



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **Trabajo Monográfico** cuyo título es:

“MAPEO DE SENSIBILIDAD SOCIOAMBIENTAL PARA UNA GESTIÓN PREVENTIVA ANTE LA OCURRENCIA DE DERRAMES DE PETRÓLEO – ESPECIES MARINAS”

Presentado por:

CINTHYA MIRELLA, MORALES SOTO


BACHILLER del nivel **PREGRADO** de la **ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA**

Que. Se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la UNICA, El informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 01%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate.

Pisco, 16 de julio de 2024


.....
VICTOR HERNAN ELIAS YUPANQUI
DIRECTOR (i) DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA DE ICA”

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos



Mapeo de sensibilidad socioambiental para una gestión preventiva ante la
ocurrencia de derrames de Petróleo – Especies Marinas

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO POR LA MODALIDAD DE EXAMEN
DE SUFICIENCIA ACADÉMICA

AUTOR

Bach. Cinthya Mirella Morales Soto

ICA-PERU

2024

ÍNDICE

| | | |
|--------------|---|-----------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | OBJETIVOS | 2 |
| | 2.1 Objetivo general | 2 |
| | 2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| III. | METODOLOGÍA | 3 |
| IV. | CONTENIDO TEMÁTICO | 4 |
| | 4.1 Capítulo I: El instrumento de gestión | 4 |
| | 4.2 Capítulo II: ¿Cómo es un derrame de petróleo en el mar? | 6 |
| | 4.2.1 Impactos de un derrame de petróleo en el mar..... | 8 |
| | 4.3 Capítulo III: Mapeo de la sensibilidad socioambiental | 10 |
| | 4.3.1 Información de entrada..... | 13 |
| | 4.3.2 Mapa base..... | 15 |
| | 4.3.3 Mapa táctico | 17 |
| | 4.3.4 Mapa estratégico..... | 23 |
| | 4.3.5 Mapa de sensibilidad | 28 |
| | 4.3.6 Mapa operativo..... | 34 |
| V. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN | 36 |
| VI. | CONCLUSIONES | 38 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 39 |
| VIII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |
| IX. | ANEXOS | 44 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------|--|----|
| TABLA I | SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD PARA TIPOS DE COSTA..... | 23 |
| TABLA II | SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD BIOLÓGICA. | 24 |
| TABLA III | NIVELES DE VULNERABILIDAD BIOLÓGICA ENCONTRADOS | 25 |
| TABLA IV | SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL..... | 25 |
| TABLA V | NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LOS RECURSOS SOCIALES | 26 |
| TABLA VI | EJEMPLO DE VULNERABILIDAD DE LA ACTIVIDAD PESQUERA... | 29 |
| TABLA VII | EJEMPLO DE PESO DE LOS ATRIBUTOS SEGÚN CRITERIO..... | 30 |
| TABLA VIII | EJEMPLO DE SENSIBILIDAD OBTENIDA PARA BENTOS..... | 31 |
| TABLA IX | EJEMPLO DE ESCALA DE SENSIBILIDAD SOCIOAMBIENTAL | 32 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | <i>Destino del petróleo derramado en el agua.</i> | 6 |
| Figura 2 | <i>Esquema vertical de un derrame de petróleo en un cuerpo de agua</i> | 7 |
| Figura 3 | <i>Distribución temporal de los procesos de un derrame de crudo</i> | 8 |
| Figura 4 | <i>Causas de derrames de petróleo</i> | 9 |
| Figura 5 | <i>Derrame de petróleo en zonas marinas</i> | 10 |
| Figura 6 | <i>Tipos de mapas necesarios dependiendo de los usuarios y la escala del evento</i> | 11 |
| Figura 7 | <i>Esquema de evaluación de la sensibilidad ambiental</i> | 12 |
| Figura 8 | <i>Ejemplo de características logísticas y operativas</i> | 16 |
| Figura 9 | <i>Ejemplo de atlas de esquema de seccionamiento del área de interés</i> | 16 |
| Figura 10 | <i>Ejemplos de índices de sensibilidad medioambiental – ESI</i> | 18 |
| Figura 11 | <i>Ejemplo de simbolización del borde costero aplicando el ESI</i> | 19 |
| Figura 12 | <i>Mapa que muestra la clasificación del borde costero y ubicación de especies de mariscos</i> | 21 |
| Figura 13 | <i>Ejemplo de un mapa táctico</i> | 22 |
| Figura 14 | <i>Ejemplo de un mapa estratégico</i> | 28 |
| Figura 15 | <i>Ejemplo de cómo se ve un mapa de sensibilidad, para casos de derrames de petróleo</i> | 36 |
| Figura 16 | <i>Ejemplo de un mapa operativo para casos de derrames de petróleo</i> | 35 |

I. INTRODUCCIÓN

La Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), luego de la experiencia por el derrame ocurrido en Ventanilla (Callao) en enero del 2022, destacó tres aspectos que deben ser reformados en la legislación vigente: i) la actuación coordinada multisectorial y multiactor; ii) la creación de instrumentos de gestión preventivos para el ámbito nacional; y, iii) optimizar la gobernanza para el ejercicio de derechos. En el presente documento, nos centraremos en el punto ii.

El objeto del presente documento es hacer de conocimiento que, a nivel internacional existen diversos organismos que han ido desarrollando herramientas preventivas específicas para facilitar la toma de decisiones y respuesta rápida ante los casos de derrames de hidrocarburos, incluso algunos países como Estados Unidos, Chile, entre otros, tienen previamente evaluadas sus zonas costeras más sensibles. Considerando que este tipo de mapas juega un rol importante en el proceso global de planificación de contingencias, en 1997 la Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL) inició la tarea de elaborar una guía para el trazado de mapas de sensibilidad, a partir de la cual otras instituciones se han sumado a reforzar y complementar el tema facilitando abundante material de ayuda.

El contexto actual y local de la problemática de respuesta frente a derrames de petróleo en el Perú, refleja la necesidad de conocer cómo llevar a cabo la elaboración de los Mapas de Sensibilidad Socioambiental para prevenir, y reducir el impacto de los derrames de petróleo, algo que la normativa ambiental en Perú, aún no contempla como parte de una exigencia de instrumentos de gestión preventivos específicos para casos de derrame, pero que podría

considerar en el corto plazo, debido al daño enorme ocurrido por el derrame en Ventanilla el pasado febrero del 2022.

La presente investigación es de tipo cualitativa, y reúne un enfoque sistemático y organizado del tema planteado, en función de las fuentes consultadas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Proporcionar información y dar las pautas necesarias acerca de cómo elaborar los mapas de sensibilidad socioambiental, como herramienta para la gestión sostenible ante derrames de petróleo en el mar, en función de las metodologías más utilizadas y la experiencia en el tema.
- Resaltar la importancia de obtener un mapa logístico y operativo como parte final del proceso.

2.2. Objetivos específicos

- Hacer de conocimiento de la importancia de esta herramienta como instrumento de gestión socioambiental de zonas marino costeras.
- Dar a conocer de manera breve cómo actúa un derrame de petróleo en el mar y sus impactos medioambientales.
- Orientar de manera puntual acerca de la información básica requerida para los mapas de sensibilidad socioambiental.
- Detallar de manera sucinta la función de los mapas de sensibilidad socioambiental y su proceso de obtención.

III. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cualitativa, y ha sido llevada a cabo mediante la recopilación y revisión de diversas fuentes secundarias formales que involucran el tema de interés, correspondientes a instituciones de nivel nacional e internacional. Esta revisión fue llevada a cabo hasta el 05 de junio del 2024, reuniendo un enfoque sistemático y organizado del tema planteado, en función de lo investigado en la información disponible y la experiencia en el tema.

IV. CONTENIDO TEMÁTICO

4.1. Capítulo I: El instrumento de gestión

Según Lazo *et al.* [1], la normativa ambiental que debería aplicarse a los procedimientos que se deben asumir y sobre la responsabilidad ambiental, son escasos. Esto hace que la línea de responsabilidades y equipos de respuesta, en cuanto a la participación activada la ejecución del Plan de contingencia, no esté preparada para el nivel de organización que se requiere, por lo que una correcta gestión preventiva debería tomar mayor relevancia.

Los mapeos de sensibilidad socioambiental no son una exigencia dentro del marco de los reglamentos que rigen la normativa actual para cualquier proyecto de inversión en el Perú, sin embargo, el titular de un proyecto no está limitado de generar información que sea útil para la gestión de los impactos de su actividad, lo cual también es parte de su responsabilidad civil. El Código Civil peruano en su artículo 1970 señala que, aquel que, mediante un bien riesgoso o peligroso, o por el ejercicio de una actividad riesgosa o peligrosa, causa un daño a otro, está obligado a repararlo, y en su artículo 1969 señala que aquel que por dolo o culpa causa un daño a otro está obligado a indemnizarlo. Según Acuña [2], la preparación de mapas de sensibilidad de las costas, constituye una etapa primordial para el establecimiento de criterios que faciliten el reclamo por compensación de daños y costos de limpieza causados por derrames de petróleo (p.1).

Las guías oficiales que se usan como estándar IPIECA, 2015a [3] y ARPEL, [4] se enfocan en actividades cercanas a la costa, esto se debe a que la mayor cantidad de actividades humanas, potenciales de causar derrames de petróleo, se encuentran allí. En el Perú, en la franja exclusiva para la pesca artesanal (las primeras 5 millas marinas), establecida por Decreto Supremo N.º 017-92-PE, confluyen la mayor diversidad de recursos hidrobiológicos, y a su vez,

diversas actividades de turismo y recreación, a su vez también están las actividades que puedan causar potenciales derrames de petróleo, en mayor magnitud suelen ser actividades industriales. Según el Ministerio de la Producción (PRODUCE), la pesca artesanal contribuye con 64 % de productos marinos de consumo humano directo, por lo que se estaría afectando no solo al ecosistema sino también a la actividad pesquera y a la seguridad alimentaria de las poblaciones que consumen regularmente estos productos, ésta podría considerarse quizá la actividad con mayor vulnerabilidad en comparación a las demás, en función de la presencia de actividades de los proyectos industriales que puedan ocasionar derrames de petróleo.

También es necesario tomar en consideración que la guía más utilizada a nivel internacional IPIECA [1], señala que: “El análisis de riesgos, combinado con un estudio de la deriva de un derrame de petróleo, basado en los vientos y las corrientes predominantes, identifica la ubicación de las áreas de alto riesgo...”, y que “Estas áreas de alto riesgo serán señaladas en el plan de contingencias para derrames de hidrocarburos”, que “Las medidas preventivas se deben reforzar para minimizar el riesgo de derrame y/o la protección de un sitio específico” (p. 9).

