

SUBCOMITÉ DE PREVENCIÓN Y  
RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN 10°  
período de sesiones  
Tema 13 del programa

PPR 10/INF.13  
17 febrero 2023  
SOLO INGLÉS

Comunicado público previo a la sesión:☒

## TRABAJOS DE SEGUIMIENTO QUE EMANAN DEL PLAN DE ACCIÓN PARA ATENDER EL MARINO BASURA PLÁSTICA DE BARCOS

Directrices sobre la limpieza de pellets de plástico procedentes de derrames procedentes de buques

Presentado por Noruega, Sudáfrica, ITOPF y P & I Clubs

### RESUMEN

<i>Resumen ejecutivo:</i>	Este documento contiene ejemplos de pautas sobre la limpieza de gránulos de plástico provenientes de derrames provenientes de barcos.
<i>Dirección estratégica, si es aplicable:</i>	4
<i>Producción:</i>	4.3
<i>Acción para ser tomada:</i>	Párrafo 3
<i>Documentos relacionados:</i>	MEPC 77/8/3; PPR 9/15/1, PPR 9/15/2, PPR 9/INF.20 y PPR 10/13/3

### Introducción

1 Habiendo tomado nota de la información contenida en el documento PPR 9/INF.20 (Noruega), así como Como apoyo generalizado a las directrices sobre la limpieza de gránulos de plástico procedentes de derrames procedentes de buques, el PPR 9 invitó a los Estados miembros y organizaciones internacionales interesados a presentar documentos con proyectos de directrices sobre esta cuestión en un futuro período de sesiones del Subcomité, utilizando el proyecto esquema que figura en el anexo del documento PPR 9/15/2 (Noruega) como punto de partida.

2 En este documento informativo se invita a la atención del Subcomité al documento adjunto directrices, que se elaboraron utilizando el proyecto de esquema que figura en el anexo del documento PPR 9/15/2 (Noruega) y se basa en el conocimiento colectivo adquirido tras varios incidentes recientes de contaminación relacionados con pellets de plástico.

### Acción solicitada al Subcomité

3 Se invita al Subcomité a tomar nota de la información proporcionada en este documento y en las directrices establecidas en el anexo.

\*\*\*



## Directrices sobre la limpieza de pellets de plástico procedentes de derrames procedentes de buques

Este documento ha sido escrito y recopilado por varias organizaciones a raíz de una propuesta presentada por la Autoridad Costera de Noruega (NCA) a la novena sesión del Subcomité de Prevención y Respuesta a la Contaminación (PPR 9) de la Organización Marítima Internacional en 2022.

### Colaboradores:

- Centro de Ciencias del Medio Ambiente, la Pesca y la Acuicultura (CEFAS), Reino Unido <https://www.cefasc.org/>
- Departamento Nacional de Silvicultura, Pesca y Medio Ambiente (DFFE), Sudáfrica <https://www.dffe.gov.za/>
- Grupo Internacional de Clubes P&I (IGP&I) <https://www.igpandi.org/>
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Italia <https://www.isprambiente.gov.it/it>
- ITOPF ([www.itopf.org](http://www.itopf.org))
- Autoridad Costera de Noruega (NCA), Noruega <https://www.kystverket.no/es/>

