 |
| BLM-SD-13 | 0,08206 | 18165 | 13 | 1199 | 12744 | 4,23 | 7,577 | 1721 | 36 |
| BLM-SD-14 | 0,06852 | 10197 | 10 | 1014 | 10539 | 3,44 | 6,166 | 2517 | 28 |
| Nivel de Fondo - NF (mg/kg) | 0,11 | 14236 | 7,91 | 1159 | 12403 | 3,64 | 7,56 | 2081 | 33,01 |
| Nivel de Referencia - NR (mg/kg) | 0,21 | 25955 | 11 | 1815 | 15396 | 4,39 | 9,49 | 3299 | 47,06 |

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

### Granulometría

La granulometría fue evaluada con 2 puntos de muestreo compósitos (BLM-SD-COM1 y BLM-SD-COM2) para caracterizar la playa. Se reportó que el sedimento presentó predominancia de arena de 98,1% y 100% respectivamente, en la composición del sedimento intermareal, determinando una clase textural Arenosa en toda la playa.

## 7.1.3. Hidrobiológico

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

por debajo del límite de cuantificación (<0,30 mg/kg) (Anexo 4), siendo así las playas blanco, adecuadas para la comparación con el Balneario La Marina.

#### 7.1.3.1. Análisis Poblacional de *Emerita analoga*

**A. Distribución batimétrica**

La distribución de la abundancia de *Emerita análoga* en la estación BLM-2, presentó valores más altos en los niveles más alejados de la línea de acarreo, iniciando la distribución en los 30 m de distancia con una abundancia de 0,5 ind/0,028 $m^2$, y culminando en los 35 m con 1,0 ind/0,028 $m^2$ (Figura 7.1). En general, las abundancias de E. analoga en playa Balneario La Marina son bajas.

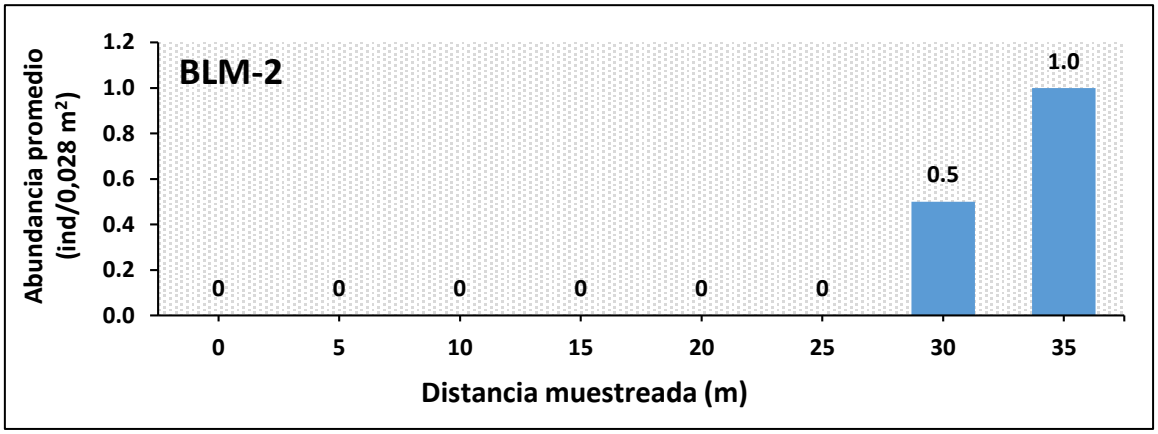


**Figura 7.1**. Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de playa Balneario La Marina

Un caso similar se presentó en la distribución de la biomasa; con valores de 0,2 g/0,028 $m^2$ a partir de los 30 m de distancia y culminando en los 35 m con 0,5 g/0,028 $m^2$ (Figura 7.2).

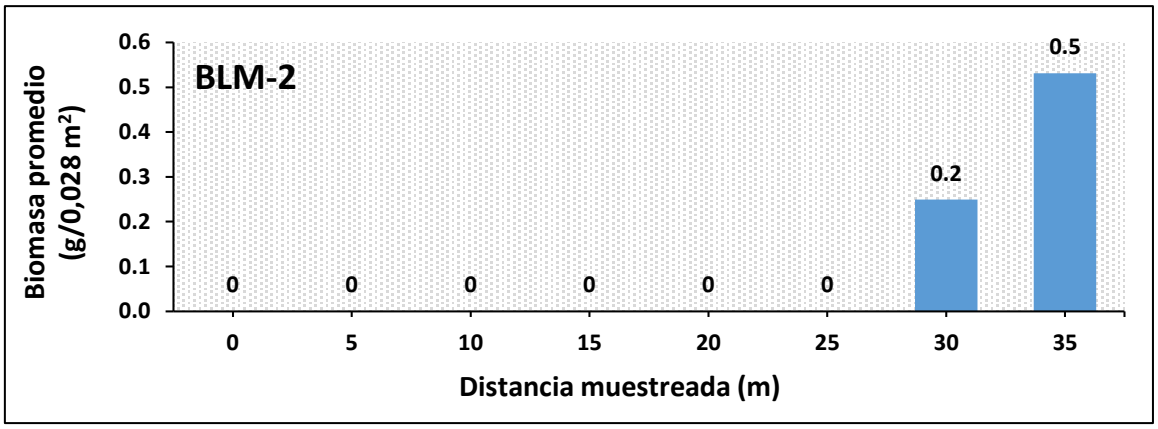


**Figura 7.2**. Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina

## B. Frecuencia de tallas

El histograma de frecuencia de tallas del total de individuos de *E. analoga* en la estación BLM-2 mostró una distribución entre los 12 y 14 mm, al no tener una presencia mayor de individuos no se evidencia una estructura de tallas definida (Figura 7.3).

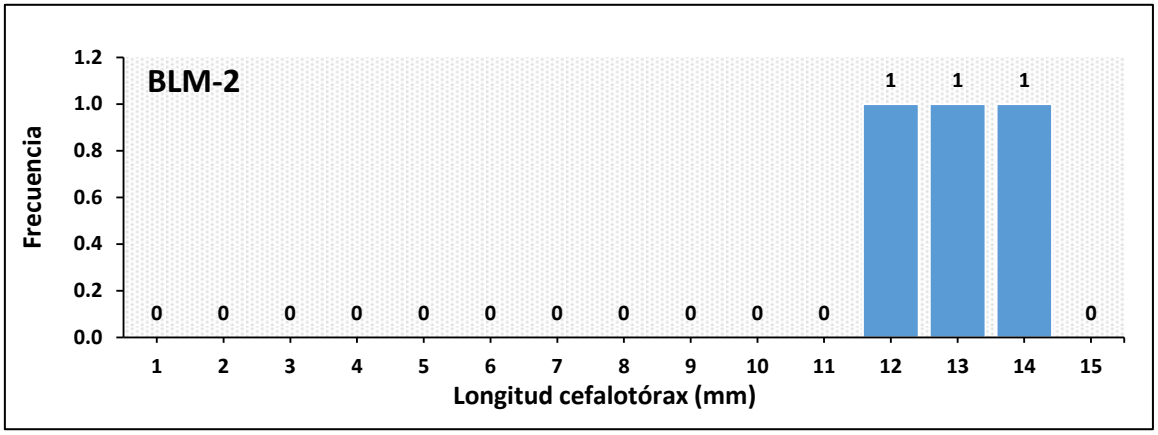


**Figura 7.3**. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina

## C. Proporción de sexos

La proporción por sexos de *E. analoga* en Balneario La Marina muestra predominancia de machos con un porcentaje del 100 %; no se registró hembras, hembras ovígeras o juveniles en esta estación (Figura 7.4).

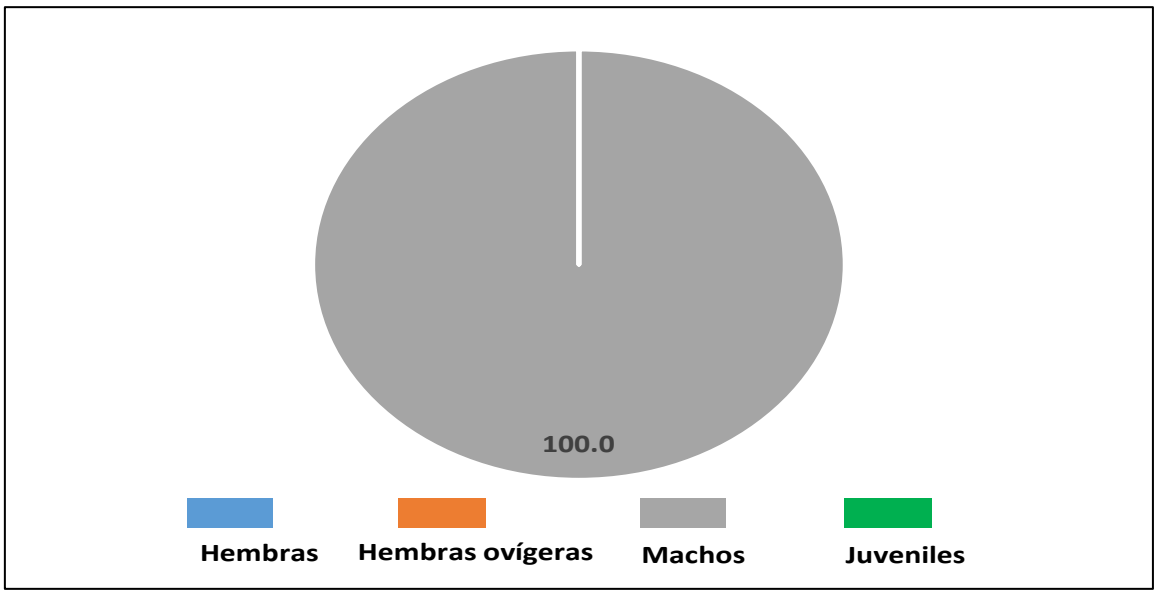


**Figura 7.4**. Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado en playa Balneario La Marina

### 7.1.3.2. Análisis comunitario

Los resultados de la evaluación de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa de Balneario La Marina, muestra la existencia de 40 especies en total para ambos puntos evaluados (BLM-R1 y BLM-R3), para la zona mediolitoral de la orilla rocosa. Donde los grupos predominantes fueron Anélidos con 17 especies, seguido de moluscos con 10 especies, Artrópodos con 4, Cnidarios y Nemertinos con 1 especie cada uno; asimismo, el grupo de macroalgas (Rhodophyta y Chlorophyta) en conjunto registró 7 especies (Figura 7.5).

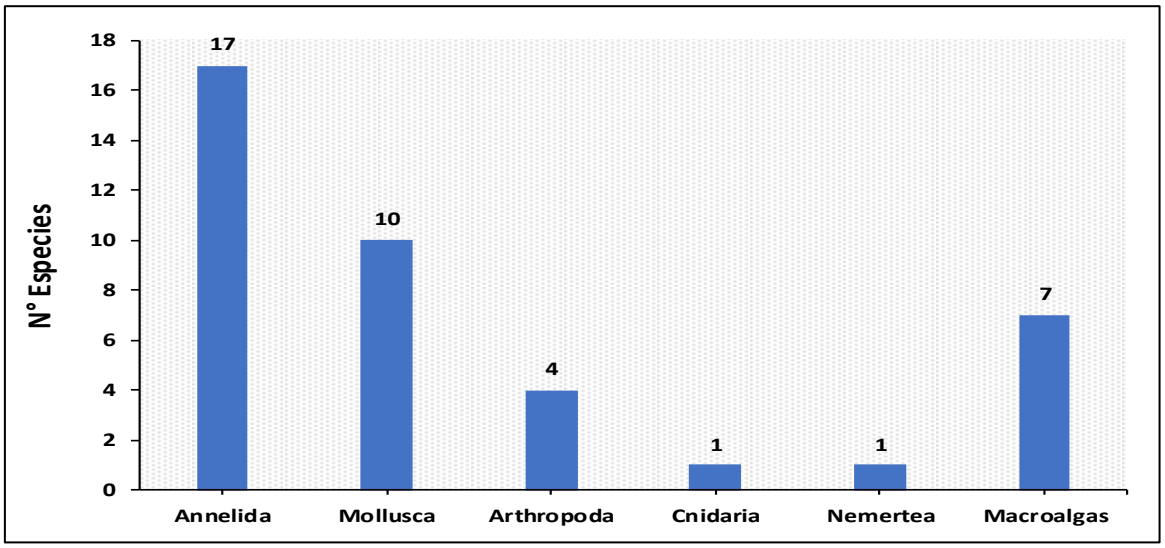


**Figura 7.5**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina

Por otro lado, el resultado por cada punto evaluados presentó un total de 35 especies para el punto BLM-R1 (acumulado de los 3 transectos), ubicado al centro de la playa Balneario La Marina, y 18 especies en el punto BLM-R3 (acumulado de los 3 transectos) ubicado en el límite norte de esta misma playa. El grupo dominante en el punto BLM-R1 fueron los anélidos con 17 especies, seguido de moluscos y macroalgas cada uno con 7 especies. Por otro lado, en el punto BLM-R3 el grupo dominante fueron los moluscos con 9 especies, seguido de los anélidos con 5 especies (Figura 7.6).