El Congreso de la República acaba de aprobar la Ley para la atención oportuna de emergencias ambientales, lo cual significa que posteriormente será publicado el reglamento, esto hace necesario prever que los mapeos de sensibilidad socioambiental puedan cobrar pronto mayor importancia por su aplicación útil y práctica, en ese sentido es fundamental ir formando un previo conocimiento al respecto. Es vital conocer también las competencias de los principales actores involucrados y sus funciones tanto para la gestión preventiva, como la gestión que procede ante la eventual ocurrencia de un derrame de hidrocarburos, ya que ambos

requerirán que los mapas de sensibilidad cuenten con la información más fidedigna, valiosa para facilitar la toma de decisiones.

4.2. Capítulo II: ¿Cómo es un derrame de petróleo en el mar?

El petróleo es un líquido natural de textura oleaginosa, insoluble en agua, color oscuro a negro, e inflamable. Está conformado por hidrógeno y carbono, extrayéndose de reservorios subterráneos sedimentarios del pasado geológico, y se ha encontrado petróleo entre 21 m a más de 10 000 m de profundidad. En los yacimientos de petróleo, los organismos vivos que quedaron atrapados allí se descompusieron a lo largo de millones de años en condiciones de anoxia, motivo por el cual recibe el nombre de combustible fósil.

La expansión de un derrame de petróleo dependerá de las características hidroceanográficas y climáticas de la zona, el viento, las corrientes y la radiación solar juegan un papel vital en destino del petróleo derramado (ver Figura 1).

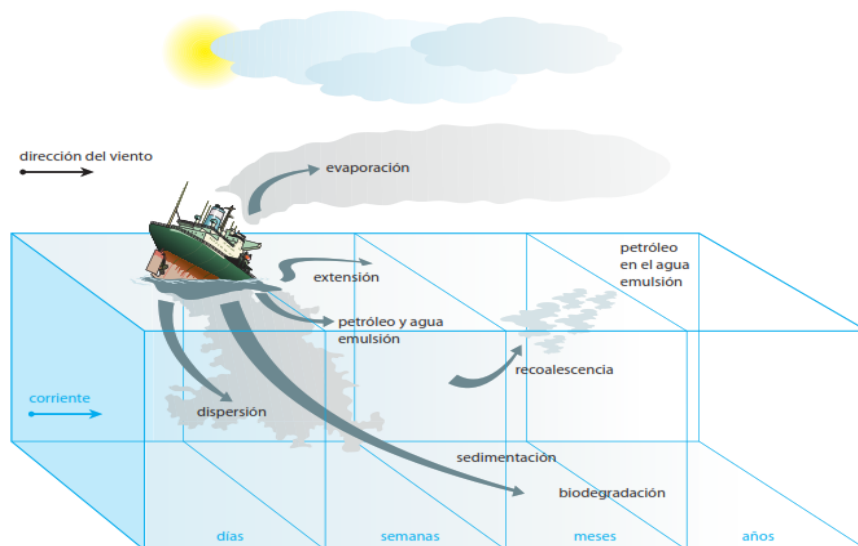


Figura 1. Destino del petróleo derramado en el agua.
Fuente: IPIECA, b [5]

El petróleo presenta tres tipos de concentración; F1 (C5-C10) fracción ligera o volátil, F2 (C10-C28) fracción mediana, y F3 (C28-C40) fracción pesada, por lo que al ocurrir un derrame, visto de manera vertical en el ambiente acuático, una parte se evapora, otra queda en forma de una película aceitosa oscura e iridiscente que se extiende inmediatamente cubriendo la interfase del agua, otra parte se emulsionará y quedará suspendida en la columna de agua a merced de las corrientes, mientras que la fracción más pesada llegará hasta el lecho del cuerpo de agua (ver Figura 2 y Figura 3).

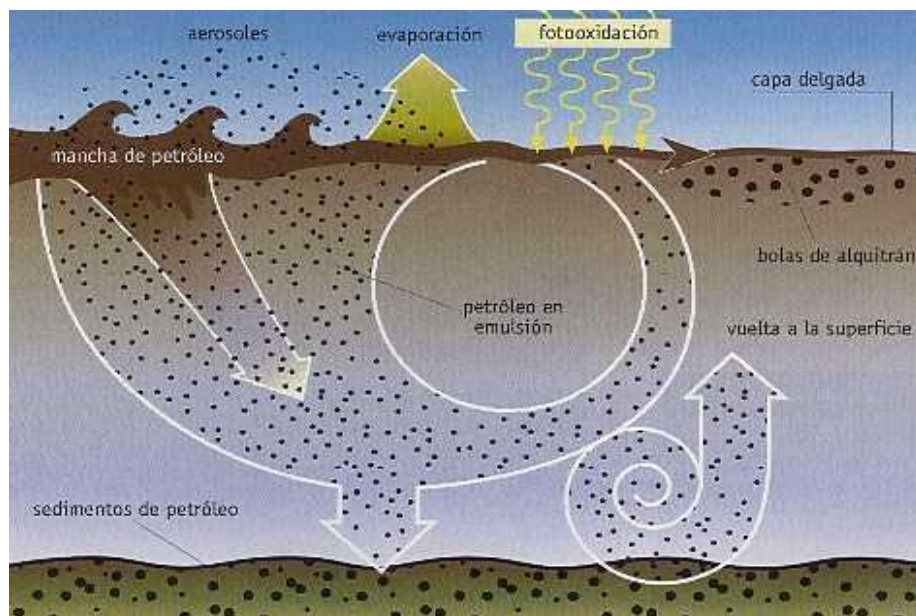


Figura 2. Esquema vertical de un derrame de petróleo en un cuerpo de agua
Fuente: citado por CETMAR [6].

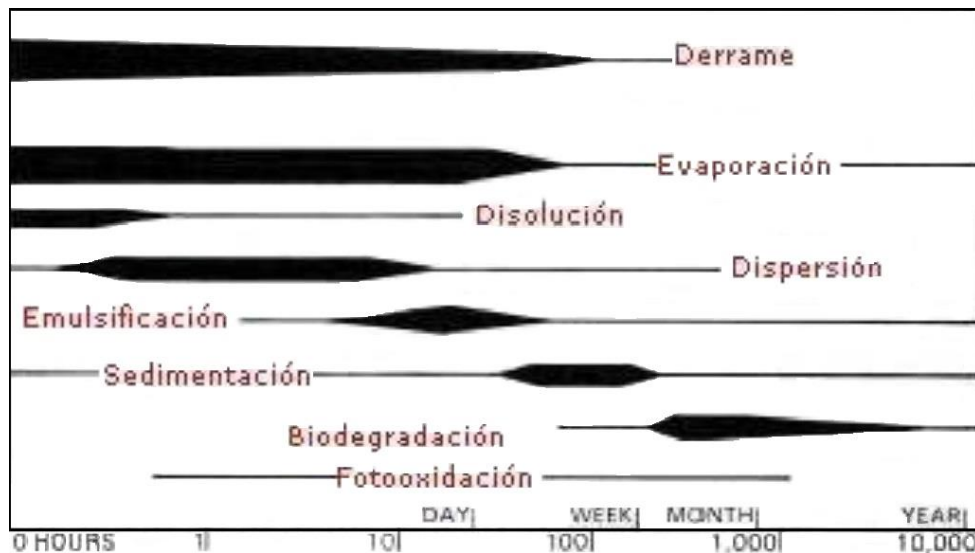


Figura 3. Distribución temporal de los procesos de un derrame de crudo
Fuente: CETMAR [6]

4.2.1. Impactos de un derrame de petróleo en el mar

Los derrames de petróleo son accidentes que, según la Federación Internacional Anticontaminación de Armadores de Buques Tanque - ITOPF y Mar Limpio [7], en su mayoría ocurren por choques, varaduras, falla del casco, falla del equipamiento, explosiones, carga y descarga, almacenamiento entre otras, ver Figura 4. La magnitud del daño causado por un derrame de petróleo dependerá del volumen y la ubicación donde ha ocurrido, de las comunidades biológicas presentes que están estrechamente ligadas a los hábitats afectados, así como de las actividades humanas que están estrechamente relacionadas al uso del ambiente marino, podrían quedar paralizadas la pesca, la recreación, el turismo, entre otras.

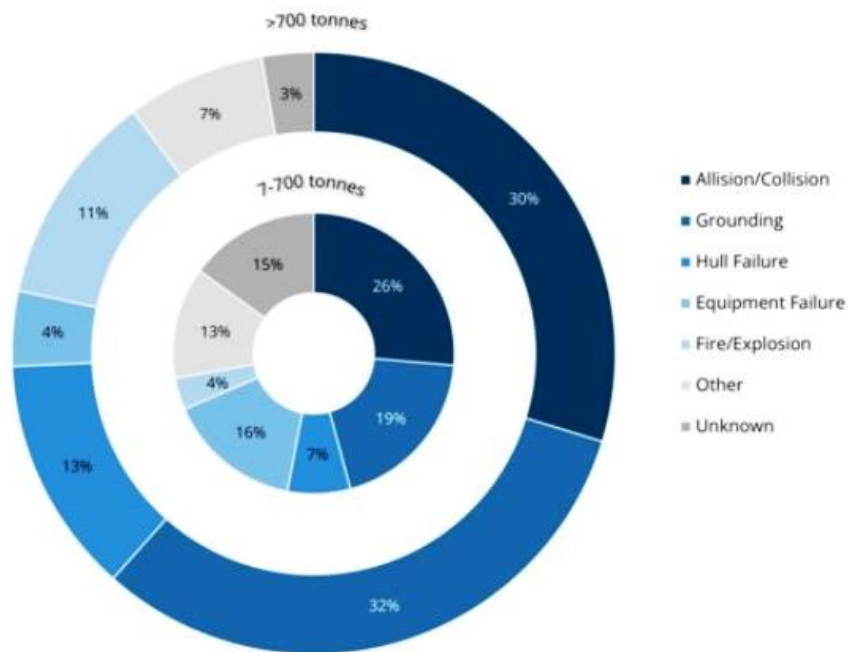


Figura 4. Causas de derrames de petróleo.