## Contenido

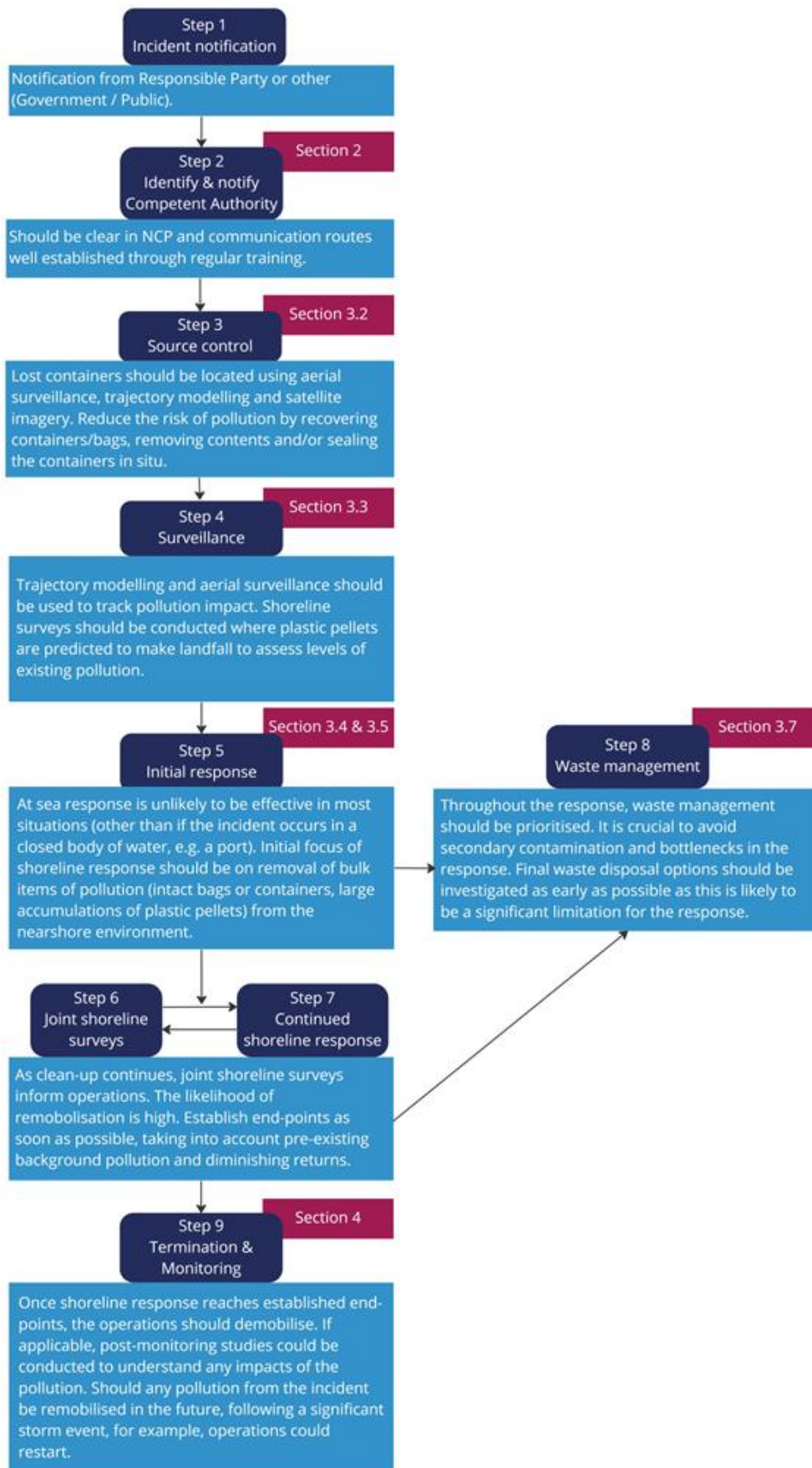
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivo.....	1
1.2. Introducción a los pellets de plástico .....	1
1.3. Los pellets de plástico y la contaminación marina .....	2
1.4. Propiedades de los pellets de plástico.....	3
1.5. Destino y comportamiento .....	4
1.6. Impactos ambientales de los pellets de plástico.....	7
2. Consideraciones para la planificación de contingencias sobre pellets de plástico.....	8
2.1. Organización de respuesta.....	8
2.2. Procedimiento de notificación.....	9
2.3. Comunicación pública.....	9
2.4. Priorización de sensibilidad .....	10
2.5. Sistemas de mapeo preventivo.....	10
3. Consideraciones de respuesta a los pellets de plástico.....	11
3.1. Notificación de incidentes y acciones de respuesta .....	11
3.2. Consideraciones de limpieza.....	12
3.2.1. Balance de masa .....	12
3.2.2. Fuente de control.....	13
3.2.3. Carga frontal de una respuesta .....	13
3.2.4. Identificación de zonas de acumulación .....	13
3.2.5. Peligros para el personal de respuesta .....	13
3.3. Evaluación de derrames.....	15
3.3.1. Modelado.....	15
3.3.2. Vigilancia.....	15
3.3.3. Métodos para determinar el nivel de contaminación .....	dieciséis
3.4. Respuesta en el mar .....	20
3.5. Limpieza de costas .....	21
3.5.1. Orientaciones generales para el personal de respuesta .....	21
3.5.2. Fases de respuesta.....	22
3.5.3. Estrategia de limpieza de costas .....	23
3.5.4. Descripción general de los métodos de recuperación .....	27
3.5.5. Técnicas de recuperación manual.....	28
3.5.6. Técnicas de recuperación mecánica.....	29
3.5.7. Beneficios versus limitaciones de las técnicas de limpieza .....	34
3.5.8. Matriz método-eficacia de recuperación .....	37