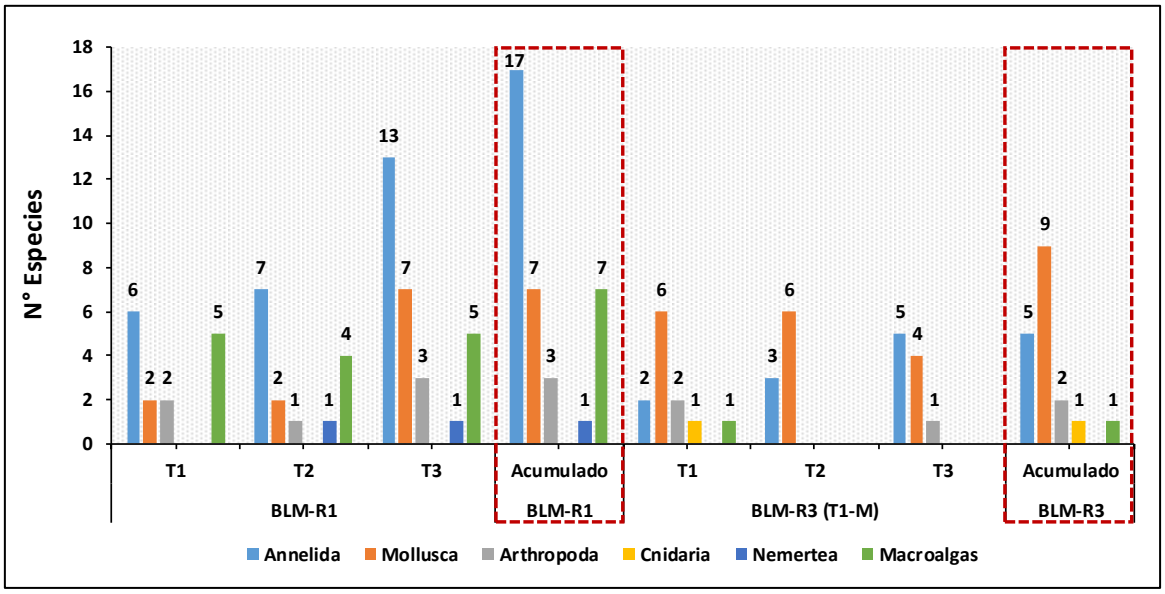


**Figura 7.6**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina

En cuanto a la abundancia, los moluscos fueron el grupo dominantes, con 8487 ind/0,0625m$^2$ en el punto BLM-R1 (acumulado de los 3 transectos) y 11482 ind/0,0625m$^2$ en el punto BLM-R3 (acumulado de los 3 transectos). Asimismo, en el punto BLM-R1 las especies *Perumytilus purpuratus* y *Semimytilus algosus* fueron las especies más abundantes con 2147 y 6321 ind/0,0625m$^2$, respectivamente; de igual modo, estas mismas especies registraron predominancia en el punto BLM-R3 con 11250 y 191 ind/0,0625m$^2$, respectivamente (Figura 7.7).

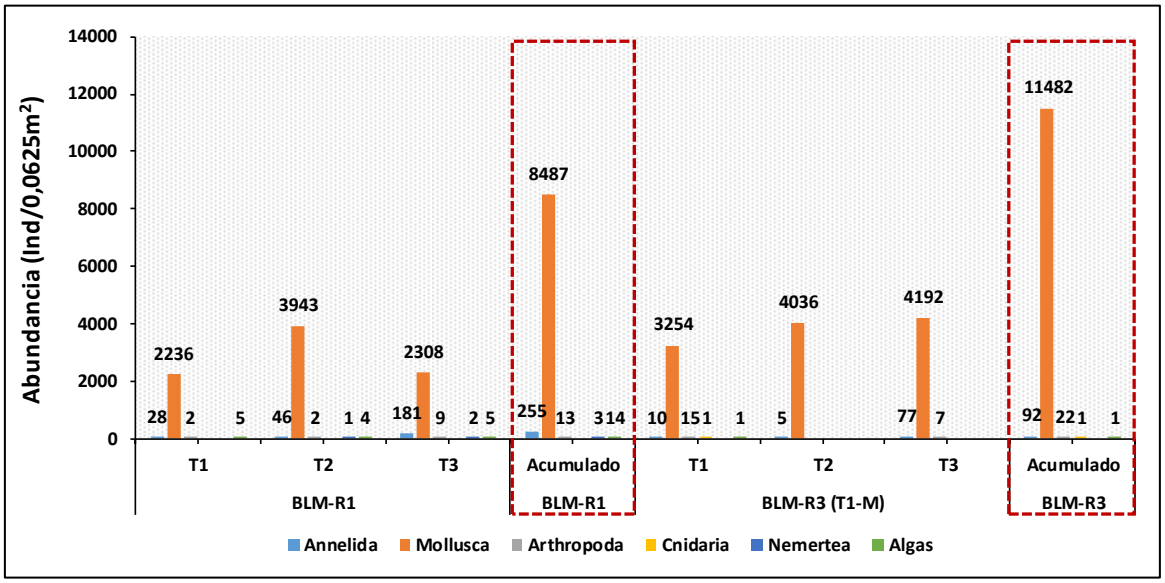


**Figura 7.7**. Riqueza de especies de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en playa Balneario La Marina

### 7.1.4. Superficie de litoral

Resultado del estudio fotogramétrico con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) en el periodo evaluado del 26 de marzo al 6 de abril, en la zona marino-costera del segmento D-13[18] (dividido desde D-13-A hasta D-13-B) que corresponden a la playa Balneario La Marina, no se visualizó superficialmente colores y texturas que representen: Manchas de petróleo crudo en arena de playa, manchas de petróleo crudo en zona de mar, manchas en zonas de turbulencias en mar y manchas cercanas a zonas donde se observa actividades de limpieza, como muestra el Mapa de fotogrametría con RPAS en superficie de litoral en el Anexo 7 del informe de la EAC en la playa Balneario La Marina.

El reporte de resultados N.º RR-007-2022-STEC del estudio de fotogrametría en el marco de la ejecución de la verificación de la limpieza de playas y Áreas Naturales Protegidas, afectadas por el derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas Nº2 de la refinería La Pampilla ocurrido los días 15 y 24 de enero de 2022, se encuentran en el Anexo 8 del informe de la EAC en la playa Balneario La Marina.

## 7.2. Zona submareal

### 7.2.1. Agua Superficial

#### Parámetros de campo

Los valores *in situ* de potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto, en los puntos de muestreo MS-56 y MS-57, se encontraron dentro de lo establecido en los ECA para Agua (2017) Cat.2 C2 y Cat.4 E4, respectivamente. El punto MS-58 presentó un valor de unidades de pH dentro de lo establecido por el valor normativo del ECA para Agua (2017) Cat.4 E3; mientras que el oxígeno disuelto incumplió dicha norma (Tabla 7.4).

**Tabla 7.4.** Parámetros de campo en agua superficial de mar en la zona submareal de la playa Balneario La Marina

| Código | Fecha de muestreo | Hora de muestreo | Temperatura (°C) | pH (Unidades de pH) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Conductividad eléctrica (mS/cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MS-56 | 30/03/2022 | 08:30 | 16,8 | 7,92 | 5,06 | 68,1 |
| MS-57 | 30/03/2022 | 07:40 | 18,1 | 7,77 | 4,24 | 69,1 |
| MS-58 | 2/04/2022 | 07:55 | 17,4 | 7,65 | 3,87 | 71,7 |
| Estándares de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM | | **Cat.2 C2** | **--** | **6,8 a 8,5** | **≥ 3** | **-** |
| | | **Cat.4 E3** | **--** | **6,8 a 8,5** | **≥ 4** | **-** |

Supera el ECA para agua Cat. 4 E3.

- : No tiene valor ECA para dicho parámetro.

Fuente: Anexo 3: RC 021-2022-STEC.

18 El segmento de D-13 se ubica entre los puntos D-13-A (260720/8696750) hasta D-13-B (260680/8697340).

**Parámetros fisicoquímicos**

**Aceites y grasas**

La determinación analítica de aceites y grasas en las muestras colectadas en los puntos ubicados en la zona submareal de Balneario La Marina reportó valores menores al límite de cuantificación (L.C.M. < 0,50 mg/L) en todos los puntos de muestreo, por lo que, estos cumplen los ECA Cat.2 C2 (1 mg/L) y Cat.4 E3 (5 mg/L).

**Hidrocarburos totales del petróleo - TPH (C6-C40)**

La determinación de hidrocarburos totales de petróleo, que incluyó la sumatoria de fracciones $F_1$, $F_2$ y $F_3$, reportó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio L.C.M. < 0,0100 mg/L en todos los puntos de muestreo, los mismos que cumplieron con el ECA Cat.4 E3 (0,5 mg/L).

**BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)**

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

**Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP´s)**

La determinación de 18 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos[19] (Anexo 5) reportó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00010 mg/L) para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo. En todos los puntos de muestreo se cumple con los estándares de comparación para la Cat.4 E3, de los HAP´s antraceno (0,0004 mg/L), benzo(a)pireno (0,0001 mg/L) y fluoranteno (0,001 mg/L).

**Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)**

La determinación de la fracción aromática total de los hidrocarburos totales del petróleo en todos los puntos de muestreo presentó valores menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio (L.C.M. < 0,00180 mg/L), cumpliendo con el ECA Cat.2 C2 (0,007 mg/L).

**Metales totales**

Se determinaron 32 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los ECA Agua Cat.2 C2, Cat.4 E3 y

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

referencialmente Cat. 1 B1, respectivamente; debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación al presentar concentraciones considerables en su caracterización[20].

Las concentraciones de níquel y vanadio se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio, (Ni: L.C.M. < 0,0004 mg/L y V: L.C.M. < 0,0003 mg/L), cumpliendo con los ECA Agua Cat.2 C2 (Ni: 0,1 mg/L), Cat.4 E3 (Ni: 0,0082 mg/L) y referencialmente con la Cat.1 B1 (V: 0,1 mg/L). Las concentraciones de todos los metales totales en las muestras colectadas de agua de mar en la zona submareal de la playa Balneario La Marina se encuentran en el Anexo 5.

### 7.2.2. Sedimento

**Parámetros fisicoquímicos**

**Hidrocarburos totales de petróleo – TPH ($C_6$ – $C_{40}$)**

El análisis químico en las muestras de sedimento determinó presencia de hidrocarburos en 1 de los 3 puntos evaluados (Figura 7.7) encontrándose TPH ($C_6$ – $C_{40}$) en mayor concentración en el punto MS-56 (34 mg/kg) ubicado aproximadamente a 500 metros de la orilla de la playa Balneario La Marina; sin embargo, esta concentración no superó los niveles de fondo (NF $_{TPH\ (C6-C40)}$: 73,62 mg/kg), ni los niveles de referencia (NR $_{TPH\ (C6-C40)}$: 172,6 mg/kg).