Fuente: ITOPF [1]

A nivel físico, los compuestos volátiles del petróleo se evaporan contaminando la atmósfera, parte de los compuestos líquidos, al formar una capa delgada que cubre la interfase del agua en el medio marino, interrumpen el intercambio de oxígeno entre la atmósfera y el agua, por lo que reducen los niveles de oxígeno en la masa de agua donde se extiende el derrame, los compuestos líquidos que llegan hacia los sustratos no rocosos, incluyendo sedimentos, llegan a bloquear su permeabilidad. A nivel biológico, las aves, mamíferos, reptiles, peces y comunidades del bentos (fondo marino), que tengan contacto con el petróleo estarán expuestos a quedar cubiertos por este compuesto oleoso, a la ingestión o asfixia. A nivel social, según la magnitud del evento puede llegar a afectar las actividades de pesca, turismo, y recreación, entre otras, ver Figura 5. La afectación en cada uno de estos casos dependerá del tiempo en que el petróleo derramado sea recuperado, y de su proceso de degradación natural, ver.



Figura 5. Derrame de petróleo en zonas marinas.
Fuente: CoperAccion [8]

4.3. Capítulo III: Mapeo de la sensibilidad socioambiental

La sensibilidad socioambiental se entiende como el potencial de afectación (transformación o cambio) que pueden sufrir los componentes ambientales y sociales como resultado de las actividades de intervención antrópica del medio o debido a los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente, Sandía y Henao [9].

La Guía de Mapeo de la Sensibilidad para derrames de petróleo publicada por la International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA, 2015a) [3], fue diseñada para atención a casos de derrame de petróleo en ambientes marinos, y es la más utilizada a nivel internacional. Esta guía, como parte de su metodología estándar considera que debe elaborarse tres tipos de mapas; táctico, estratégico y operativo, que podrán ser utilizados según la función de quienes estén involucrados en atender una emergencia de; nivel

1 (local), nivel 2 (regional) o nivel 3 (global), ciñéndose al área considerada en los Planes de Contingencia que se hayan contemplado para el proyecto. Ver Figura 6.

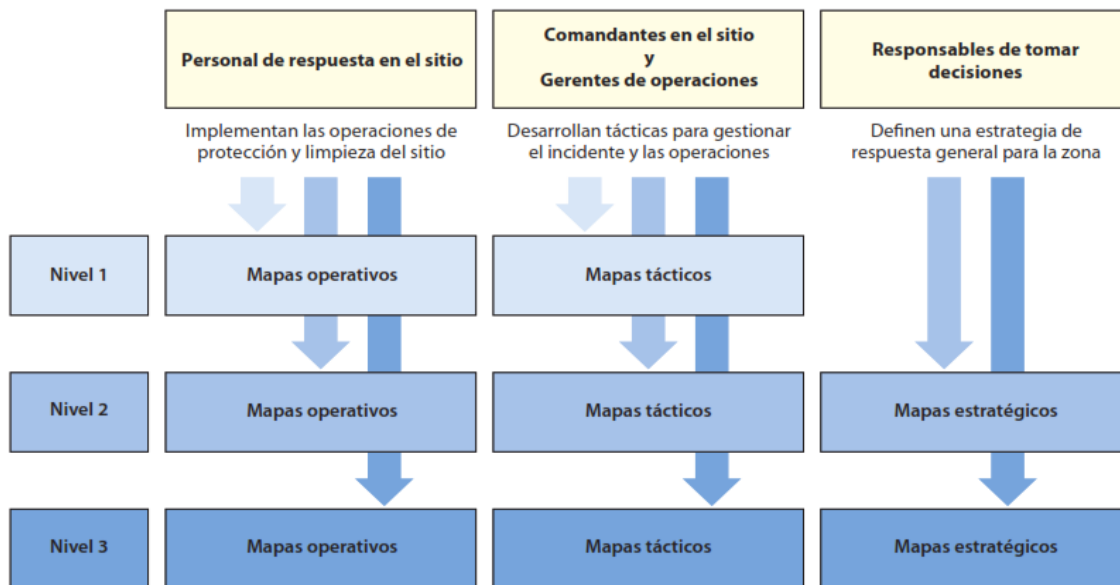


Figura 6. Tipos de mapas necesarios dependiendo de los usuarios y la escala del evento

Fuente: IPIECA, 2015a [3]

Las escalas de los mapas de sensibilidad pueden ser variables dependiendo de la cantidad de información vertida, y del tamaño del área de estudio, en un formato legible, con escala gráfica de barras. IPIECA (2015a), sugiere evitar los métodos complejos que implican muchos parámetros (p. 29), y que los mapas de sensibilidad a derrames de hidrocarburos se deben desarrollar como una herramienta:

- **Sencilla:** Los datos deben permanecer en volumen y duración “razonable”.
- **Centrada:** En las necesidades de los distintos usuarios y en los objetivos.
- **Operativa:** El atlas debe ser de uso fácil y entendible por no expertos durante los incidentes.

De la práctica en la elaboración de este tipo de mapas, se ha llegado a identificar que, para una evaluación completa y organizada, previamente a la elaboración de los mapas táctico y estratégico, resulta necesario elaborar un mapa base, la utilidad de contar con este tipo de mapa también ha sido contemplado por ARPEL [4], de la experiencia debe señalarse que esto permite una mejor identificación y evaluación de todos los atributos (características) presentes en el área de estudio. Además, también suele resultar útil trabajar un mapa que refuerce la retroalimentación entre el mapa estratégico y el mapa operativo, al que diversos autores denominan mapa de sensibilidad. Esto se detalla más adelante en el desarrollo de los ítems correspondientes.

A continuación, se esquematiza de manera simplificada el proceso (ver Figura 7).

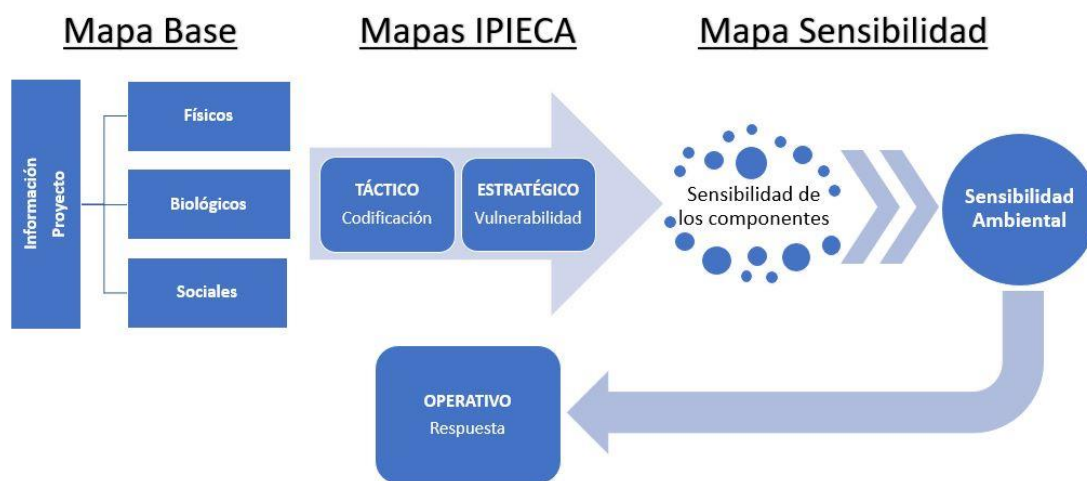


Figura 7. Esquema de evaluación de la sensibilidad ambiental

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento que se describe a continuación para la construcción de los mapas, es una síntesis y combinación de metodologías que se entremezclan en las fuentes bibliográficas, con nomenclaturas y términos que pueden variar de fuente en fuente, pero que sin embargo siguen los mismos principios que rigen la función de cada uno de los mapas que, en una

sucesión lógica, en base a la experiencia en el tema, se ha elegido lo más didáctico y sencillo de aplicar, para llegar al producto final.

4.3.1. Información de entrada

Toda la información de entrada, para llevar a cabo un mapeo completo de la sensibilidad socioambiental, deberá iniciarse con la recopilación de información del o los proyectos, esto facilitará la identificación de qué información adicional deberá considerarse. La información debe cubrir de manera uniforme toda el área de interés, y estar enfocada en los posibles sitios que puedan ser afectados por casos de derrames de petróleo.

El enfoque de la información adicional de entrada deberá cubrir tres componentes principales para su análisis: aspectos físicos del medio ambiente, biológicos y sociales, que estarán estrechamente relacionados con la zona que podría ser afectada, del desglose de esta información se identificarán los atributos (características) que serán evaluadas más adelante.

A continuación, se proporciona un listado referencial de información vital a considerar dentro de cada uno de los componentes que puede involucrar un eventual derrame de petróleo. Lo ideal es que la información sea lo más reciente posible y no se limite a este listado:

a) Proyecto

- Fase del proyecto.
- Status ambiental (estudios o licencias ambientales previas).
- Actividades, cronograma, tiempo de vida útil.
- Actividades de transporte marítimo de petróleo, volumen.
- Instalaciones de almacenamiento.
- Imágenes o fotografía satelitales georeferenciadas.

- Rutas de operación, navegación y zonas de atraque y amarre.
- Área de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Líneas de base socioambiental.
- Evaluación e identificación de impactos.
- Plan de contingencia.
- Estudio de riesgos.

b) Componentes socioambientales

- Aspecto Físico
 - Meteorología, clima y estacionalidad.
 - Velocidad y dirección del viento.
 - Batimetría.
 - Velocidad y dirección de las corrientes.
 - Hidrología de la zona y su estacionalidad.
 - Tipos de suelo, y capacidad de uso mayor.
 - Tipos de playas o riberas.
 - Tipos de sustrato, textura.
 - Límite de las 5 millas.
- Aspecto Biológico
 - Tipos de ecosistemas
 - Hábitats intermareales y submareales.
 - Especies, hábitos y ciclos de vida.
 - Especies más relevantes por su uso, protección o vulnerabilidad.
 - Áreas de importancia biológica (ANPs, RAMSAR, hotspots, bancos naturales)

de recursos pesqueros, entre otras).

- Unidades de vegetación costera.
- Aspecto Social
 - Infraestructura (vías de acceso, puertos, capitanía, postas u hospitales, otros).
 - Instituciones (DICAPI, IMARPE, SERFOR, entre otros).
 - Actividades económicas (zonas de pesca, zonas de recolección de algas, cultivos acuícolas, otros).
 - Zonificación ecológica y económica (ZEE).
 - Organizaciones relacionadas a la pesca (gremios, entre otros).
 - Proyectos ambientales y/o de conservación biológica.
 - Directorio de actores involucrados.