3.6. Puntos finales de limpieza.....	39
3.6.1. Enfoques prácticos para definir puntos finales .....	40
3.7. Gestión de residuos.....	41
3.7.1. Separación y minimización de residuos .....	42
3.7.2. Contaminación secundaria.....	43
3.7.3. Consideraciones sobre el almacenamiento de residuos .....	45
3.8. Participación voluntaria y pública.....	46
4. Monitoreo y análisis posterior al derrame.....	47
4.1. Recolección y preparación de muestras .....	47
4.2. Análisis de pellets de plástico .....	48
4.2.1. Métodos de caracterización física y química de pellets de plástico....	48
4.2.2. Métodos para identificar el origen de los gránulos de plástico.....	51
4.2.3. Evaluación de posibles impactos ambientales .....	51
5. Intervención y recuperación de costos .....	52
5.1. Introducción a la legislación vigente.....	52
5.2. Identificación de responsables .....	54
5.3. El papel de las partes responsables en la respuesta .....	55
5.4. Mantenimiento de registros y preparación de reclamaciones.....	55
5.5. El papel de los Clubes P&I .....	56
6. Referencias .....	58
7. Apéndice.....	63

## Lista de acrónimos

<b>ALARMA:</b>	Tan bajo como sea razonablemente práctico
<b>ATR-FTIR:</b>	Reflectancia total atenuada: vehículo todoterreno infrarrojo por transformada de Fourier
<b>BACI:</b>	Antes – Después – Control – Impacto
<b>BPA:</b>	Bisfenol A
<b>CCI:</b>	Índice de Costa Limpia
<b>CEFAS:</b>	Centro de Ciencias del Medio Ambiente, la Pesca y la Acuicultura (Reino Unido)
<b>DDT:</b>	Diclorodifeniltricloroetano
<b>DFFE:</b>	Departamento Nacional de Silvicultura, Pesca y Medio Ambiente (Sudáfrica)
<b>ESG:</b>	Objetivos de sostenibilidad ambiental
<b>ZEE:</b>	Zona Económica Exclusiva Espectroscopía Infrarroja
<b>FTIR:</b>	por Transformada de Fourier Gas de Efecto
<b>GEI:</b>	Invernadero
<b>SIG:</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>GIT:</b>	Tractos gastrointestinales
<b>PEAD:</b>	Polietileno de alta densidad
<b>SNP:</b>	Sustancias Nocivas Peligrosas Grupo
<b>IGP&amp;I:</b>	Internacional de Clubes P&I
<b>IR:</b>	Infrarrojos
<b>IMDG</b>	Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
<b>En mi opinión:</b>	Organización Marítima Internacional Organización
<b>YO ASI:</b>	Internacional de Normalización
<b>ISPRA:</b>	Plan de Contingencia Local del Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
<b>PCL:</b>	Polietileno de baja densidad
<b>PEBD:</b>	Polietileno de baja densidad
<b>LLMC:</b>	Limitación de responsabilidad por reclamaciones
<b>LPLC:</b>	marítimas Nivel más bajo de contaminación practicable
<b>MARPOL:</b>	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques
<b>MSC:</b>	Mediterranean Shipping Company
<b>VM:</b>	Motonave
<b>ANC:</b>	Plan Nacional de Contingencia de la
<b>PNC:</b>	Autoridad Costera de Noruega
<b>NEBA:</b>	Análisis de beneficios ambientales netos
<b>ONG:</b>	Organización no gubernamental Nile Red
<b>NR:</b>	
<b>HAP:</b>	Hidrocarburo aromático policíclico
<b>PBDE:</b>	Éteres de difenilo polibromados
<b>TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO:</b>	Bifenilo policlorado
<b>EDUCACIÓN FÍSICA:</b>	Polietileno
<b>MASCOTA:</b>	Tereftalato de polietileno
<b>PFAS:</b>	Sustancias alquílicas per o polifluoradas
<b>ESTALLIDO:</b>	Contaminante orgánico persistente
<b>PÁGINAS:</b>	polipropileno
<b>EPI:</b>	Equipos de protección personal Índice de
<b>IPP:</b>	contaminación plástica
<b>PPR:</b>	Prevención y respuesta a la contaminación
<b>PD:</b>	Poliestireno
<b>CLORURO DE POLIVINILO:</b>	Cloruro de polivinilo
<b>Pyr GC-MS:</b>	Espectrometría de masas por cromatografía de gases por pirólisis

<b>ROV:</b>	Vehículo operado remotamente
<b>LARGARSE:</b>	Evaluación de limpieza de costas Técnica Evaluación
<b>SIMA:</b>	de mitigación de impacto de derrames
<b>SOLAS:</b>	El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el
<b>TGA:</b>	Mar Termogravimetría
<b>rayos ultravioleta:</b>	Ultravioleta
<b>CMR:</b>	Convenio sobre los restos de naufragio/Convenio internacional de Nairobi sobre la remoción de restos de naufragio



**Figura 1:** Diagrama de flujo para ilustrar los pasos típicos a seguir después de un derrame de pellets de plástico procedente de un barco, con Consulte las secciones de este documento para obtener más información.