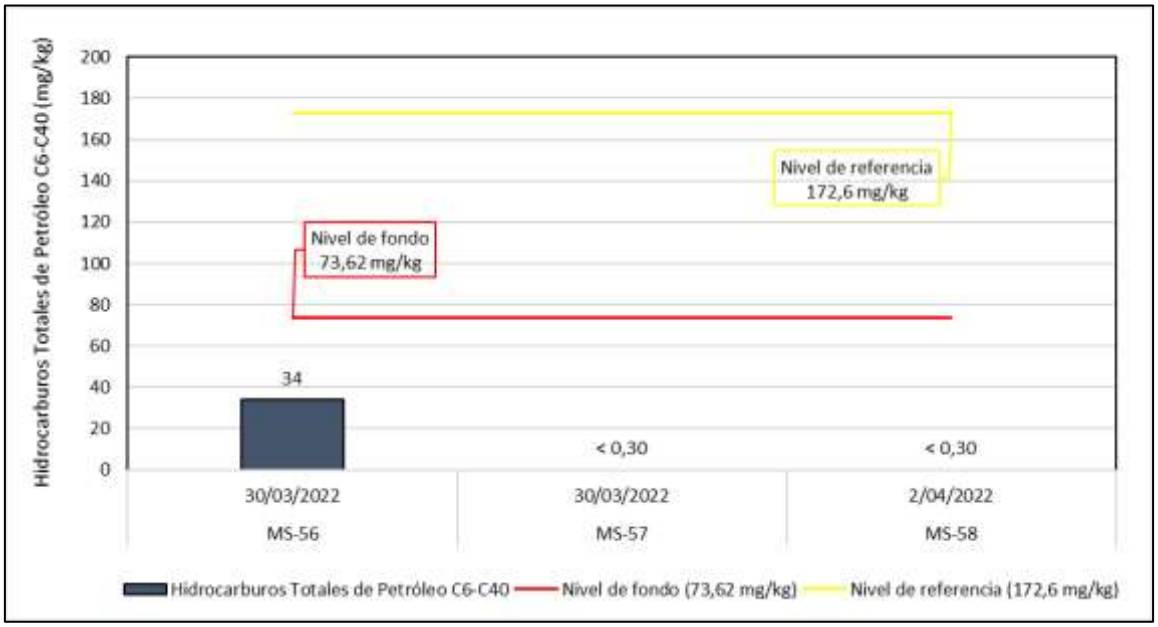


**Figura 7.8.** Concentraciones de TPH $C_6$ – $C_{40}$ en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina

[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).

**Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP´s)**

La determinación analítica de 17 compuestos de la familia de los hidrocarburos aromáticos procíclicos (Anexo 5), presentó valores menores a los límites de cuantificación del método de análisis del laboratorio para cada uno de los parámetros en todos los puntos de muestreo, por lo que no se superaron los niveles de fondo y ni los niveles de referencia.

**Metales totales**

Se determinaron 30 metales totales en todos los puntos de muestreo, de los cuales se incluyeron al níquel y vanadio para su comparación con los niveles de fondo y niveles de referencia, debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación y debido a presentar concentraciones considerables en la caracterización[21] del crudo.

Las concentraciones de níquel en los puntos MS-57 y MS-58, ubicados aproximadamente a 1,5 y 2,5 km de la orilla de la playa Balneario La Marina superaron los niveles de fondo ($NF_{Ni}$: 5,707 mg/kg) y niveles de referencia ($NR_{Ni}$: 9,1 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.8.

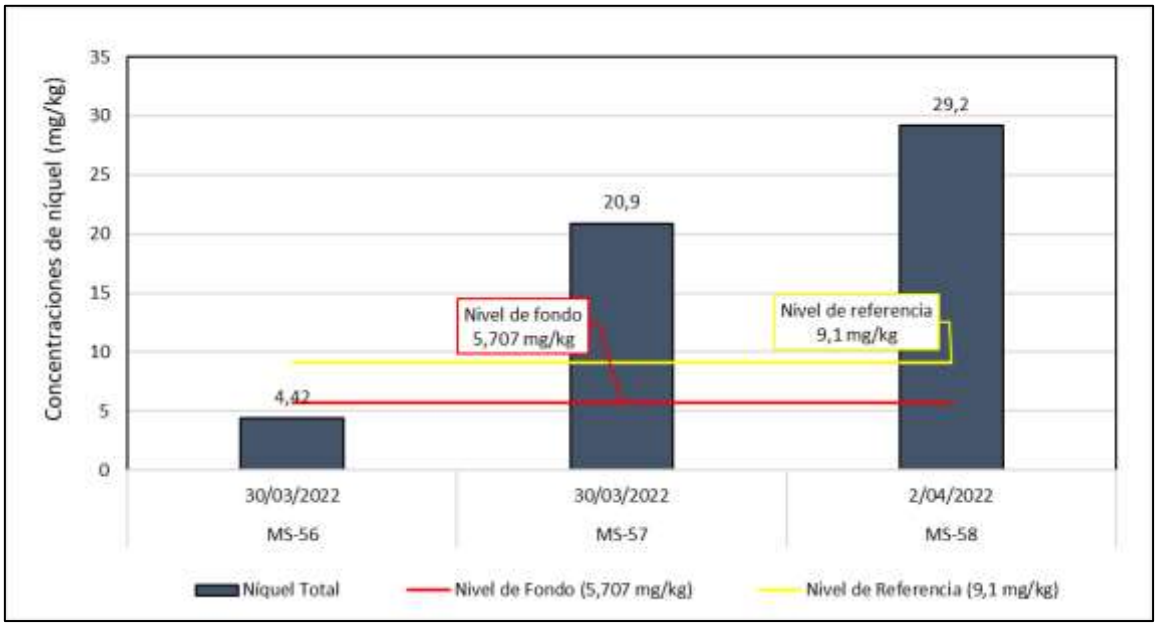


**Figura 7.9.** Concentraciones de níquel en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina

De igual manera, las concentraciones de vanadio en los puntos MS-57 y MS-58 superaron el nivel de fondo ($NF_V$: 42,48 mg/kg) y nivel de referencia ($NR_V$: 53,6 mg/kg), tal como se observa en la Figura 7.9.

[21] 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).

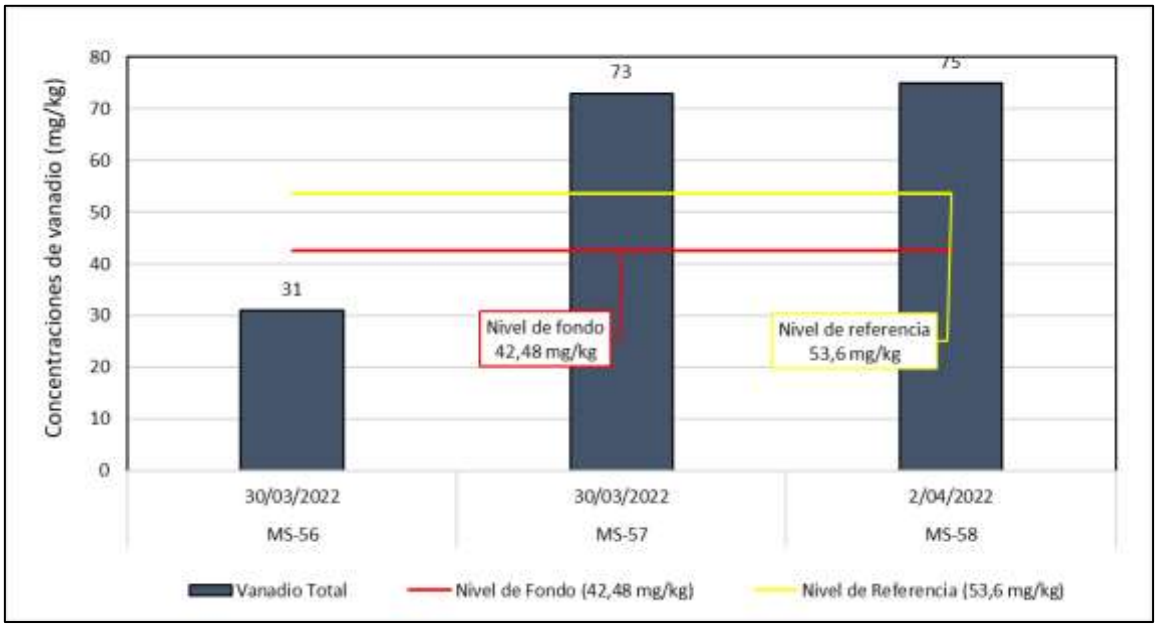


**Figura 7.10.** Concentraciones de vanadio en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina

En la Tabla 7.5 se muestran los resultados de los metales de los puntos evaluados cercanos a la zona submareal de la playa Balneario La Marina.

**Tabla 7.5.** Concentraciones de metales en sedimento de la zona submareal de la playa Balneario La Marina

| Código | | MS-56 | MS-57 | MS-58 | Nivel de fondo submareal (mg/kg) | Nivel de referencia submareal (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fecha de muestreo | | 30/03/2022 | 30/03/2022 | 2/04/2022 | | |
| Hora de muestreo | | 08:30 | 07:40 | 07:55 | | |
| Parámetro | Unidad | | | | | |
| **Metales Totales** | | | | | | |
| Cadmio Total | mg/kg PS | 0,79318 | 16,498 | 26,43 | 2,2 | 5,089 |
| Calcio Total | mg/kg PS | 5 218 | 25 187 | 28 697 | 12468 | 15320 |
| Cobre Total | mg/kg PS | 9,9 | 74 | 83 | 15,15 | 25,59 |
| Fósforo Total | mg/kg PS | 652 | 1 186 | 1 699 | 1879 | 2537 |
| Hierro Total | mg/kg PS | 9 864 | 21 366 | 26 881 | 13958 | 16956 |
| Níquel Total | mg/kg PS | 4,42 | 20,9 | 29,2 | 5,707 | 9,1 |
| Plomo Total | mg/kg PS | 6,548 | 54,7 | 79,5 | 16,64 | 23,43 |
| Sodio Total | mg/kg PS | 4 511 | 57 369 | 40 096 | 4545 | 6770 |
| Vanadio Total | mg/kg PS | 31 | 73 | 75 | 42,48 | 53,6 |

Supera el nivel de fondo y/o nivel de referencia

### Granulometría

De los resultados obtenidos se observa que el sedimento en el punto MS-56 ubicado aproximadamente a 600 metros de la orilla de la playa Balneario La Marina presentó una

composición predominante de arena (95,8 %), siendo arena fina en mayor proporción, mientras que los puntos MS-57 y MS-58 ubicados aproximadamente a 1,5 y 2,5 km de la orilla de la playa mencionada, presentaron una composición predominante de limo (> 67,7 %) tal como se observa en la Figura 7.10.

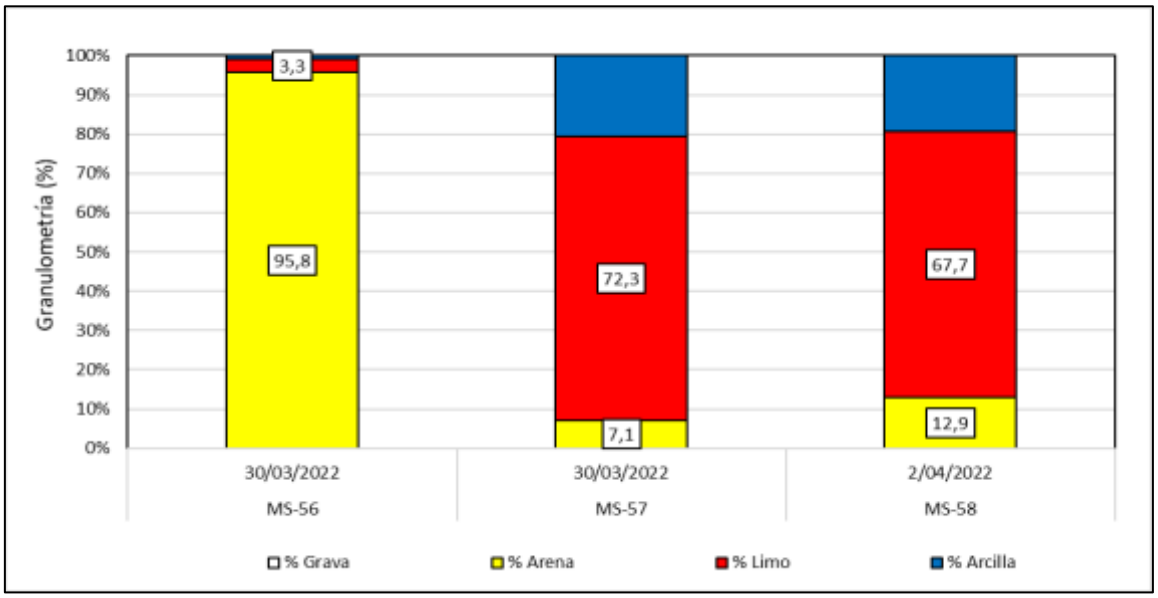


**Figura 7.11.** Resultados de granulometría en sedimento submareal de la playa Balneario La Marina

### 7.2.3. Hidrobiológico

En el caso de la evaluación hidrobiológica submareal que corresponde a la comunidad de megabentos, donde se evaluó dos puntos (BLM-S1 y BLM-S2), se pudo verificar que el fondo presenta un tipo de sedimento compuesto al 100 % de arena en las 8 réplicas evaluadas a lo largo del transecto. En el punto de muestreo BLM-S1, se registró solo a Ophiuroidea, con una abundancia de 155 ind/1 $m^2$, mientras que en la estación BLM-S2, se registró 6 especies siendo *Nassarius dentifer* la predominante con 25 ind/1 $m^2$ (Figura 7.11).