De esta recopilación de información, en el caso de no encontrar nada acerca de la potencial pluma de propagación de un derrame, deberá inferirse esta información a grandes rasgos; contrastando lo referente al proyecto y a las características hidro-oceanográficas (componente físico) del área de interés. Este ejercicio es fundamental para delimitar el área de estudio; la que será reflejada en los mapas. Esto permitirá enfocar y orientar los esfuerzos de búsqueda de información

4.3.2. *Mapa base*

Luego de recopilada y revisada la información listada en el ítem anterior, en función del área de influencia del proyecto y el área de interés, se procede a delimitar el alcance geográfico del mapeo para llevar a cabo el inicio del proceso de elaboración. Georeferenciando toda información relevante del área de estudio. Por sus cualidades, es un mapa de caracterización.

Finalizado el mapa base, debido a que estos mapas suelen contener abundante información de caracterización de toda el área, por componente y por temática, así como de los medios operativos (Figura 8), según la extensión del área de interés, se procederá a seccionarla según sea necesario de modo que funcione como un atlas, así poder organizar la formación con mayor facilidad en una serie de láminas (ver Figura 9).



Figura 8. Ejemplo de características logísticas y operativas

Fuente: IPIECA [3]

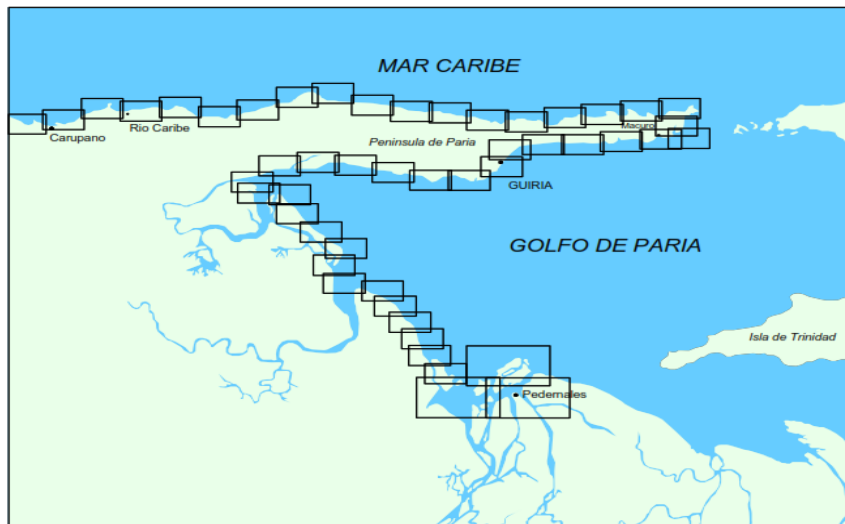


Figura 9. Ejemplo de atlas de esquema de seccionamiento del área de interés

Fuente: ARPEL [4].

4.3.3. Mapa táctico

El mapa táctico en la guía de IPIECA (2015a) [3], está diseñado para su uso por los comandantes y gerencia de operaciones en el sitio, tiene como finalidad mostrar la información del aspecto socioambiental y operacional (logística) relevante, facilitando la ubicación de sitios importantes y recursos necesarios para planificar e implementar operaciones protección y respuesta. Por sus características, es un mapa de identificación y organización. Los símbolos utilizados en los mapas son de cuatro tipos; hábitats y áreas sensibles, comunidades biológicas, uso y actividades humanas, y recursos logísticos y operativos, en parte, estos han sido desarrollados por la NOAA (siglas en inglés de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica) para ser utilizados de manera estándar, pudiendo incorporarse nuevos según la necesidad.

A continuación, se describen los pasos para la obtención del mapa táctico de la Figura 13.

4.3.3.1. Codificación ESI para tipos de costa

El borde costero será clasificado en función del tipo de ambientes que presente, para ello se tiene como referencia el índice de sensibilidad ambiental que se conoce como ISA o ESI (por sus siglas en inglés), como se muestra en la Figura 10, para los que ya existe un código de colores preestablecido (ver Anexo 1, Tabla A1.1), agrupando estos ambientes en un orden de sensibilidad, del 1 (baja sensibilidad) al 10 (alta sensibilidad) utilizado por IPIECA (2015a) [3], tomando como criterios (p.7);

- el tipo de costa (tamaño del grano, inclinación, etc.); capacidad de penetración del petróleo y/o la posibilidad de enterrarlo en la costa, y el movimiento;

- la exposición a las olas (y a la energía de las mareas); tiempo de persistencia natural del petróleo en la costa; y
- la productividad biológica general y la sensibilidad



Índice 2

2A *Plataformas expuestas en el lecho de roca, lodo o arcilla talladas por las olas*

2B *Declives expuestos y pendientes pronunciadas en la arcilla*

Índice 7

Planicies de marea expuestas (área arenosa extensa a menudo cubierta en las mareas altas)

Figura 10. Ejemplos de índices de sensibilidad medioambiental – ESI

Fuente: IPIECA, 2015 [1]

En el **Anexo 2**, se pueden visualizar todos los ejemplos de ESI, por IPIECA, 2015a. Asimismo, la metodología para determinar estos índices ha sido ampliamente por la NOAA [10]. A continuación, en la Figura 11 se muestra cómo se visualizan los ESI en el los mapas tácticos, y el resultado se puede visualizar en la Figura 13.

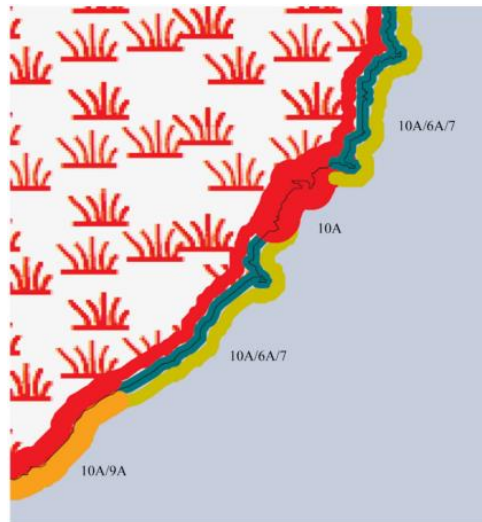


Figura 11. Ejemplo de simbolización del borde costero aplicando el ESI
Fuente: NOAA [10]

4.3.3.2. Codificación de atributos biológicos

Las áreas biológicas identificadas en el mapa base, se discriminan y codifican, utilizando colores, patrones, y polígonos para los hábitats y áreas sensibles (ver ejemplo de la Figura 12). También se incluirán símbolos para representar las comunidades biológicas, de modo que sea fácil de interpretar. La estacionalidad también tiene una simbología y dependiendo que cómo se presente, puede que sea necesario elaborar mapas para más de una temporada. Ver más detalles de la simbología en el Anexo 3, Tablas A3.1 y A3.2. Ver Figura 13.

4.3.3.3. Codificación de atributos sociales

Del mismo modo en que se ha procedido en el ítem anterior, los atributos identificados en el aspecto social serán representados y codificados utilizando colores, patrones, y polígonos, así como símbolos (Anexo 3, Tabla A3.3). La finalidad es que estén señaladas las actividades humanas y uso de áreas, que puedan sufrir impactos significativos a causa de un potencial

derrame de petróleo. En la medida de lo posible, esta información debe ser corroborada con las autoridades locales. En este caso también puede presentarse estacionalidad por lo que podría ser necesaria elaboración de mapas para más de una temporada. Ver Figura 13.

4.3.3.4.Codificación de medios logísticos y operativos

Es fundamental contar con esta información, y es preferible corroborarla en campo, por lo que también será necesario tenerla codificada y simbolizada, en el Anexo 3, Tabla A3.4, se puede visualizar el detalle de lo establecido como estándar, pudiendo ampliarse según la necesidad. Ver Figura 13.

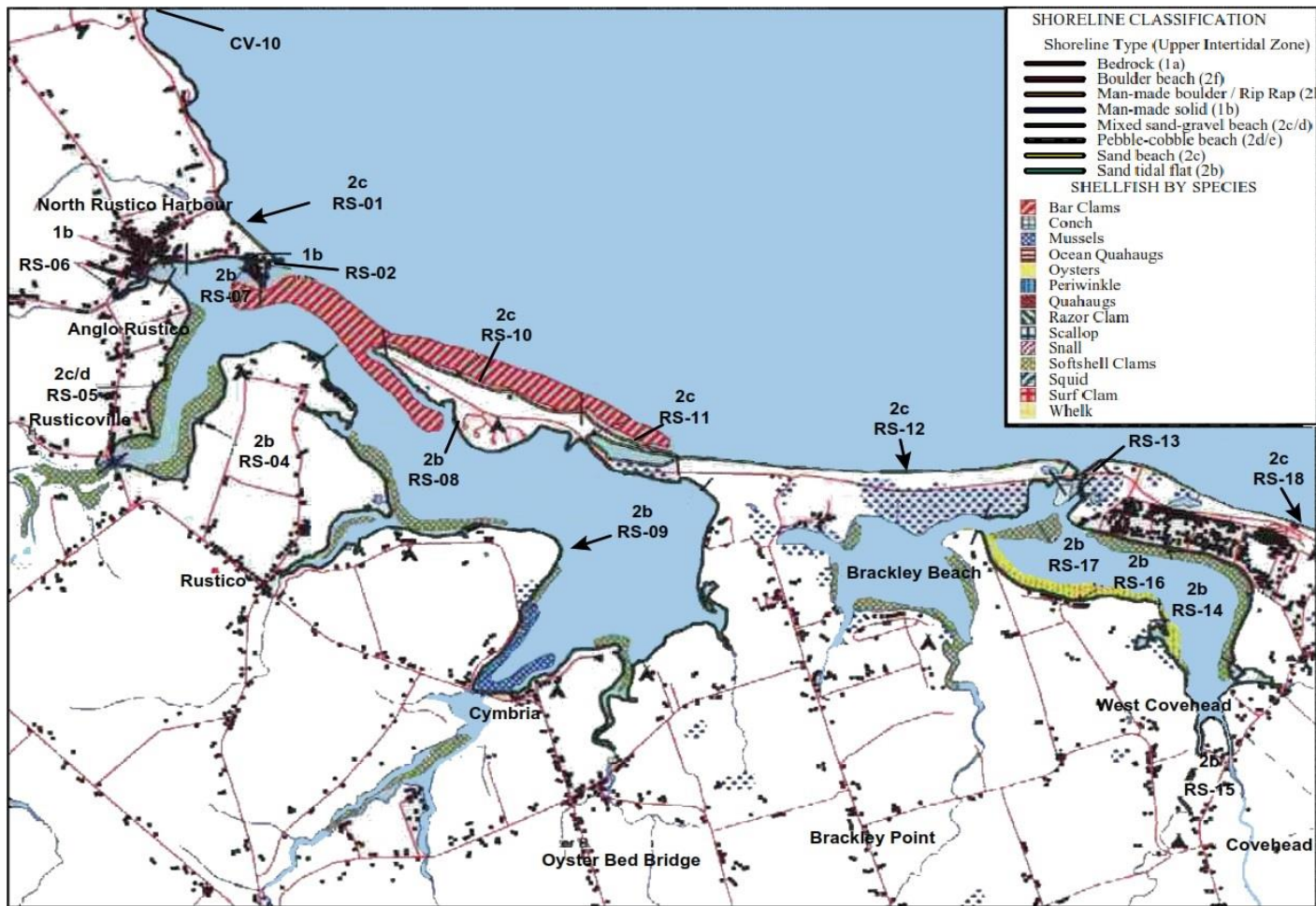


Figura 12. Mapa que muestra la clasificación del borde costero y ubicación de especies de mariscos
 Fuente: ARPEL, 1997 [4]