# 1. Introducción

## 1.1. Objetivo

Este es un documento de referencia que proporciona orientación práctica a la hora de responder a derrames de pellets de plástico procedentes de barcos. Estas directrices resaltan cómo la respuesta a los derrames de pellets de plástico podría diferir de la respuesta más establecida a los derrames de petróleo. Este documento proporciona orientación amplia sobre el desarrollo de estrategias a gran escala relevantes para los Planes Nacionales de Contingencia (NCP), y también orientación práctica relevante para desarrollar planes de respuesta específicos para sitios de menor escala (por ejemplo, complementar los Planes de Contingencia Locales (LCP)), permitiendo a los lectores producir apéndices a los planes de respuesta existentes.

La respuesta a los pellets de plástico está todavía en sus inicios, con muchas técnicas y estrategias en desarrollo. Por lo tanto, la orientación proporcionada aquí se basa en experiencias de casos recientes y se centra principalmente en derrames de pellets de plástico. Aunque esta directriz hace referencia a posibles interacciones con otras sustancias (por ejemplo, sustancias nocivas y peligrosas (SNP)), no comenta sobre posibles técnicas de respuesta para gránulos de plástico mezclados con aceite. La orientación para responder a petróleo mezclado con desechos plásticos debe tomarse de directrices alternativas sobre respuesta a derrames de petróleo. Estas directrices deben considerarse como un documento vivo que se actualizará a medida que se desarrolle la investigación y la industria adquiera más experiencia.

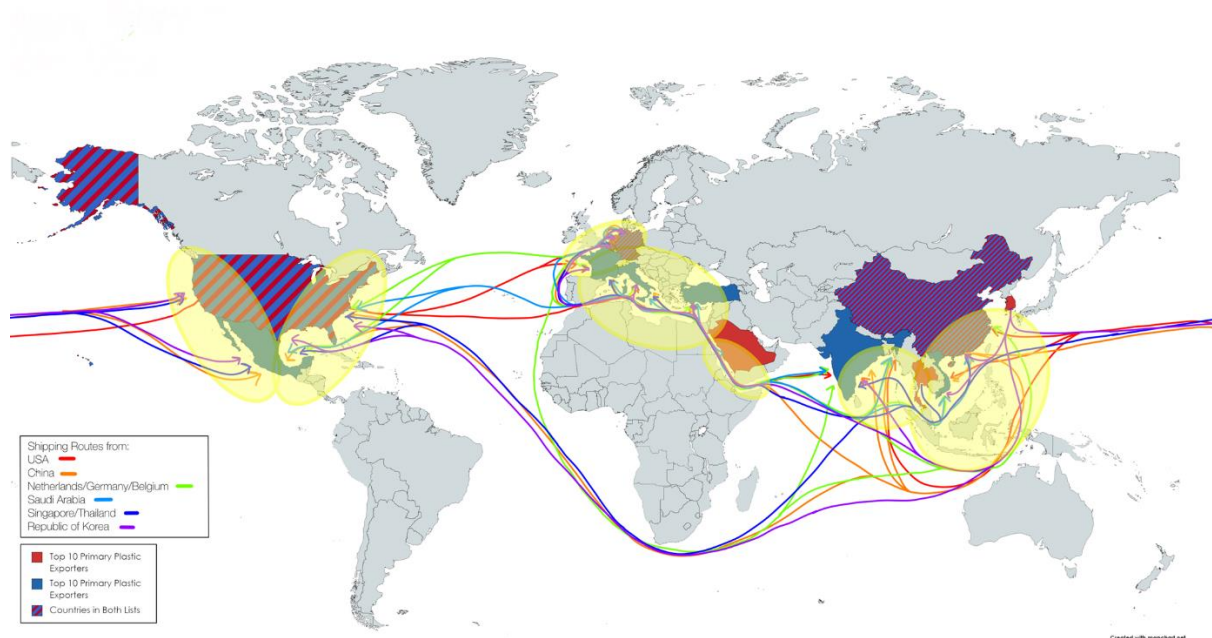
## 1.2. Introducción a los pellets de plástico.