Estas condiciones estarían principalmente condicionadas por el tipo de sustrato del fondo marino frente a playa Balneario La Marina, donde la predominancia de arena favorece la presencia de estos organismos.

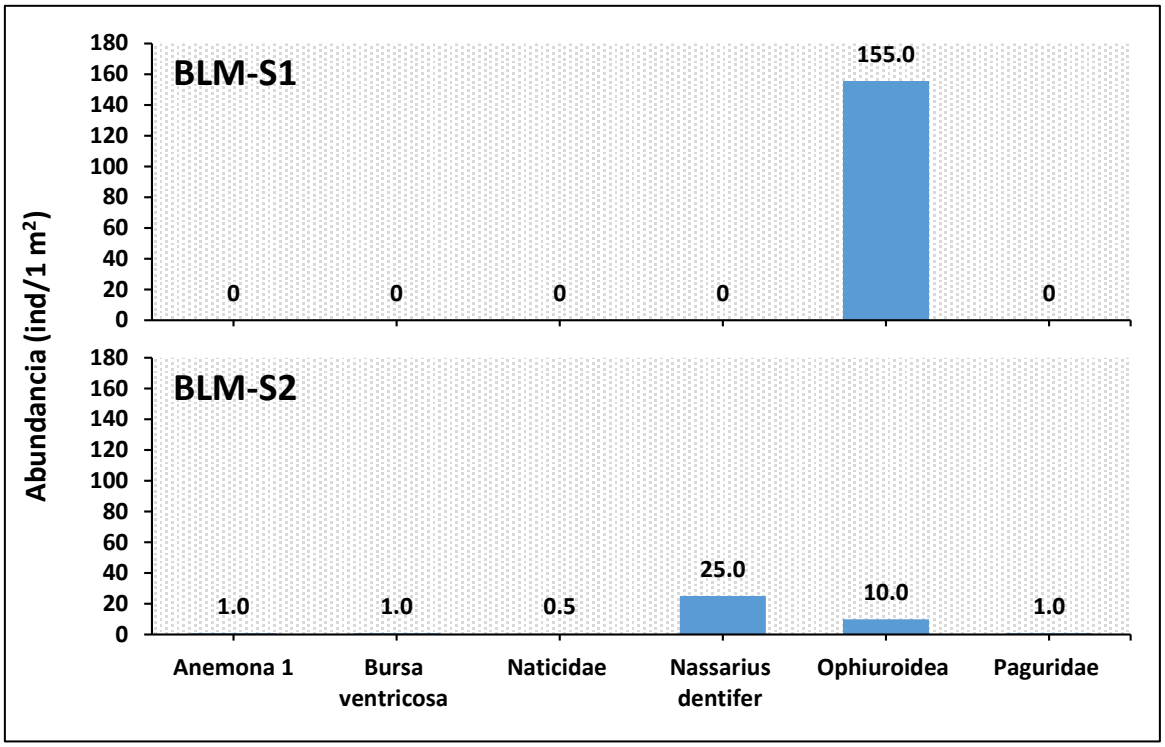


**Figura 7.12**. Abundancia de especies de megabentos en la playa Balneario La Marina

## 8. DISCUSIÓN

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

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

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

La Figura 8.1 presenta el modelo conceptual de la distribución y transporte del petróleo crudo en un cuerpo acuático marino.

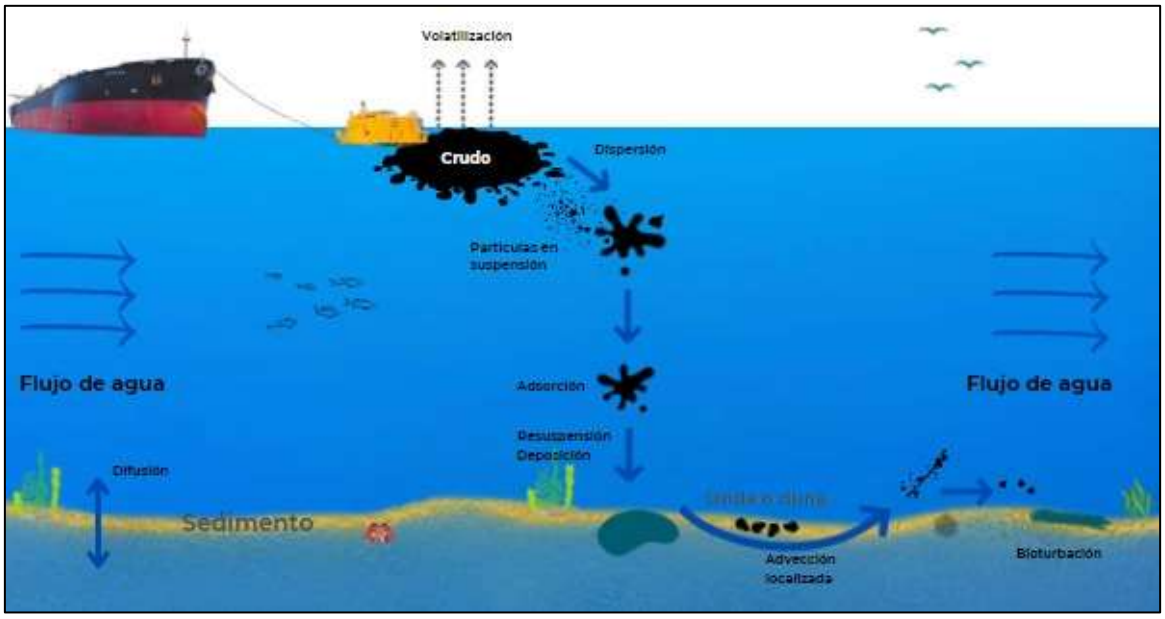


**Figura 8.1.** Modelo conceptual de la distribución y transporte de petróleo crudo en el medio acuático - playa Balneario La Marina
Fuente: Adaptado de Karamea et.al. (2021) y Reible (2014)

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

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

En el ambiente submareal se considera una distancia perpendicular a la línea de orilla del ambiente intermareal de 500 metros de acuerdo a la clasificación de ANA[22], sin embargo, se considera puntos fuera de dicha zona con la finalidad de evaluar posibles fuentes de contaminación asociados al hidrocarburo.

## 8.1. Zona Intermareal

De la evaluación en ambiente intermareal se determinó lo siguiente:

[22] Clasificación del cuerpo de agua marino – costero, aprobado mediante RJ N° 030-2016-ANA

Para la evaluación de la calidad del agua superficial de mar realizado en 4 puntos de muestreo se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras», y referencialmente con la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos», estas últimas se emplean de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales (Vanadio), según corresponden.

La medición de parámetros de campo en agua superficial registró pH próximo al neutro (7,51 y 7,74 unidades de pH), oxígeno disuelto (>7,58 mg/L), conductividad eléctrica (51,8 mS/cm en promedio) y temperatura (16,73 °C en promedio). Los valores medidos de unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (2017) Cat. 2 C2 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 4 puntos de muestreo, cumpliendo con el ECA para agua (2017) Cat.2 C2, y referencialmente con los ECA para agua (2017) Cat.4 C3; los que se indican en detalle en el ítem 7. Resultados y el Anexo 5. Para Metales totales, los resultados mostraron que 26 de los 32 metales analizados presentaron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico y cumplieron con los ECA para agua (2017) Cat.2 C2 y referencialmente con el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 para vanadio como parámetro de interés. Particularmente, el boro superó referencialmente el ECA para agua (2017) Cat.1 B1 (0,5 mg/L) en todos los puntos de muestreo. El boro no fue objeto de evaluación debido a no haberse relacionado con el crudo debido a que la composición del crudo no contiene concentraciones registradas de dicho metal. (Ver Anexo N.° 5 del informe de la EAC en la playa Balneario La Marina).

En la evaluación de la calidad del sedimento intermareal (arena de playa) se determinaron áreas de potencial interés (API), en las cuales se estableció un punto de muestreo por cada área[23], que fue construida a partir de los segmentos de playa remitidos por Relapasaa[24], obteniéndose 12 puntos de muestreo. Los resultados obtenidos para Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) y sus fracciones $F_1$ ($C_6$-$C_{10}$), $F_2$ ($C_{10}$-$C_{28}$) y $F_3$ ($C_{28}$-$C_{40}$), HAPs, Metales

23 Según el Plan de Evaluación Ambiental Informe N.º 00043-2022-OEFA/DEAM-STEC e Informe N° 00057-2022-OEFA/DEAM-STEC

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

Totales fueron comparados con los niveles de fondo[25] determinados en playas no afectadas por el derrame de crudo ocurrido en la Refinería La Pampilla.

Se identificó, según el análisis granulométrico realizado en 2 muestras compósitos, que el sedimento intermareal presentó composición predominante de arena (> 98,1%) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa, estructura de grano simple y de coloración gris, los cuales caracterizan al sector sur y norte de Balneario La Marina como una playa arenosa, de tipo plana con baja pendiente (0 – 2%); mientras que, el sector central de la misma comprende orillas rocosas.

De los 12 puntos muestreados, el punto BLM-SD-3 registró TPH ($C_6$-$C_{40}$) en una concentración 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. Dicha muestra tuvo una profundidad menor a 10 cm, donde organolépticamente, se evidenció hidrocarburos en fase libre[26], con olor a hidrocarburos, color oscuro típico, viscosidad al tacto e iridiscencia al contacto con el agua (Figura 8.2).

**Figura 8.2.** Vista del entorno del punto de muestreo BLM-SD-3, y vista del sedimento con hidrocarburos evidentes.

25 De acuerdo al 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» (Ver Anexo 6).

26 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.

Según un ajuste de inferencia espacial «*Kriging*» realizado con base a los resultados reportados se permitió visualizar el alcance de la distribución de las concentraciones de TPH (C6-C40) en el área muestreada, y mostró mayores concentraciones y superiores al $NF_{TPH}$ (<0,30 mg/kg) en la zona sur de la playa (punto BLM-SD-3) (Figura 8.3).

**Figura 8.3.** Distribución de TPH ($C_6$-$C_{40}$) en la playa Balneario La Marina y el alcance proyectado.

En la Figura 8.4, elaborada con base al ajuste *Kriging* antes señalado, se observa un área evaluada de 3,05 ha, del cual se ha determinado un área impactada aproximada de 0,16 ha al registrar concentraciones de TPH ($C_6$-$C_{40}$) por encima del nivel de fondo ($NF_{TPH}$<0,30 mg/kg) en sedimento (arena de playa) en la playa Balneario La Marina.

**Figura 8.4.** Estimación del área impactada que supera los niveles de fondo en sedimento en la playa Balneario La Marina

De manera complementaria a lo observado, en el punto de muestreo BLM-SD-3, con TPH cuantificable, se reportó fracción F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) de cadena carbonada intermedia con un valor de 9663 mg/kg PS, y fracción $F_3$ ($C_{28}$-$C_{40}$) de cadena carbonada larga con valores con un valor de 10732 mg/kg PS. Estos valores superaron el NF TPH $F_2$ y $F_3$ < 0,50 mg/kg y NR TPH $F_2$ y $F_3$ < 0,50 mg/kg, tal como se muestran en el ítem Resultados. Así también, la réplica BLM-SD-3R reportó fracción F2 ($C_{10}$-$C_{28}$) con un valor de 12340 mg/kg PS y fracción $F_3$ ($C_{28}$-$C_{40}$) con un valor de 11794 mg/kg PS, superando también el NF y NR, tal como se observa en el Anexo 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 NFTPH < 0,30 mg/kg y NR TPH < 0,30 mg/kg.