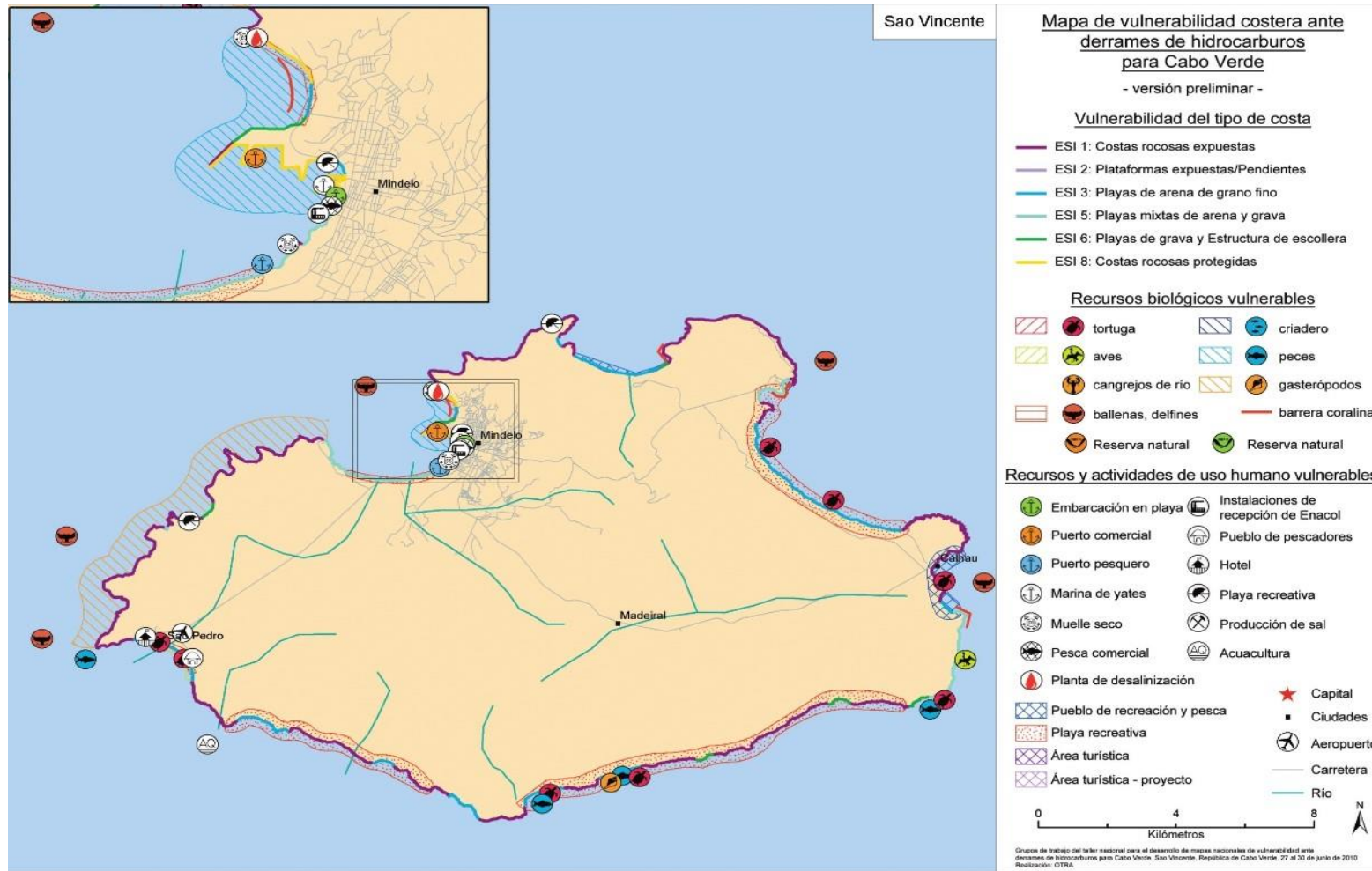


Figura 13. Ejemplo de un mapa táctico

Fuente: IPIECA, 2015a. [1]

4.3.4. Mapa estratégico

El mapa estratégico, en la guía de IPIECA [3] , está diseñado para su uso por los responsables de toma de decisiones, y tiene como función ubicar y priorizar los sitios más vulnerables, reflejando el grado de ésta en el entorno respecto del proyecto, es decir; identifica la capacidad de los determinados tipos de área presentes en ese entorno (desde el punto de vista físico, biológico, y social), para asimilar las alteraciones que potencialmente puedan ser ocasionadas producto del proyecto, debido a la perturbación que puedan tener en el terreno, en los hábitats más relevantes a lo largo de los ciclos de vida de la biota, en actividades económicas (pesca o recreación) en dicha área marina.




Para determinar síntesis de la vulnerabilidad por cada componente y atributo, IPIECA (2015a) [3] asigna una escala representativa de niveles, como se explica a continuación, y el resultado puede verse en la Figura 14.

4.3.4.1. Vulnerabilidad de los tipos de costa

Para definir la vulnerabilidad de los tipos de costa, corresponde reagrupar los ESI identificados en el mapa táctico (1, 2, 3, 5, 6 y 8), simplificándolos en 3 niveles (ver Tabla 1). Ver resultado en la Figura 14.

TABLA I

SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD PARA TIPOS DE COSTA

| ESI | Nivel de Vulnerabilidad | Representación |
|---------|-------------------------|--|
| 1, 2 | Baja |  |
| 3, 5, 6 | Media |  |
| 8 | Alta |  |

Fuente: Elaborado en base a IPIECA [3]

4.3.4.2. Vulnerabilidad de aspecto biológico

Para definir la vulnerabilidad del componente biológico, se pueden valorar sus atributos en función de criterios como: tiempo de recuperación tras un derrame de petróleo, características (sésil, móvil), estado de conservación, rareza de hábitats y especies, etc.

IPIECA (2015a) [3] sugiere que, si varias especies sensibles coexisten en la misma área, se mantendrá la sensibilidad más alta (p. 20), pudiendo utilizar una matriz sencilla de síntesis, como la que se presenta en la Tabla 2, de modo que esto ayude a definir la vulnerabilidad del componente biológico en su conjunto.

TABLA II
SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD BIOLÓGICA.





| Vulnerabilidad | | Zonas de anidamiento de tortugas marinas | | |
|------------------------------|-------|--|-------|------|
| | | baja | media | alta |
| Zonas de anidamiento de aves | baja | baja | media | alta |
| | media | media | media | alta |
| | alta | alta | alta | alta |

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración del mapa estratégico que se está utilizando como ejemplo, al tabular la Tabla 3, no se obtuvo como resultado vulnerabilidades bajas, por lo que solo se tienen los niveles medio y alto.

TABLA III

NIVELES DE VULNERABILIDAD BIOLÓGICA ENCONTRADOS

| Nivel de Vulnerabilidad | Representación de Recursos | |
|-------------------------|---|---|
| | Biológicos | |
| Media |  |  |
| Alta |  |  |

Fuente: Elaborado en base a IPIECA, 2015a [3]

4.3.4.3. Vulnerabilidad de aspecto social

Para definir la vulnerabilidad del componente social, del mismo modo, se pueden valorar los atributos en función de criterios como: zonas de pesca, áreas de recolección de algas, áreas de cultivos acuícolas, áreas de recreación, áreas de ecoturismo, etc.

Para sintetizar la vulnerabilidad, se puede sintetizar la coexistencia de atributos del mismo modo que en el ejemplo anterior, como se muestra en la Tabla 4, de modo que esto ayude a definir la vulnerabilidad del componente social en su conjunto. Ver resultado en la Figura 14.

TABLA IV





SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL.

| Vulnerabilidad | | Áreas de recolección de algas | | |
|---------------------|-------|-------------------------------|-------|------|
| | | baja | media | alta |
| Áreas de recreación | baja | baja | media | alta |
| | media | media | media | alta |
| | alta | alta | alta | alta |

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración del mapa estratégico que se está utilizando como ejemplo, al tabular la Tabla 5, no se obtuvo como resultado vulnerabilidades bajas, por lo que solo se tienen los niveles medio y alto. Ver resultado en la Figura 14.