Los gránulos de plástico, también conocidos como nurdles o gránulos de resina plástica de preproducción, son los componentes básicos de todos los productos de plástico. Cada gránulo suele tener un tamaño inferior a 5 mm (y, por lo tanto, se clasifica como microplástico) y puede pesar aproximadamente entre 0,02 y 0,025 g (Figura 2). Los gránulos de plástico se consideran microplásticos primarios porque están diseñados para uso comercial, a diferencia de los microplásticos o nanoplasticos secundarios (<0,1 µm de diámetro) que resultan de la descomposición de artículos plásticos más grandes (meso y macroplásticos).



**Figura 2:** Bolitas de plástico blanco. Fuente: ITOPF

Los gránulos de plástico se forman mediante craqueo, polimerización y luego granulación de productos de destilación petroquímica. Durante la producción, se puede agregar una variedad de productos químicos para alterar las propiedades físicas de los gránulos. Estos pellets luego se transportan a fabricantes de todo el mundo (**¡Error! Fuente de referencia no encontrada.**) y se utilizan para producir una amplia gama de productos plásticos cotidianos mediante extrusión y/o moldeo de plástico.



**Figura 3:** Rutas de envío a los 10 principales importadores de pellets de plástico a nivel mundial con la zona de mayor Destacado el tráfico de transporte de pellets de plástico. Figura tomada de Kerrison (2022)<sup>1</sup>, Universidad de Southampton con permiso.

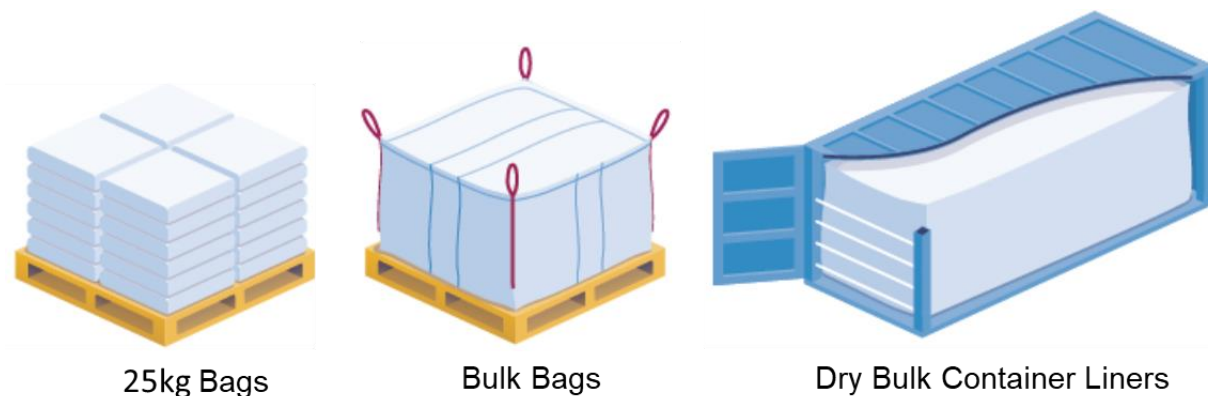
En 2022, cada año se producirán en todo el mundo hasta 368 millones de toneladas métricas de plástico.<sup>2</sup> Suponiendo que todo este plástico comienza su vida como bolitas de plástico, y que cada bolita pesa aproximadamente 0,025 g, esto equivale a hasta ~15 cuatrillones ( $15 \times 10^{15}$ ) pellets producidos cada año. A modo de contexto, una pequeña botella de agua de plástico de un solo uso está formada por aproximadamente 600 bolitas.<sup>3</sup>

### 1.3. Los pellets de plástico y la contaminación marina

Los pellets de plástico se transportan por todo el mundo desde el productor hasta el fabricante por carretera, ferrocarril, aire o mar. En el mar, los gránulos de plástico normalmente se transportan en contenedores de envío, ya sea empaquetados o a granel dentro de los contenedores. En la Figura 4 se muestran ejemplos de estos modos de transporte.

Es importante tener en cuenta que en el manifiesto de carga de un barco, la carga no siempre se declara como "gránulos de plástico", sino que puede tener una serie de etiquetas que incluyen, entre otras cosas, el tipo de polímero específico (por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE)), "gránulos de preproducción", "resina plástica" o, como se vio durante el incidente de X-PRESS PEARL<sup>4,5</sup> en Sri Lanka, 2021, "resina epoxi, plástico".

Los pellets pueden perderse en el medio ambiente en muchas etapas de la cadena de suministro, particularmente durante la manipulación, el transporte y la eliminación. Este documento se centra en la pérdida de pellets de plástico al medio marino durante incidentes marítimos, con énfasis en las pérdidas de los buques portacontenedores.