Considerando las evaluaciones realizadas por el OEFA desde enero de 2022, evaluación ambiental focal (EAF)[27], evaluación ambiental de seguimiento (EAS)[28], las acciones realizadas por la DSEM y los resultados del presente informe, se observan resultados con concentraciones detectables y superiores al NF y NR de TPH($C_6$-$C_{40}$) en los meses de enero y febrero, posteriores al derrame de petróleo crudo, y marcaron una tendencia a la disminución de concentraciones posiblemente atribuidos a las Acciones Primera Respuesta ejecutadas por el administrado. Sin embargo, con la evaluación realizada en abril de 2022, aún se registró TPH en concentraciones importantes presentando un valor máximo de máximo de 20395 mg/kg (Figura 8.5), por lo cual, se identifica la prevalencia del contaminante en la arena de playa del sector sur de la playa.

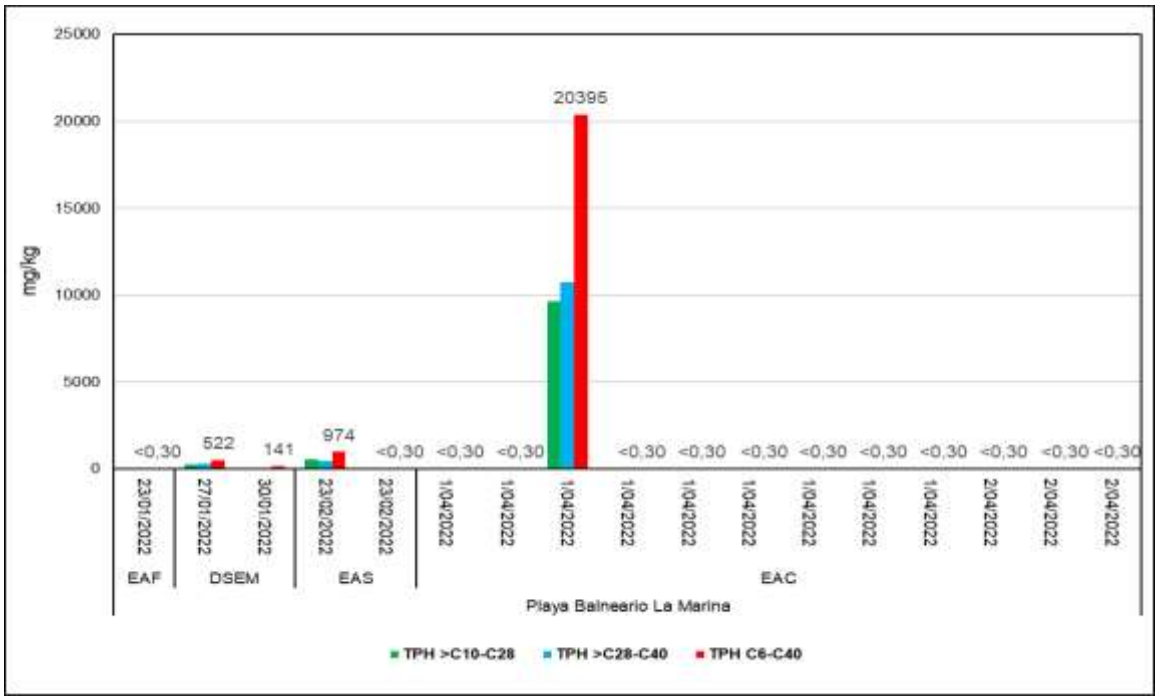


**Figura 8.5.** Resultado de la EAF, EAS, DSEM y EAC de las concentraciones de TPH en la playa Balneario La Marina

Respecto al análisis de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), en el punto de muestreo BLM-SD-3 se registró que el Acenafteno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno y Pireno superaron los NF y NR, tal como se detalló en la Tabla 7.2 del ítem Resultados. La presencia de dichos 9 HAPs

27 INFORME N.°00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. 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.

28 REAS-035-2022-STEC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.° 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través 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-STEC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.° 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través de parámetros que permitan identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de arena de playa, del 17 al 27 de febrero de 2022.

estuvieron directamente relacionados a al crudo, debido a que en dicho punto el TPH ($C_6$-$C_{40}$) superó los NF y NR y por considerarse la única fuente de afectación. La presencia de fenantreno, naftaleno, criseno, benzo(a) pireno indican que tienen un origen petrogénico típico (Kerr et al., 2001).

La variedad de HAPs registrados (9 especies), indica que la arena de playa presenta compuestos aromáticos con alto potencial tóxico a nivel ambiental reconocido (Figueruelo y Marino, 2004; Montes, 2008), por su resistencia a la biodegradación, potencial de bioacumulación, toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad (Corona, et. al, 2005).

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

También se analizaron 30 metales en todos los puntos muestreados; sin embargo, se enfatizó la comparación del cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio con los NF y NR debido a considerarse parámetros de interés en esta evaluación en función de la caracterización del crudo[29] por parte del administrado, tal como se muestra en la Tabla 8.1. Particularmente, se tomó en consideración al níquel y vanadio debido a encontrarse en cantidades considerables en la composición del crudo señalado.

**Tabla 8.1.** Características del petróleo crudo derramado – Refinería La Pampilla

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

Fuente: REPSOL S.A.A.

29 Según la 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).

De los resultados obtenidos se compararon las concentraciones del níquel y vanadio con los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia obtenidos, observándose que el níquel superó los $NF_{Ni}$ = 3,64 mg/kg en 11 de los 12 puntos de muestreo; mientras que el vanadio superó las concentraciones de $NF_V$ = 33,01 mg/kg en 8 de los 12 puntos de muestreo, tal como se muestra en el ítem Resultados.

De 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, hierro, fósforo, sodio, níquel y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos debido a encontrarse en concentraciones próximas a los NF y NR establecidos para cada parámetro (ver Anexo N.° 6 del informe de la EAC en la playa Balneario La Marina). Asimismo, en relación al níquel y vanadio, en puntos que superaron los NR y NR, los resultados fueron entre 3,64 y 4,52 mg/kg para níquel y entre 28 y 42 mg/kg para vanadio, valores próximos a los NF y NR de dichos metales (líneas arriba indicadas). Por lo tanto, no se identificó una relación de la excedencia de los Niveles de fondo con las concentraciones reportadas en el hidrocarburo; siendo otros factores, como las condiciones geológicas de la playa los que determinen los valores registrados.

Respecto a la evaluación hidrobiológica, la comparación entre Balneario La Marina con los puntos de las playas blanco La Encantada (BE-1), Cocoy (BP-1) y Chica (BSP-1), se aprecia una disminución de la abundancia promedio de *E. analoga*, referente a los patrones de distribución se registró un aumento de individuos hacia las mayores distancias, aunque en la estación evaluada BLM-2 su aumento fue mínimo (Figura 8.6). Asimismo, los patrones de distribución de la abundancia de los puntos blanco son semejantes a los registrados previamente por Tarazona et al. (1986) y Sánchez (1988), y difiere del punto de Balneario la Marina.

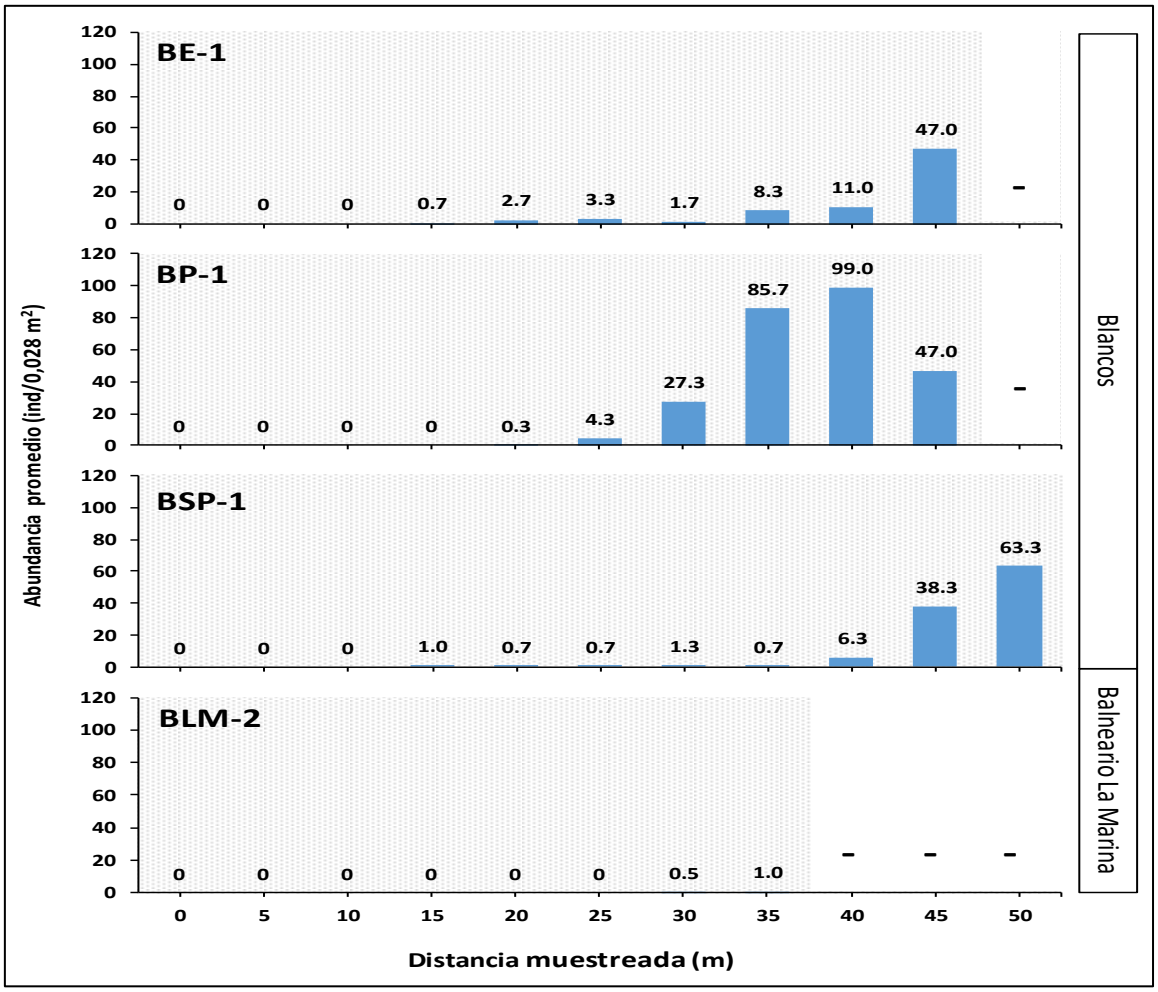


**Figura 8.6.** Distribución batimétrica de la abundancia promedio de *E. analoga* en el punto evaluado de Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la distribución de la biomasa promedio de *E. analoga*, la comparación muestra a Balneario La Marina con menores abundancias en comparación a las playas blanco (Figura 8.7). En general, existe una notable diferencia entre lo registrado en los puntos blanco con Balneario La Marina.