TABLA V
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LOS RECURSOS SOCIALES

| Nivel de Vulnerabilidad | Representación de Recursos | |
|-------------------------|---|---|
| | Uso humano | |
| Media |  |  |
| Alta |  |  |

Fuente: Elaborado en base a IPIECA, 2015a [3]

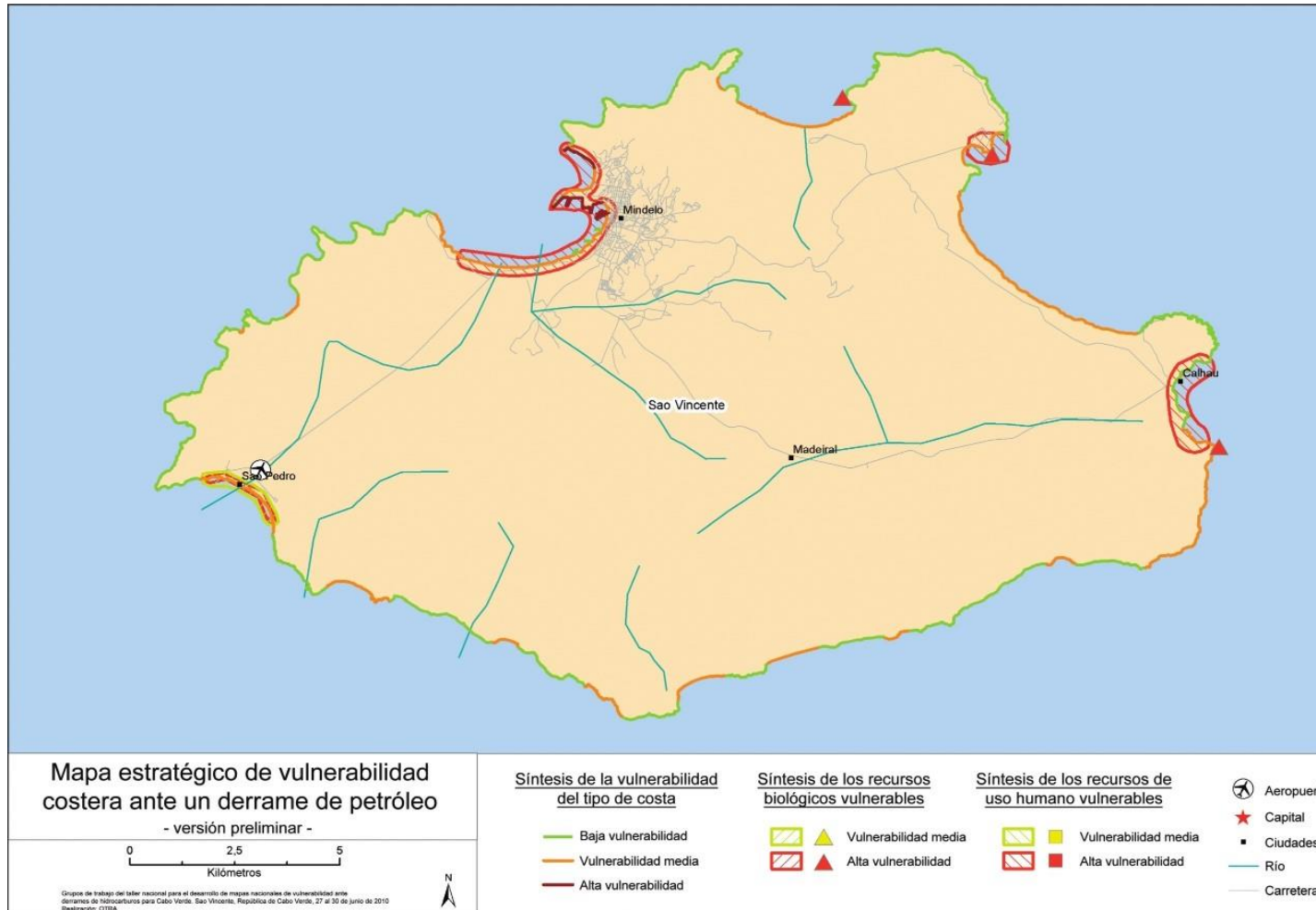


Figura 14. *Ejemplo de un mapa estratégico*

Fuente: IPIECA, 2015a [3].

4.3.5. Mapa de sensibilidad

Este mapa no está descrito metodológicamente en las guías anteriormente citadas, sin embargo, diversos autores han desarrollado metodologías que calzan adecuadamente al momento de llevar a cabo una evaluación que permita ir un poco más allá de lo anteriormente descrito, ampliar el análisis, con la finalidad de identificar los puntos más álgidos y específicos en la zona de interés, que ayuden a establecer prioridades de respuesta, y la mejor ubicación para el equipamiento de respuesta. Los criterios que entran a tallar relacionan numéricamente la vulnerabilidad intrínseca de los atributos, versus el riesgo externo que representa un derrame (probabilidad de ocurrencia, zonas de afectación, magnitud, intensidad).

Para esta tarea es necesario saber diferenciar vulnerabilidad versus sensibilidad. En el desarrollo del presente documento se han definido ambos conceptos, vulnerabilidad debe entenderse como la **capacidad de asimilación** de los atributos (biota, actividades humanas, sustrato de borde costero), frente a las alteraciones producto de un derrame, mientras que la sensibilidad debe entenderse como el **potencial de afectación** a los atributos, a causa de un derrame.

A continuación, va un ejemplo práctico de aplicación de ambos conceptos y desglose de criterios: si estamos evaluando los bancos de recursos bentónicos (atributo), podríamos tener registrado uno en hábitat de remanso o poca corriente en un relieve costero casi plano y arenoso, y otro que habita un zona cercana a rompientes rocosas, corrientes intensas con un relieve costero que forma farallones; independientemente de las condiciones externas, ambos bancos tendrán alta vulnerabilidad (criterios aplicados: son recursos que están concentrados en un área, poseen baja movilidad, baja capacidad

de asimilación de un derrame), sin embargo ambos no serán afectados de la misma manera; el derrame en las zonas donde la corriente posee mayor dinamismo, pasará por un proceso de fotooxidación menos lento, por lo que, la zona de remanso sería la más afectada en términos de recuperación, y es allí donde resulta necesario determinar un peso que permita resaltar que se trata de una área más sensible con respecto de la otra.

4.3.5.1. Vulnerabilidad numérica

Para obtención de los mapas de sensibilidad, primero se debe asignar un valor de vulnerabilidad a cada atributo de cada componente (físico, biológico, social), en función de los criterios de evaluación respecto de un derrame de petróleo, como se muestra en otro ejemplo en la Tabla 6.

TABLA VI
EJEMPLO DE VULNERABILIDAD DE LA ACTIVIDAD PESQUERA

| Atributos | | Vulnerabilidad | |
|--------------------|--------------------------|----------------|-------|
| | | Nivel | Valor |
| Ruta de navegación | | Baja | 1 |
| Zona de pesca | Pelágicos | Media | 2 |
| | Pulmoneros no embarcados | Alta | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.2. Peso o ponderación

Saaty [11], establece una metodología que facilita el paso de escalas representativas multicriterio, a escalas numéricas de un modo sistemático, organizando los atributos en una estructura jerárquica llamada escala fundamental de preferencia. Si

bien esta jerarquía es asignada de manera subjetiva, entra a tallar mucho el criterio de experto, en un aporte de respuestas que se requiere sean válidas en la práctica. Ver Tabla 7.

TABLA VII
EJEMPLO DE PESO DE LOS ATRIBUTOS SEGÚN CRITERIO

| Atributo | Criterio | Vulnerabilidad | Peso |
|---------------------|---------------------------|----------------|------|
| Especies tolerantes | Zonas de baja densidad | 1 | 1 |
| Bancos de recursos | En relieve abrupto rocoso | 3 | 2 |
| | En relieve suave arenoso | 3 | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.3. Cálculo de la sensibilidad

La sensibilidad de cada característica o atributo se puede obtener del producto entre la vulnerabilidad y el peso o ponderación, tomando como referencia lo aplicado por Sandía y Henao [9].

$$SA = v \cdot P$$

Dónde:

SA: sensibilidad.

v: vulnerabilidad de la característica o atributo.

P: peso.

De la aplicación de la fórmula y la escala de sensibilidad obtenemos los resultados de la Tabla 8.

TABLA VIII

EJEMPLO DE SENSIBILIDAD OBTENIDA PARA BENTOS

| Atributo | Criterio | Vulnerabilidad | Peso | Sensibilidad |
|---------------------|---------------------------|----------------|------|--------------|
| Especies tolerantes | Zonas de baja densidad | 1 | 1 | 1 |
| Bancos de recursos | En relieve abrupto rocoso | 3 | 2 | 6 |
| | En relieve suave arenoso | 3 | 3 | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

En el momento de correlacionar todos los atributos (físicos, biológicos y sociales), se presentarán casos de traslapes o superposición de atributos, al llegar a eso se puede aplicar la sumatoria de la sensibilidad en dichas intersecciones, tomando como referencia también lo aplicado por Sandia y Henao [9], de la siguiente manera:

$$SA_{\cap s} = \sum_{i=0}^n v_n \cdot P_n$$

Dónde:

$SA_{\cap s}$: sensibilidad en las intersecciones.

v: vulnerabilidad de la característica o atributo.

P: peso.

Los resultados pueden ser clasificados en cinco niveles de sensibilidad como en el ejemplo de la Tabla 9.

TABLA IX

EJEMPLO DE ESCALA DE SENSIBILIDAD SOCIOAMBIENTAL

| Sensibilidad | Nivel |
|--------------|----------|
| 1-2 | Muy Bajo |
| 3-4 | Bajo |
| 5-6 | Moderado |
| 7-8 | Alto |
| 9-10 | Muy Alto |

Fuente: Elaboración propia.