**Figura 4:**Tipos de envases de pellets de plástico. Fuente: ITOFF

En promedio, entre 2008 y 2021, se estima que anualmente se perdieron en el mar 1.629 contenedores<sup>6</sup>. Sin embargo, a partir de 2022, no existe un sistema obligatorio de notificación de pérdidas de contenedores y, por lo tanto, se espera que el número real de contenedores perdidos sea significativamente mayor: se espera que la notificación obligatoria de pérdidas de contenedores se adopte en 2023 y entre en vigor en 2026.<sup>7</sup> Además, los incidentes de envío individuales pueden provocar pérdidas catastróficas de contenedores que superan con creces el promedio anual en un orden de magnitud. Si bien actualmente no hay datos disponibles sobre la proporción de estos contenedores perdidos que contenían gránulos de plástico, incidentes de transporte de contenedores anteriores demuestran el riesgo de una contaminación significativa de los gránulos de plástico después de pérdidas de contenedores (por ejemplo, MV RENA, Nueva Zelanda 2011; TRANS CARRIER, Noruega 2020; MSC SUSANNA, Sudáfrica 2017; MV X-PRESS PEARL, Sri Lanka 2021). Los gránulos de plástico tienen una densidad relativamente baja, por lo que los contenedores que transportan gránulos de plástico a menudo se estiban sobre la cubierta y, por lo tanto, corren un mayor riesgo de pérdida durante condiciones climáticas adversas e incidentes de envío.

Aunque los datos son escasos, un estudio reciente estimó que cada año se pierden al medio ambiente hasta 167.431 toneladas de pellets de plástico en todas las etapas de la cadena de suministro solo en Europa.<sup>8</sup> Sin embargo, obtener datos de referencia sobre cualquier contaminación plástica preexistente, antes de que ocurra un incidente, puede resultar difícil, y esto tiene implicaciones en la respuesta (ver Sección 3.5). A diferencia del petróleo, que normalmente se degrada cuando se expone al medio ambiente durante períodos prolongados, los gránulos de plástico son inherentemente inertes, por lo que pueden permanecer en el medio ambiente durante muchos años después de su liberación, y se deben tomar medidas prácticas para eliminarlos.

#### 1.4. Propiedades de los pellets de plástico

Los gránulos de plástico existen en varios tipos de polímeros. Algunos de los polímeros más comúnmente fabricados y transportados son el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el tereftalato de polietileno (PET) y el cloruro de polivinilo (PVC). Si bien los gránulos de plástico pueden variar en color, tamaño y forma, se fabrican en proporciones relativamente consistentes. Los gránulos de plástico suelen tener entre 2 y 5 mm de diámetro, están hechos de plástico rígido y tienen forma de lenteja, de disco o cilíndricos. Los gránulos de plástico se fabrican transparentes u opacos en una variedad de colores.

Durante la producción, los productos químicos suelen incorporarse a los gránulos de plástico virgen. Estos productos químicos, o "aditivos", se incluyen para alterar las propiedades del producto final, como el color o la inflamabilidad, e incluyen ftalatos (también conocidos como "plastificantes"), bisfenol A (BPA), retardantes de llama y organoestaño. Además de estos aditivos intencionales, se pueden introducir algunos productos químicos en los gránulos de plástico como subproductos del proceso de fabricación. Un ejemplo de ello son las sustancias alquílicas per o polifluoradas (PFAS), que suponen un problema medioambiental porque no se degradan y tienden a acumularse en el interior.

organismos. Por lo tanto, los gránulos de plástico recién salidos del proceso de producción contienen un cóctel de diferentes sustancias químicas, algunas conocidas y otras desconocidas, antes de ingresar al medio ambiente.

La densidad de los gránulos de plástico puede variar según el tipo de polímero. Polímeros que probablemente floten en agua dulce (la densidad del agua dulce a 4°C es 1,00 g/cm<sup>3</sup>) y agua de mar (la densidad del agua de mar a 4°C es 1,025 g/cm<sup>3</sup>) incluyen PS (incluido PS en forma de espuma), polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE) y PP. Por el contrario, los polímeros comunes que probablemente se hundirán incluyen el PVC y el PET.

En general, la densidad específica de los gránulos de plástico varía considerablemente dentro del rango de 0,8 – 2,3 g/cm<sup>3</sup>(ver Tabla 1). Sin embargo, tenga en cuenta que estos valores no tienen en cuenta el efecto de los aditivos que podrían incorporarse al proceso de producción y se refieren únicamente a la resina virgen.<sup>9</sup>

**Tabla 1:**Diferentes tipos de polímeros comunes, sus densidades específicas y usos de ejemplo (modificado de Hidalgo *et al.*, 2012<sup>9</sup>).