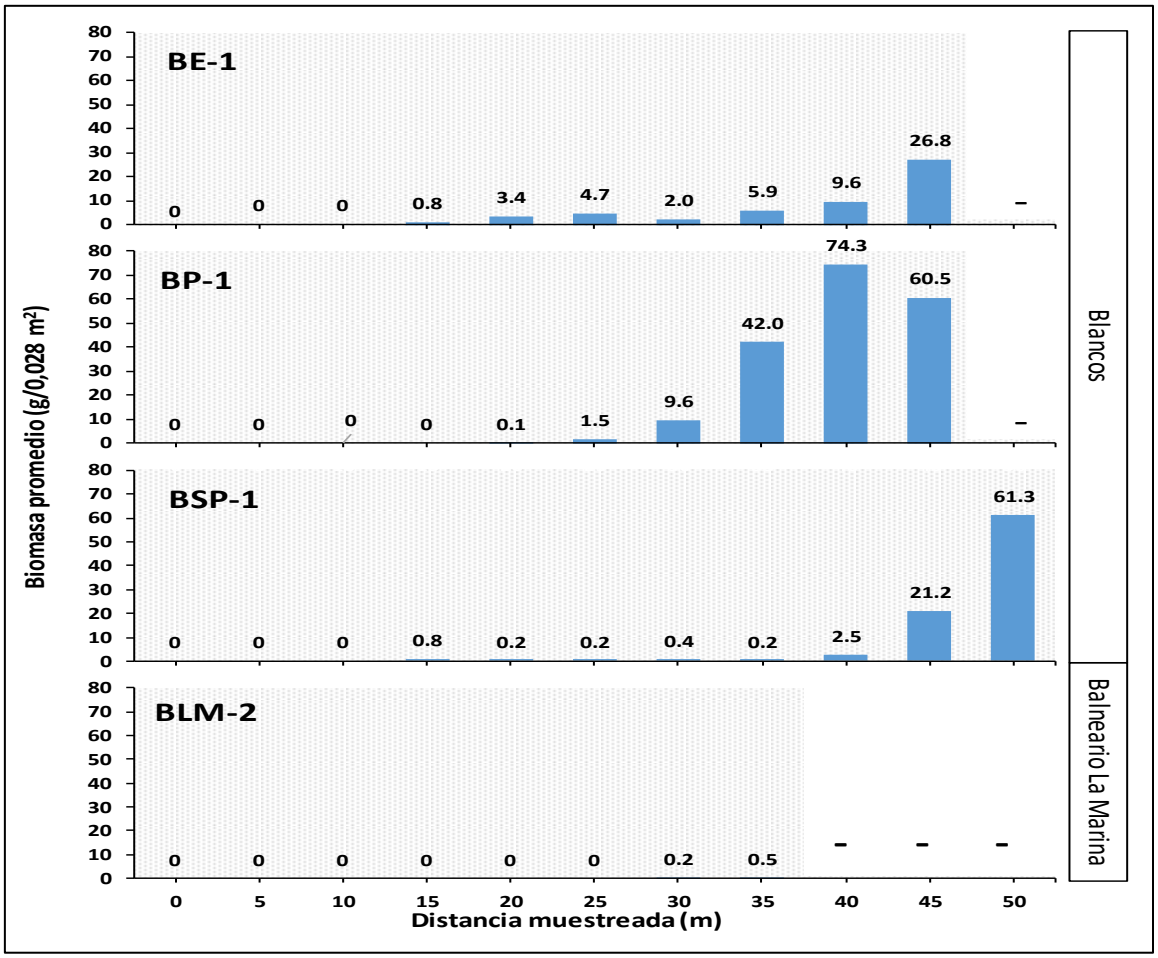


**Figura 8.7.** Distribución batimétrica de la biomasa promedio de *E. analoga* en el punto evaluado en Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco.

En cuanto a la frecuencia de tallas, se puede apreciar que, en el Balneario La Marina no existen grupos de tallas debido a la casi ausencia de individuos, existiendo así una notoria diferencia con los puntos de las playas blanco, donde es evidente la formación de 2 grupos de tallas, e individuos de tallas intermedias entre ambos grupos (Figura 8.8).

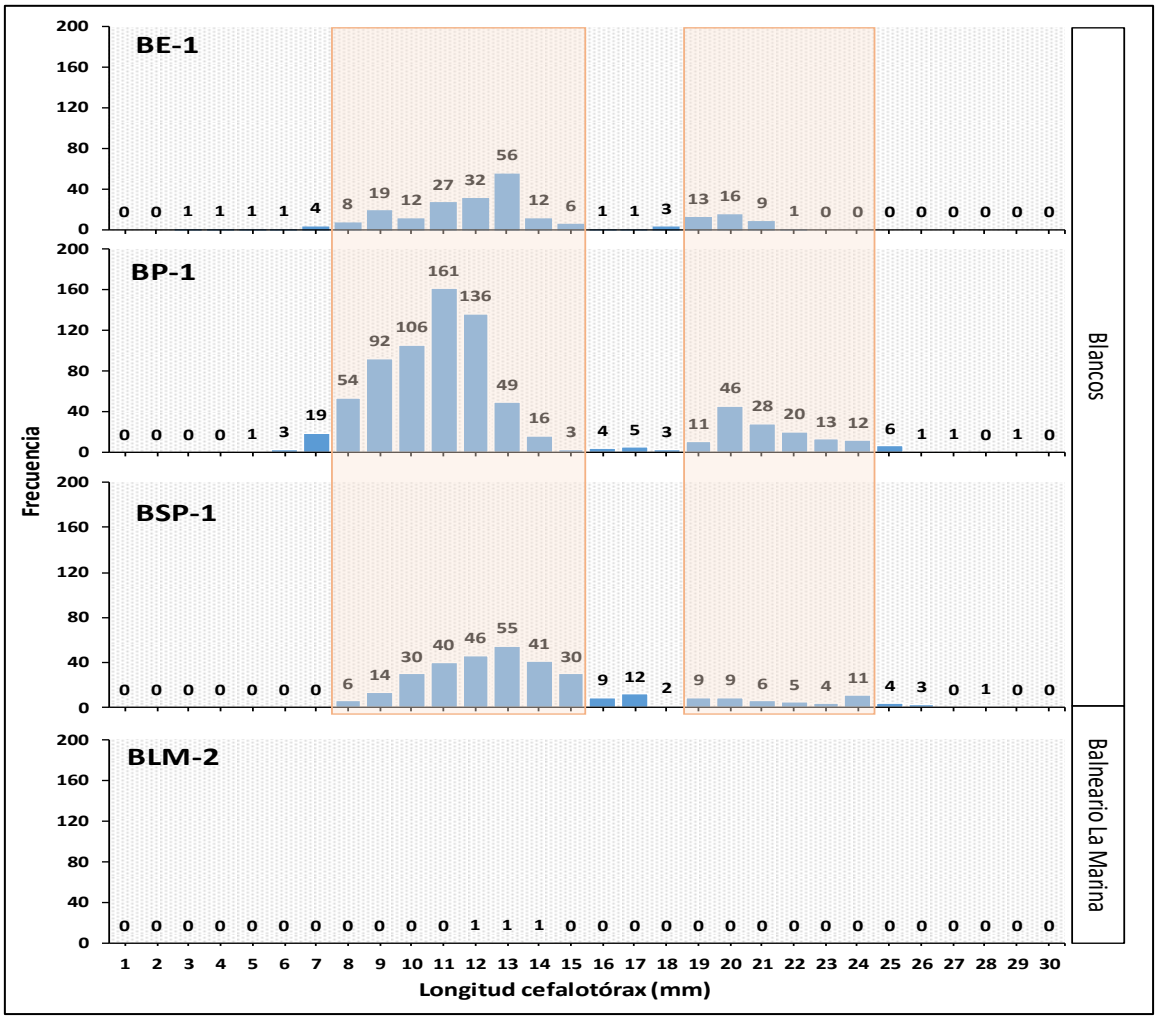


**Figura 8.8**. Frecuencia de tallas de *E. analoga* en el punto evaluado en Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco

En cuanto a las proporciones de sexos y estadios, existe una predominancia completa (100 %) de machos en playa Balneario La Marina; en los puntos blancos la predominancia de machos estuvo entre los 57,6% y los 41,8% para las estaciones BE-1 y BSP-1 respectivamente (Figura 8.9), en consecuencia, existiendo una notable diferencias entre las proporciones de sexo entre playa Balneario La Marina y las playas blanco.

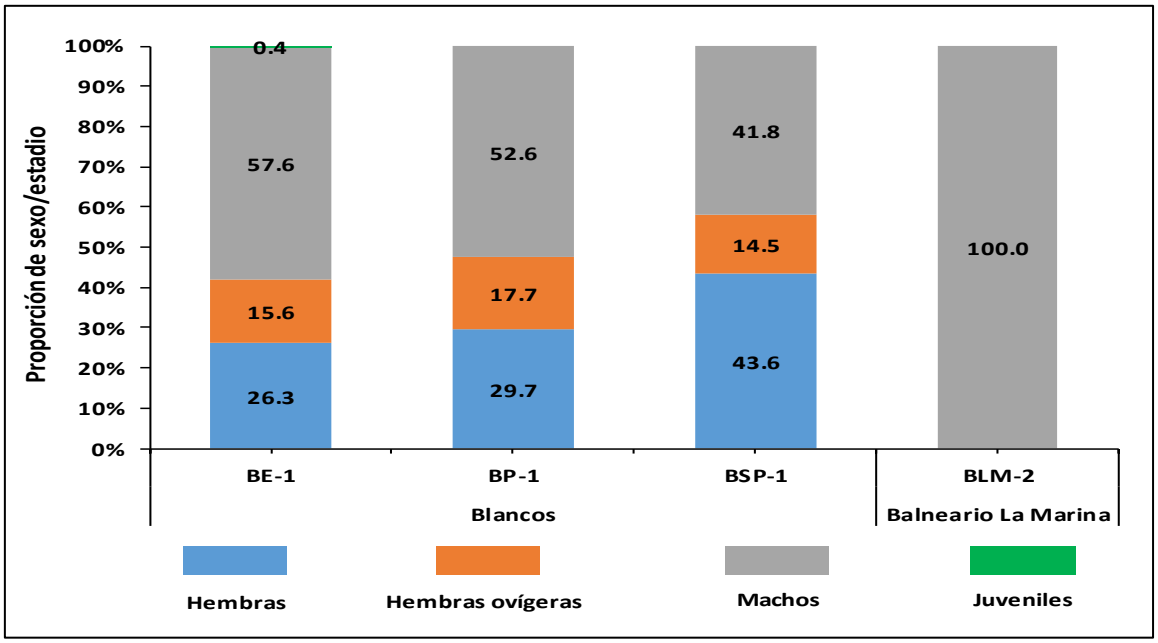


**Figura 8.9.** Proporción de sexos/estadios de madurez de *E. analoga* en el punto evaluado de Balneario La Marina comparado con los puntos de las playas blanco

Teniendo en cuenta los resultados de granulometría de arena de playa (ítem 7.1.2.), donde se tiene una composición de arena de 98,1% y 100% en los puntos evaluados, similar a lo obtenido en los puntos blanco; los cambios tan evidentes en la abundancia, biomasa, estructura de tallas y proporción de sexos, se debería a algún factor de perturbación previo, cuyos efectos aún no permiten la recuperación completa de la población de *E. analoga* en playa Balneario La Marina.

Considerando que el evento de perturbación más significativo ocurrido en el área fue el derrame de hidrocarburos, este sería el factor causante de tales alteraciones en la población de *E. analoga*.

Respeto a la comunidad de macrobentos de orilla rocosa del ambiente intermareal, la comparación de los resultados de Balneario La Marina con los puntos blanco de La Herradura (BrP-1) y Cocoy (BrE-1 y BrSP-1), se puede verificar diferencias significativas en el número de especies, donde los puntos blanco registran 62, 63 y 50 especies, respectivamente, y cantidades menores en los puntos de Balneario La Marina con 35 (BLM-R1) y 18 (BLM-R3). Como consecuencia, también existen un menor número de grupos taxonómicos representativos de este tipo de ambientes, registrándose 6 grupos para Balneario La Marina (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, nemertinos y macroalgas) y 10 grupos para los puntos blanco (Anélidos, moluscos, artrópodos, cnidarios, nemertinos, macroalgas, equinodermos, braquiópodos, platelmintos y poríferos) (Figura 8.10).