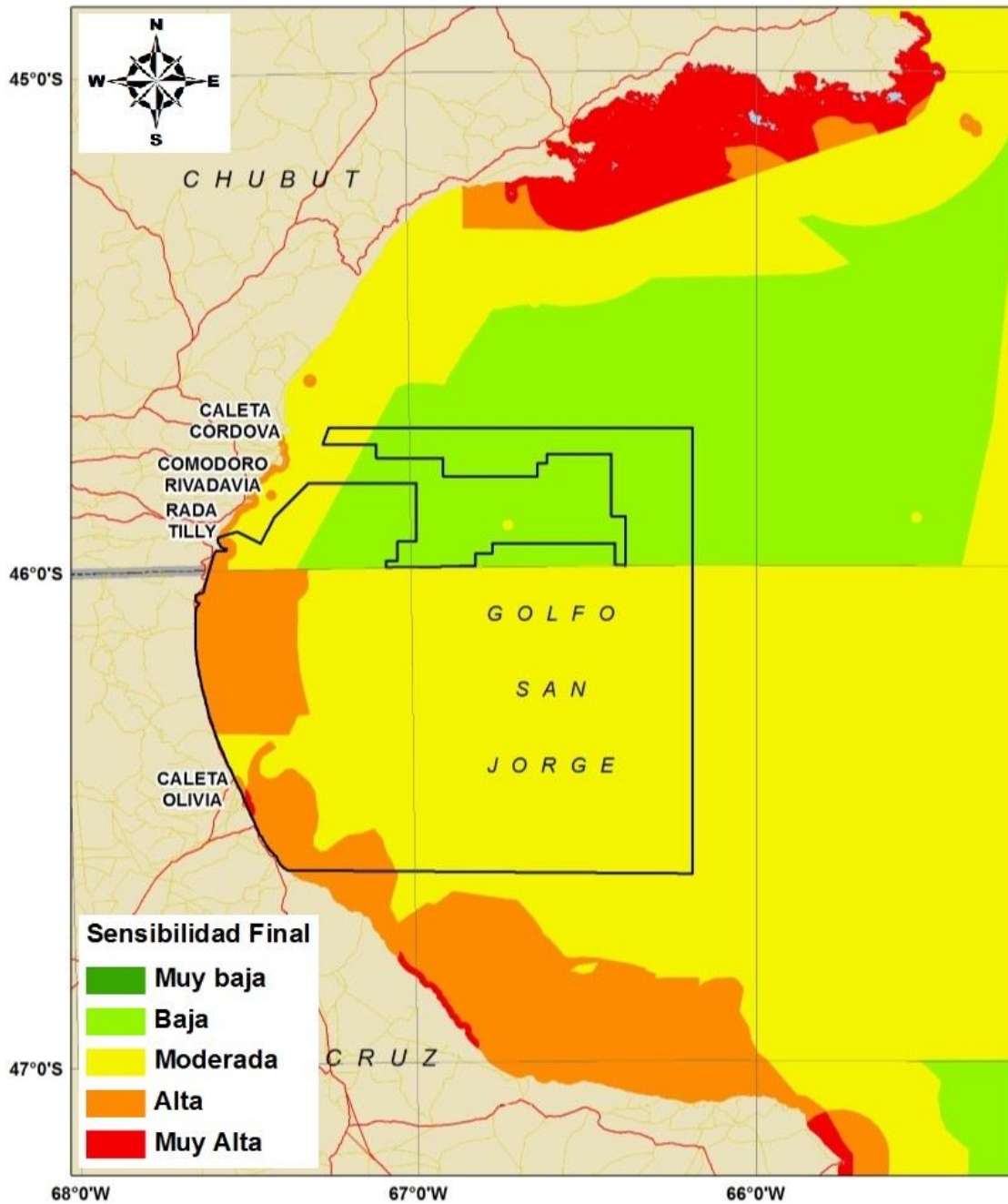


Figura 15. Ejemplo de cómo se ve un mapa de sensibilidad, para casos de derrames de petróleo

Fuente: Scurra y Smith

4.3.6. Mapa operativo

Según IPIECA (2015a) [3], el diseño de estos mapas está orientado al uso por el personal de respuesta para protección y limpieza del sitio donde ocurriese el derrame, por lo que deberán mostrar instrucciones y toda la información logística y operativa posible para el despliegue de los equipos de respuesta, mostrando los sitios más sensibles y de mayor riesgo (puertos, instalaciones de manipulación de petróleo), para ello será necesario tener impresa el área cartografiada en un material resistente y a escala legible (por ejemplo, de 1:10.000 a 1:25.000) incluyendo coordenadas.

Lo ideal es que la ubicación del equipamiento de respuesta contenido en este mapa, haya sido obtenido como resultado de análisis de todos los procesos anteriores, y deben estar señalados; puntos de acceso a la costa, puntos de lanzamiento y anclaje para las barreras de contención de derrames, áreas de almacenamiento temporal cercanas a la costa, y de almacenamiento temporal de desechos, áreas peligrosas a evitar, rango de mareas, corrientes, olas, vientos, peligros específicos en el sitio, etc.).

A continuación, en la Figura 16 se muestra un ejemplo de mapa operativo de contingencias.

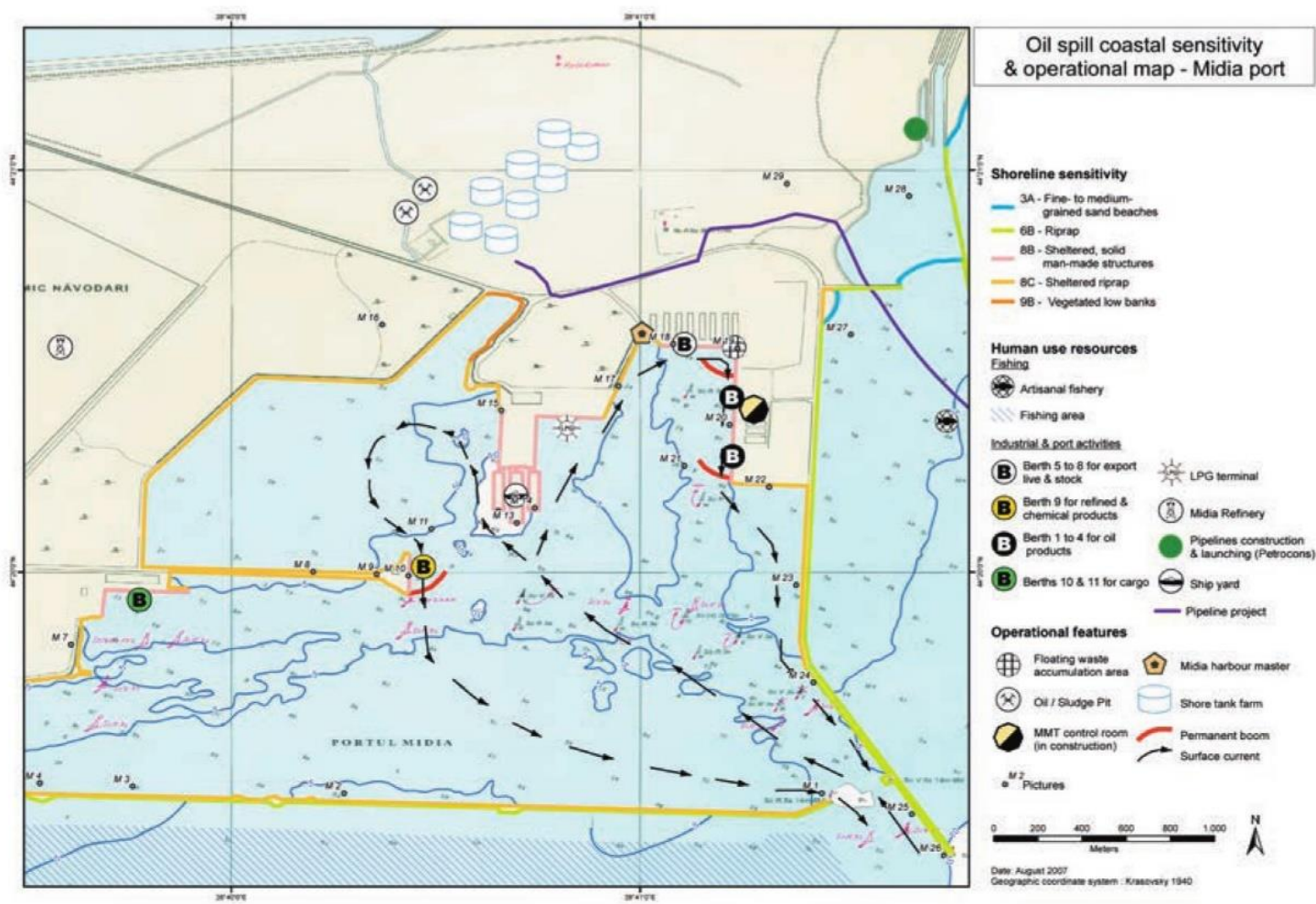


Figura 16. Ejemplo de un mapa operativo para casos de derrames de petróleo
Fuente: IPIECA [3].

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

- Según Ezcurra & Schmidt [12], el concepto de sensibilidad ecológica o sensibilidad ambiental no es sencillo de definir. Existen diferentes patrones de medición de esta sensibilidad y diferentes países utilizan distintas medidas y parámetros para cuantificarla, una tarea que IPIECA ha ido simplificando para facilitar la elaboración del mapeo de estas temáticas.
- IPECA (2015a) [3], al incorporar los Índices de Sensibilidad Socioambiental (ESI), busca estandarizar la clasificación de los tipos de borde costero para la elaboración de los mapas tácticos. Si bien es cierto que estos índices han sido diseñados para su aplicación en todo en el mundo, y son ampliamente aceptados, sugiere que estos índices son adaptables a las condiciones ambientales de cada país (p.7). La metodología para su desglose y determinación ha sido ampliamente detallada por la NOAA [10], sin embargo, esta tarea puede llegar a ser compleja y confusa de aplicar si no se manejan conocimientos de cómo podría comportarse un derrame en los diferentes tipos de borde costero, sus riesgos, sus vías de propagación, y cómo se llevaría a cabo la limpieza.
- Por otro lado, la guía de ARPEL [4], señala que los ISA (ESI por sus siglas en inglés), *no deben interpretarse como un indicador verdadero de la sensibilidad (p.3-1)*, mencionando que este índice identifica la vulnerabilidad relativa, algo que conceptualmente coincide con la descripción metodológica, mencionando que estos no incluyen factores como productividad y sensibilidad biológica, uso humano y sensibilidad. Esto puede influir en todo el proceso de construcción de los mapas si no se tiene claro el concepto de vulnerabilidad versus sensibilidad.
- Para poder correlacionar los tres componentes (físico, biológico y social), sería

necesario considerar únicamente la vulnerabilidad intrínseca de los atributos contenidos en el componente biológico y social, y quizá considerar la vulnerabilidad de los atributos físicos (borde costero, y otros), en la medida en que puedan contribuir como medio de propagación ante un caso de derrame, este criterio puede ser de mucha ayuda para facilitar esta tarea.

- En la práctica se ha observado que definir un mapa logístico y operativo es necesario considerarlo como hito final, debido a que requiere el máximo aprovechamiento de toda información generada en los hitos previos. Al respecto, existen dos caminos para obtenerlo, el camino simplificado; utilizando como insumo únicamente el mapa táctico y estratégico, el camino detallado; procesando los atributos de manera numerizada, de modo que se pueda pasar de vulnerabilidad a sensibilidad aplicando los conceptos descritos, criterios y operaciones que se requieren. En ambos casos se ha identificado que es de vital importancia contar previamente con un mapa base y atributos definidos, así como una correcta organización de la información, es por ello que se lleva a cabo la agrupación en 4 aspectos fundamentales: proyecto, aspectos físicos, biológicos y sociales, esto permitirá mantener enfocados los objetivos en todo momento.
- Lo señalado anteriormente también puede ser facilitado siempre que se cuente con el análisis de riesgos del proyecto, respecto a derrames de hidrocarburos, así como la posible deriva del derrame, ya que son elementos básicos para el análisis, y sobre los cuales podrá establecerse el alcance del mapeo en función de la extensión del área de interés.