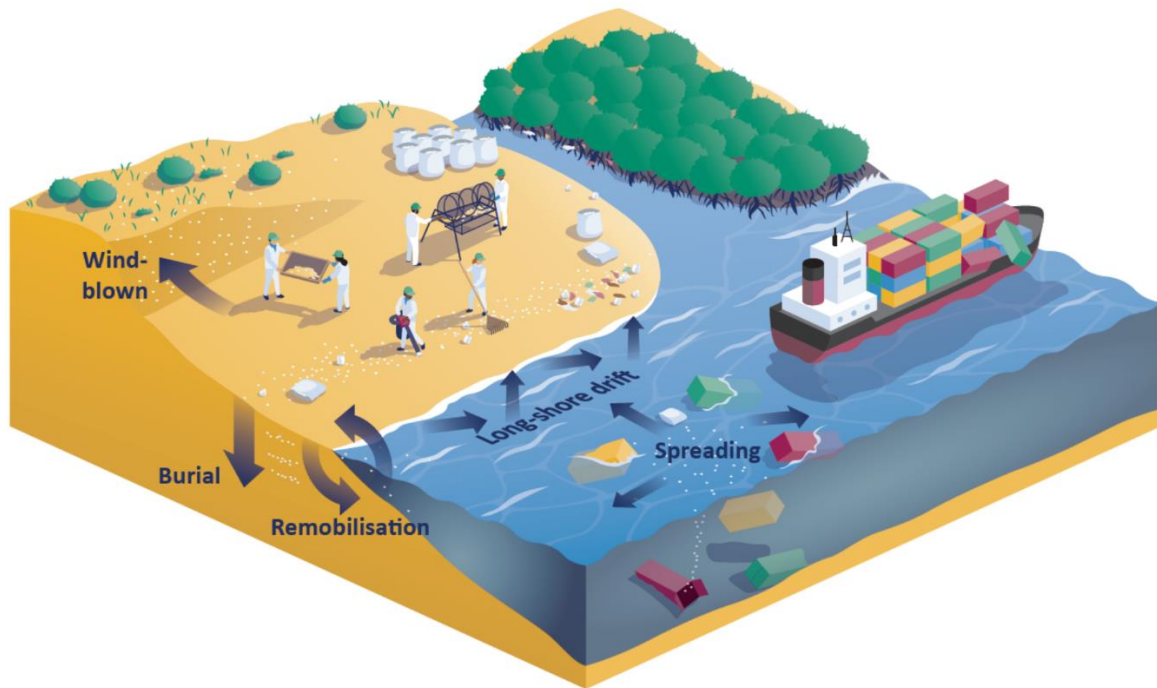
Tipo de polímero y siglas.	Densidad del polímero (g/cm <sup>3</sup> )	Usos
Polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE)	0,917 – 0,965	Limpiadores, cosméticos, limpieza por chorro de aire (fregadora), embalaje
Polipropileno (PP)	0,917 – 0,965	Alfombras, cuerdas, fregadoras.
Poliestireno (PS)	1,04-1,1	depuradores, cubiertos y vajillas de plástico
Poliéster (PES)	1,24-2,3	Aplicaciones textiles y de embalaje
Policloruro de vinilo (PVC)	1,16 - 1,58	Construcción de tuberías, puertas, ventanas, envases no alimentarios, tarjetas, aislamiento de cables eléctricos
Tereftalato de polietileno (PET)	1,37 - 1,45	Envases de bebidas, alimentos y otros líquidos.

## 1.5. Destino y comportamiento

Es importante comprender las propiedades de los gránulos de plástico, como su densidad, ya que afectan el comportamiento de los gránulos una vez liberados en el medio ambiente. Sin embargo, en términos generales, los pellets de plástico flotan principalmente en el agua de mar. Una vez liberados en el medio marino, las características de los gránulos de plástico significan que se ven fácilmente influenciados por las condiciones meteorológicas y oceanográficas (en lo sucesivo, meteoceánicas). Una vez liberados, los gránulos de plástico pueden dispersarse rápidamente a grandes distancias. En un caso, un número relativamente limitado de perdigones de plástico procedentes de un incidente se esparcieron a lo largo de 2.000 km a lo largo de la costa sudafricana.<sup>10</sup>

La Figura 5 ilustra algunos de los procesos que influyen en los gránulos de plástico una vez liberados en el medio marino a partir de un incidente típico con un barco. La liberación de los gránulos de plástico de un recipiente puede realizarse de forma instantánea o continua. Estos se describen como:

- **Instantáneo**—una liberación rápida de gránulos de plástico y embalajes intactos (por ejemplo, bolsas de 25 kg) de un contenedor durante el colapso de una pila en cubierta o tras el contacto con el medio marino;
- **Continuo**—una liberación lenta de gránulos de plástico y envases intactos tras la pérdida de un contenedor. Esta liberación lenta y continua normalmente tendrá lugar después de que el contenedor se hunda en el fondo del mar y se deteriore lentamente.