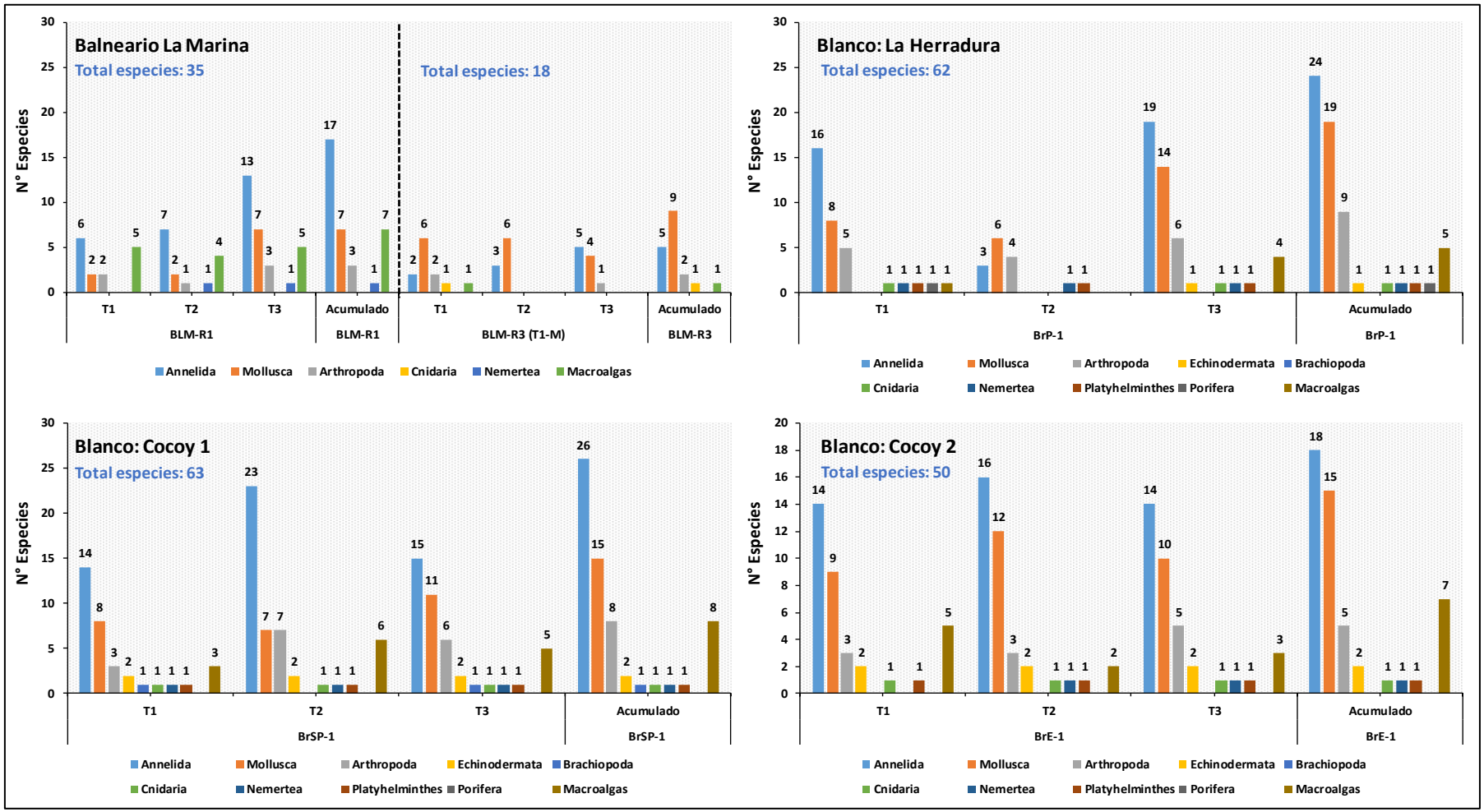


**Figura 8.10.** Comparación de la riqueza de especies de Balneario La Marina comparado con los puntos blanco

Los resultados de los puntos blancos se asemejan a lo registrado previamente para la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en el departamento de Lima (Paredes et al., 1999), donde se registran entre 60 y 151 especies. Caso contrario a lo obtenido en ambos puntos de Balneario La Marina con tan solo 35 y 18 especies. Cabe destacar que, durante los trabajos de campo se verifico organolépticamente la presencia de hidrocarburos impregnados sobre el sustrato donde se establece la comunidad de macrobentos en el punto con menor cantidad de especies (BLM-R3) ubicado en el extremo norte de esta playa (Figura 8.11). En consecuencia, se puede afirmar que la presencia de hidrocarburos sobre la roca viene a ser la causa de la alteración de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en el extremo norte (BML-R3) de Balneario La Marina.

**Figura 8.11.** Punto BLM-R3 mostrando el sustrato rocoso con restos impregnados de hidrocarburos.

## 8.2. Zona submareal

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua superficial de mar en ambiente submareal se realizó en 3 puntos ubicados en la zona submareal de la playa Balneario La Marina, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos»; además, referencialmente la «Categoría 1: Poblacional y Recreacional, B1: Contacto Primario», esta última se emplean de manera complementaria, ya que presentan valores para la comparación de metales totales (vanadio).

La medición de parámetros de campo en agua superficial registró pH neutro (de 7,65 a 7,92 unidades de pH), oxígeno disuelto (> 3,87 mg/L), conductividad eléctrica (69,63 mS/cm en promedio) y temperatura (17,4 °C en promedio). Las unidades de pH y oxígeno disuelto cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat. 2 C2 en todos los puntos de muestreo, tal como se indica en el ítem 7. Resultados.

Los resultados analíticos de calidad de agua superficial submareal para los parámetros Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH), Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) reportaron concentraciones menores al límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio en los 3 puntos de muestreo, cumpliendo con los ECA Agua Cat.2 C2 y ECA Agua Cat.4 E3; los que se indican en detalle en el Anexo 5.

Los resultados de metales totales obtenidos en todos los puntos de muestreo cumplieron con los ECA Agua Cat.2 C2 y Cat.4 E3 y referencialmente con el ECA Agua Cat.1 B1. El níquel y vanadio se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio.

Los resultados de la evaluación de calidad de sedimento señalan que según el análisis granulométrico el sedimento submareal en el punto más próximo a la zona intermareal de la playa Balneario La Marina (MS-56) presentó composición predominante de arena (95,8 %) siendo arena fina en mayor proporción, determinando una textura arenosa; mientras que los puntos más alejados de la orilla de la playa mencionada (MS-57 y MS-58) presentaron una predominancia de limo (> 67,7 %). Por otro lado, el punto MS-56 registró TPH ($C_6$-$C_{40}$) con una concentración de 34 mg/kg (Figura 8.12) que no superó los NFTPH: 73,62 mg/kg y $NR_{TPH}$: 172,6 mg/kg establecidos, siendo dicha concentración la más alta reportada; mientras que, en los puntos MS-57 y MS-58, se reportaron concentraciones de TPH ($C_6$-$C_{40}$) con un valor menor al límite de cuantificación analítico < 0,30 mg/kg. Asimismo, en los 3 puntos de muestreo se registraron Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) por debajo del límite de cuantificación analítico por lo que las concentraciones no superaron los NF y NR en los 17 compuestos analizados, tal como se detalla en el Anexo 5.

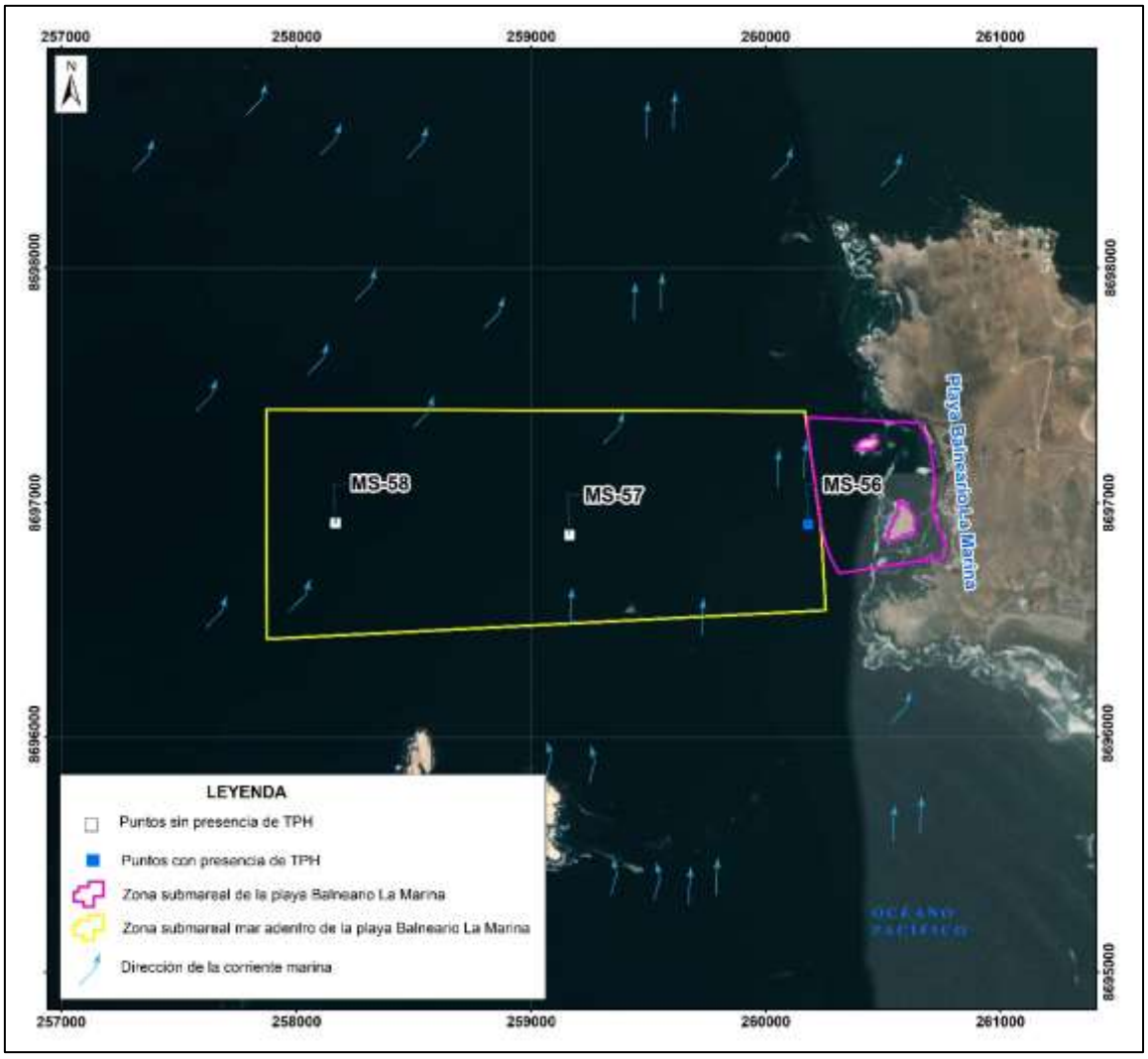


**Figura 8.12.** Presencia y ausencia de TPH en los puntos evaluados en la zona submareal de la playa Balneario La Marina.

Los resultados obtenidos de los 30 metales en los puntos ubicado en la zona submareal de la playa Balneario La Marina, que fueron comparados con los NF para los metales listados en la Tabla 8.1 (caracterización del crudo[30]), se identificó que los metales cadmio, calcio, cobre, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio que superan los NF no estarían relacionados por el derrame de hidrocarburos debido a reportarse en concentraciones próximas a los NFy NR. Por otro lado, en relación con el Níquel, cuya concentración en la caracterización del crudo corresponde a 6,9 mg/kg y el $NF_{Ni}$ = 5,707 mg/kg, no se podría relacionar directamente la excedencia a los Niveles de fondo de dicho metal a la concentración del hidrocarburo.

Finalmente, no se ha identificado un patrón o relación de la presencia de níquel y vanadio con respecto a aquellos puntos con presencia de TPH, debido a que los puntos que excedieron

30 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).

dichos parámetros reportaron valores por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio (< 0,30 mg/kg), lo cual, encontraría una posible respuesta en las condiciones del origen geológico de la zona evaluada.

Respecto a la comunidad de megabentos, comparando lo obtenido en los puntos ubicados frente a Balneario La Marina con los puntos blancos, se registra que los Ophiuroidea son más frecuentes en las estaciones de muestreo excepto en playa La Encantada (BE-S1), los mayores valores de esta especie dentro de las playas blanco fue para playa Cocoy (BP-S1) con una abundancia de 250 ind/1 $m^2$, mientras que en Balneario La Marina fue en la estación BLM-S1, con 155 ind/1 $m^2$ (Figura 8.13); se resalta que la estación con mayor diversidad dentro de todos los puntos evaluados fue BLM-S2 con 6 especies, pero sin embargo su abundancia fue baja con respecto a valores comparados con los Ophiuroidea.