VI. CONCLUSIONES

- Los mapas de sensibilidad son herramientas importantes de apoyo e información a considerar en la toma de decisiones antes y durante la ocurrencia de posibles derrames de petróleo, y que puede formar parte del Plan de Contingencia y debe estar precedido por un estudio de riesgos y un estudio de la deriva.
- Los derrames pueden ocurrir por muchas causas, uno de los primeros pasos a identificar cómo se podrían originar tomando en cuenta la infraestructura del proyecto y sus actividades, es importante conocer o inferir el análisis de riesgos para estos casos.
- La información que incluyen comúnmente los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs) de los proyectos en general, siempre consideran varios capítulos de utilidad, básicamente: Descripción del proyecto, Delimitación de área de influencia, Línea de base socioambiental, Identificación y Evaluación de impactos, y Plan de contingencias, donde se puede encontrar información vital del área de interés del proyecto o de algún proyecto cercano.
- Si bien existen los índices de sensibilidad ambiental ESI (ISA), ampliamente aceptados a nivel mundial; éstos son adaptables a cada zona específica de interés, y no debemos olvidar que solo representan la vulnerabilidad relativa.
- Existen dos vías para la obtención de un mapa logístico y operativo, que debe retroalimentarse de la información obtenida en los mapas previos.
- Se prevé que el mapeo de la sensibilidad será una herramienta que permitirá, en gran medida, mejorar la gestión de los impactos negativos de los proyectos hacia la pesca artesanal y actividades de turismo y recreación cercanos a zonas marino costeras.

- RECOMENDACIONES
- Se recomienda llevar a cabo la elaboración de esta herramienta antes de la etapa de operación de los proyectos que representen daño potencial al medioambiente, para ello será necesario llevar a cabo una correcta caracterización de zona de interés en el aspecto físico biológico y socioambiental. También será necesario que uso sea parte del entrenamiento de los equipos de respuesta durante la etapa de operación de los proyectos.
- Estos estudios pueden llevarse a cabo partiendo de la información de los capítulos que consideran los IGAs (ITS, DIA, EIA), y es lo primero que se debe revisar, y/o recopilando información complementaria y útil de otros proyectos que también hacen uso del área de interés o su entorno. En el estado existen portales oficiales del estado (SENACE, MINAM, SERNANP, PRODUCE, IMARPE, IIAP), y de ONGs o instituciones internacionales (UICN, CMS, Cites) donde se puede descargar abundante información valiosa que puede facilitar esta tarea. Solo no deben quedar áreas con vacío de información.
- No se ha señalado el software a utilizar como parte del Sistema de Información Geográfica (SIG), debido a que esto es indistinto, idealmente se requiere uno que permita operar áreas con facilidad. Si la información es muy abundante puede que ARC GIS sea la mejor opción.
- Dependiendo de la estacionalidad del área de interés, y si esto cambia mucho los escenarios frente a un posible derrame, debe tomarse en consideración qué temporadas será estratégico evaluar.
- Los ambientes naturales de interés suelen estar sujetos a morfodinámicas que quizá no se perciban en el lapso en el que se desarrolla el estudio. Esto puede

afectar la vigencia de los mapas, por lo que será importante establecer qué periodicidad se sugiere para actualizar la información. IPIECA (2015a) [3] sugiere actualizarlos cada tres a cinco años.

- Proponer este tipo de herramienta, a considerar en los planes de contingencia, de los proyectos que podrían causar derrames de petróleo, y que planean desarrollarse en zonas de interés de los actores sociales de su área de influencia.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lazo, C., Alzamora, K., Llanos, J., Solis, K., Cortijo, M., Perales, N. *et al.* 2022. Análisis de la normativa aplicable por el derrame de hidrocarburos en Ventanilla. Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Minas, metalúrgica y Ciencias Geográficas. vol 25 n° 50, 2022: 363-372. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i50.22868>
- [2] Álvarez, O. y Díaz, M. 2019. Metodología de cálculo de un índice de sensibilidad ambiental. https://www.researchgate.net/publication/335989446_METODOLOGIA_DE_CALCULO_DE_UN_INDICE_DE_SENSIBILIDAD_AMBIENTAL
- [3] IPIECA-IMO-IOGP. 2015a. Mapas de sensibilidad para respuesta ante derrames de hidrocarburos: Directrices de buenas prácticas para el personal de manejo de incidentes y respuesta a emergencias. <https://www.ipieca.org/resources/mapas-de-sensibilidad-para-respuesta-ante-derrames-de-hidrocarburos>
- [4] Wotherspoon, P., Marks D., Solsberg L., West M. 1997. Guía Para el Desarrollo de Mapas de Sensibilidad Ambiental Para la Planificación y Respuesta Ante Derrames de Hidrocarburos. Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe – ARPEL. www.arpel.org
- [5] IPIECA-IMO-IOGP. 2015b. Observación aérea de derrames de hidrocarburos en el mar: Directrices de buenas prácticas para el personal de manejo de incidentes y respuesta a emergencias. <https://www.ipieca.org/es/resources/observacin-area-de-derrames-de-hidrocarburos-en-el-mar>

- [6] CETMAR. (01 de mayo 2024). ¿Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo? Centro Tecnológico del Mar - Fundación CETMAR. <https://cetmar.org/documentacion/comportamiento.htm>
- [7] ITOPF. 2024. Oil tanker spill statistic 2023. International Tanker Owners Pollution ITOPF Ltd. London, UK. https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/Company_Lit/Oil_Tanker_Spill_Statistics_2023
- [8] CoperAccion (25 de enero 2022). Derrame de Petróleo en zonas marinas. ONG Coperacción. <https://x.com/CooperAccionPER/status/1486129148368199680>
- [9] Sandia, L. y Henao, A. (23 de abril 2020). Sensibilidad Ambiental y Sistemas de Información Geográfica. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Mérida, Venezuela. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Nuevastecnologias/Sig/01.pdf>
- [10] Petersen, J., Nelson, D., Marcella, T., Michel, J., Atkinson, M., White, M., *et al.* 2019. Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 4.0. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 52.
- [11] Saaty, T. y Vargas, L. 2012. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. International Series in Operations Research & Management Science. Ed. 2. Vol. 175. https://www.researchgate.net/publication/362349026_The_Analytic_Hierarchy_Process

[12] Ezcurra & Schmidt. 2012. Estudio de impacto ambiental y social previo a la prospección sísmica costa afuera, Bloque Centro Golfo San Jorge Marina, Pan American Energy, Capítulo VI - Sensibilidad Ambiental y Social.
https://www.santacruz.gob.ar/ambiente/audiencia_publica/prospeccion_flancos_eys/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo 1

CÓDIGO DE COLORES DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL – ESI, PARA EL BORDE COSTERO










| | | | |
|---|--|---|---|
|  | 1A Costa rocosa expuesta |  | 8A Declives protegidos en el lecho de roca, lodo o arcilla y costa rocosa protegida |
| | 1B Estructuras artificiales expuestas |  | 8B Estructuras artificiales sólidas protegidas |
| | 1C Acantilados rocosos expuestos con base de talud rocoso |  | 8C Escollera protegida |
|  | 2A Plataformas expuestas en el lecho de roca, lodo o arcilla talladas por las olas |  | 8D Costas protegidas de guijarros rocosos |
| | 2B Declives expuestos y pendientes pronunciadas en la arcilla |  | 8E Costas de turba |
|  | 3A Playas de arena de grano fino a medio |  | 9A Planicies de marea protegidas |
| | 3B Declives y pendientes pronunciados en la arena |  | 9B Bancos bajos cubiertos de vegetación |
|  | 4 Playas de arena de grano áspero |  | 9C Planicies de marea hipersalinas |
|  | 5 Playas mixtas de arena y grava |  | 10A Pantanos de agua salada y salobre |
|  | 6A Playas de grava (gránulos y guijarros) |  | 10B Pantanos de agua dulce |
|  | 6B Estructuras de escolleras y playas de grava (guijarros y piedras) |  | 10C Ciénegas |
|  | 7 Planicies de marea expuestas |  | 10D Manglares |

Figura. A1.1

Fuente: IPIECA, 2015a.

Anexo 2

Ejemplos de los diez niveles de Índice de Sensibilidad Ambiental - ESI, según IPIECA (2015a):



Índice 1

- 1A *Costa rocosa expuesta*
- 1B *Estructuras artificiales expuestas*
- 1C *Acantilados rocosos expuestos con base de talud rocoso*



Índice 2

- 2A *Plataformas expuestas en el lecho de roca, lodo o arcilla talladas por las olas*
- 2B *Declives expuestos y pendientes pronunciadas en la arcilla*



Índice 3

3A Playas de arena de grano fino a medio

3B Declives y pendientes pronunciados en la arena



Índice 4

Playas de arena de grano áspero



Índice 5

Playas mixtas de arena y grava



Índice 6

6A Playas de grava (gránulos y guijarros)

6B Estructuras de escolleras y playas de grava (guijarros y cantos rodados)



Índice 7

Planicies de marea expuestas (área arenosa extensa a menudo cubierta en las mareas altas)



Índice 8

8A Declives protegidos y costas rocosas protegidas

8B Estructuras artificiales protegidas (permeables)

8C Escolleras protegidas

8D Costas protegidas de guijarros rocosos

8E Costas de turba



Índice 9

- 9A Planicies de marea protegidas
- 9B Bancos bajos cubiertos de vegetación
- 9C Planicies de marea hipersalinas



Índice 10

- 10A Pantanos de agua salada y salobre
- 10B Pantanos de agua dulce
- 10C Ciénegas
- 10D Manglares
- 10E Tundra baja inundada

Anexo 3

SÍMBOLOS PARA EL CARTOGRAFIADO DE RECURSOS BIOLÓGICOS SENSIBLES



Figura. A3.1

Fuente: IPIECA, 2015a.

SÍMBOLOS PARA EL CARTOGRAFIADO DE RECURSOS LOGÍSTICOS Y OPERATIVOS

| | | | | | |
|---|-----------------------|---|---|---|--------------------------------------|
|  | acceso por bote |  | puesto de comando del incidente |  | depósito de tanques |
|  | acceso peatonal |  | área de almacenamiento temporal del incidente |  | tanque de almacenamiento subterráneo |
|  | acceso en vehículo |  | base del incidente |  | almacenamiento de desechos |
|  | rampa para bote |  | campo del incidente |  | peligroso |
|  | elevador |  | heliporto del incidente |  | buque hundido, naufragio |
|  | guardia costera |  | hospital/primeros auxilios |  | derrame en superficie |
|  | esclusa/represa |  | succión de incidentes | | |
|  | boya de datos marinos |  | barrera implementada | | |
|  | punto de anclaje | | | | |

Figura. A.3.4

Fuente: IPIECA, 2015a.