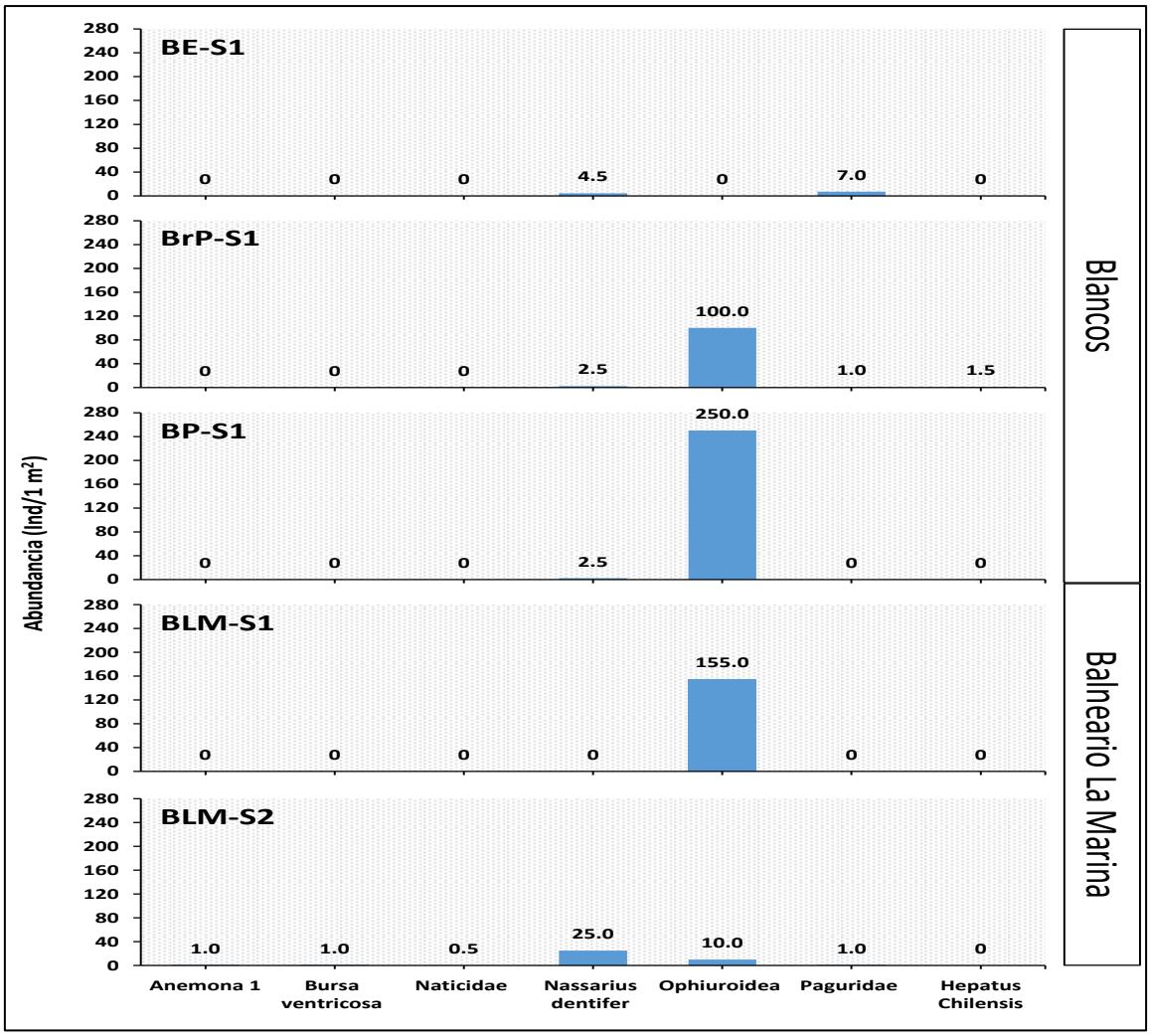


**Figura 8.13.** Abundancia de especies de megabentos en la playa Balneario La Marina comparado con los puntos blancos (Playa La Encantada, La Herradura y Cocoy)

## 9. CONCLUSIONES

De la evaluación ambiental para la verificación de la limpieza en la **Playa Balneario La Marina** asociado al **segmento D-13-A hasta D-13-B**, afectada por el petróleo crudo derramado en el Terminal Multiboyas N.º 2 de Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, con base de los indicadores planteados por el OEFA y de acuerdo a lo señalado en el Artículo 66-B.3 del D.S. 005-2021-EM «En caso que los resultados de los muestreos realizados en la supervisión respectiva superen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) o en caso corresponda, niveles de fondo; o en caso de persistir alteraciones en el ecosistema de acuerdo a los monitoreos de flora y/o fauna de corresponder…», se evidenció superación de nivel de fondo en sedimento (arena de playa) durante la evaluación realizada, donde de las 3,05 ha evaluada se estimó afectación de aproximadamente 0,16 ha por la presencia de concentraciones de TPH ($C_6$-$C_{40}$) que superan el nivel de fondo en sedimento (arena de playa).

- La evaluación de la calidad del agua de mar en zona intermareal determinó que en los puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras» y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y referencialmente con la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario» para parámetros de campo, Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales.

- La evaluación de la calidad del sedimento, en la zona intermareal (arena de playa), registró una concentración de TPH ($C_6$-$C_{40}$) de 20395 mg/kg que superó el valor de nivel de fondo ($NF_{TPH}$ <0,30 mg/kg) y nivel de referencia ($NR_{TPH}$ <0,30 mg/kg) en el punto de muestreo BLM-SD-3; así también, la réplica BLM-SD-3R registró una alta concentración de TPH ($C_{10}$-$C_{40}$) de 24134 mg/kg. Asimismo, el punto BLM-SD-3 reportó 9 de los 17 Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) analizados, el Acenafteno, Benzo(a)fluoranteno, Benzo(e)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno y Pireno que superaron los NF y NR, y estuvieron directamente relacionados al $TPH_{(C6-C40)}$ en concentraciones superiores al $NF_{THP}$ (<0,30 mg/kg).

- Los metales totales en sedimento superaron el NF y NR establecidos para 24 de los 30 metales registrados, y en 8 de los 9 metales (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio) evaluados por su relación con composición del crudo derramado; sin embargo, no se identificó ninguna relación con respecto a puntos de muestreo con presencia TPH por lo que su origen estaría relacionado a otras fuentes como la geología de la zona.

- El alcance aproximado del área impactada en sedimento intermareal fue de 0,16 ha, del total de 3,05 ha evaluados, determinados con base al punto que registró concentración de TPH ($C_6$-$C_{40}$) que superó el $NF_{TPH}$ y las condiciones del área.

- La evaluación de la calidad del agua de mar en los puntos ubicados en la zona submareal de la playa Balneario La Marina determinó que en los 3 puntos de muestreo se cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, para la «Categoría 2 subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras y «Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E3: Ecosistemas costeros y marinos» y referencialmente con la «Categoría 1, Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación - Contacto primario» para los parámetros evaluados (Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Totales del Petróleo (Fracción aromática), Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), Aceites y Grasas, BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y Metales totales (entre ellos, vanadio).

- La evaluación de la calidad del sedimento marino en la zona submareal determinó que todos los puntos evaluados presentaron predominancia de arena (> 47,2%). Los Hidrocarburos Totales del Petróleo estuvieron por debajo de los valores de Niveles de Fondo (73,62 mg/kg) y Niveles de Referencia (172,6 mg/kg); así también, los 17 compuestos analizados de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs) presentaron concentraciones menores a los límites de cuantificación analíticos respectivos, y no superaron los Niveles de Fondo y Niveles de Referencia establecidos respectivos.

- Los metales totales en sedimento marino superaron el NF y NR establecidos para 29 de los 30 metales registrados, y en 8 de los 9 metales de interés (cadmio, calcio, cobre, fósforo, hierro, plomo, sodio, níquel y vanadio), determinándose que no se encontró relación alguna con el derrame de hidrocarburos, por lo que su origen estaría relacionado a otras fuentes como el origen geológico del sustrato.

- En cuanto a la evaluación hidrobiológica, existe evidencia de alteraciones o cambios negativos de la población de *Emerita analoga* en el ambiente intermareal de la playa Balneario La Marina y de la comunidad de macrobentos de orilla rocosa en el extremo norte de esta misma playa. Mientras que, la comunidad de megabentos del ambiente submareal frente a esta misma playa no presenta evidencia de alteraciones.

## 10. RECOMENDACIONES

Remitir a la Dirección de Supervisión en Energía y Minas

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alvaro, C. E. S., Arocena, L. A., Martínez, M. Á., & Nudelman, N. E. S. (2017). Biodegradación aerobia de fracciones de hidrocarburos provenientes de la actividad

petrolera en un suelo de la región Patagonia Norte, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *33*(2), 247-257.

- Argüelles J., Taipe A., Espinoza E., Aguilar S., García W., Tenorio J., Zavala J., Gamarra A., Santos C. (2010). Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en la región Lima entre Punta Litera - Playa Grande (Barranca y Huara de la Región Lima). Instituto Del Mar Del Perú, Centro Regional de Investigación Pesquera, Huacho – Lima, Unidad de Investigaciones de Invertebrados Marinos, Sede Central.
- Barnes, R.S.K. & Hughes, R. (1999). An Introduction to Marine Ecology, Third Edition.
- Corona-Ramírez, L. & Iturbe-Arguelles, R. (2004) Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*.,6(2), 119-126.
- Figueruelo, J. y M. Marino-Dávila. 2004. Química Física del Medio Ambiente y de los Procesos Ambientales. Editorial Reverté. Ciudad de México. México. 614 p.
- Karleskint, G., R. Turner y J. Small. (2009). Introduction to Marine Biology, 3a edición, editorial Brooks/Cole, Belmont Canada, 581 pp.
- Keramea, P.; Spanoudaki, K.; Zodiatis, G.; Gikas, G.; Sylaios, G. Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives and Challenges. J. Mar. Sci. Eng. (2021), 9, 181. https://doi.org/ 10.3390/jmse9020181.
- Kerr J.M., McMillen S.J., Magaw R.I., Melton H.R y Naughton G. (2001). Risk-Based Soil Screening Levels for Crude Oil: The Role of Polyaromatic Hydro car bons. The petroleum Environmental Research Forum, USA.
- Maroto Arroyo, E. (2003). *Procesos de evolución de la descontaminación" in situ" de* suelos *afectados por hidrocarburos* (Doctoral dissertation, Caminos). Universidad Politécnica de Madrid.
- Ibanez-Erquiaga B, Pacheco AS, Rivadeneira MM, Tejada CL. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). PLOS ONE 13: e0208244 DOI 10.1371/journal.pone.0208244.
- Paredes C., Cardoso F. & Tarazona J. (1999). Invertebrados del intermareal rocoso del departamento de Lima, Perú: Una lista comentada de especies. Revista Peruana de Biología 6(2): 143-151.
- Moreno RA, Labra FA, Cotoras DD, Camus PA, Gutiérrez D, Aguirre L, Rozbaczylo N, Poulin E, Lagos NA, Zamorano D, Rivadeneira MM. (2021). Evolutionary drivers of the hump-shaped latitudinal gradient of benthic polychaete species richness along the Southeastern Pacific coast. PeerJ 9:e12010 DOI 10.7717/peerj.12010.
- Noriega, C, (2018). Nuestro mar de cada día. Óptimas condiciones oceanográficas y actividades sostenibles. Cultura, 2018, 32, 189-210. Recuperado de https://doi.org/10.24265/cultura.2018.v32.09.

- Osorio, C., N. Bahamonde & M.T. López. (1967). El limache *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. Bol. Mus. Nac. de Hist.Nat., Chile, 29(6): 61-116.

- Reible, D. (2014) Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments. Springer, 496 p.

- Sánchez G. (1988). Algunos aspectos bio-icologicos del "muy muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (decápoda: anomura) en playas al sur de Lima. Tesis Para Optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.

- Selley, R. (2000). Applied Sedimentology. (Academic Press) (2nd ed.)

- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience 57(7):573–583 DOI 10.1641/B570707.

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