**Figura 5:** Comportamiento de los pellets de plástico una vez perdidos en el medio marino. Fuente: ITOPF

Tras el colapso de una pila, un contenedor puede sufrir daños antes o después de su entrada en el medio marino. Por el contrario, los contenedores perdidos pueden permanecer intactos y flotar en el mar antes de hundirse finalmente en el fondo marino. La duración de la deriva de un contenedor depende de factores como, entre otros, el estado del mar, la densidad y el volumen de la carga y el estado del contenedor. Una vez en el mar, un contenedor puede permanecer intacto o romperse con el tiempo. En consecuencia, los gránulos de plástico pueden liberarse sueltos o empaquetados.

Una vez liberados en el medio marino, los gránulos de plástico y las bolsas intactas pueden esparcirse dentro o fuera de la costa, dependiendo de las condiciones meteoceánicas predominantes. La integridad estructural del embalaje intacto eventualmente se deteriorará, liberando su contenido al medio marino. Esto puede ocurrir en el mar o en la costa (Figura 6).

Dependiendo del lugar del incidente, el momento de la liberación y las condiciones imperantes en el océano, el tiempo que tardan los gránulos y los embalajes de plástico en llegar a tierra puede variar mucho (por ejemplo, horas - semanas). Comúnmente se han observado varamientos de pellets de plástico en áreas de deposición y acumulación natural. Después de su liberación, los gránulos de plástico generalmente se encuentran en concentraciones variables en la marca de la marea alta o como bandas múltiples en las costas arenosas (Figura 7). Sin embargo, también se han observado pellets de plástico en otras áreas de deposición y acumulación natural, como los sistemas de manglares, además de quedar atrapados en estructuras artificiales como escolleras.





**Figura 6:** Se observan envases de pellets de plástico intactos en las playas tras el colapso de una pila. Fuente ITOPF



**Figura 7:** Patrón típico de trenzado de múltiples bandas observado después de una liberación significativa de plástico bolitas. Fuente: ITOPF.

Una vez varados, los gránulos de plástico y las bolsas intactas y vacías pueden ser removilizados mediante la acción del viento, las mareas y las olas. Una vez removilizados, los gránulos de plástico pueden transportarse a lo largo de la costa mediante procesos como la deriva costera. Los vientos también pueden transportar pellets de plástico a la costa trasera, a las dunas y otros hábitats.

En determinadas condiciones, los gránulos de plástico y sus embalajes pueden quedar enterrados en los sedimentos costeros. Con el tiempo, los gránulos enterrados pueden quedar descubiertos a medida que cambian los perfiles de la playa, lo que hace que los gránulos de plástico se removilicen y se transporten a otros lugares a lo largo de la costa. Estos movimientos pueden complicar cualquier respuesta, como por ejemplo depositar bolitas de plástico en una playa previamente 'limpiada'. Por lo tanto, la estacionalidad puede desempeñar un papel importante a la hora de determinar el destino de los gránulos de plástico en el medio ambiente. En condiciones de marejadas ciclónicas o tifones estacionales, los gránulos de plástico enterrados o varados pueden descubrirse y removilizarse.

Una vez liberados en el medio ambiente, los gránulos de plástico sufren procesos de erosión (similares a cualquier basura macrolplástica) que cambian su forma y color y, en última instancia, fragmentan el plástico en pedazos más pequeños con el tiempo. Los pellets de plástico pueden degradarse como resultado de la acción de la exposición a los rayos ultravioleta (UV) y al oxígeno, así como a procesos de abrasión. Sin embargo, estos procesos son muy lentos, del orden de décadas y siglos.<sup>11</sup>

## 1.6. Impactos ambientales de los pellets de plástico.

Los impactos ambientales provocados por los pellets de plástico son similares a los provocados por los microplásticos derivados de la fragmentación de los residuos plásticos. El impacto de los microplásticos en la biota marina ha sido objeto de un gran número de estudios científicos internacionales en las últimas décadas<sup>12</sup>, y es un foco continuo de investigación tanto académica como industrial.

Gusano *et al.*<sup>13</sup> sostienen que los residuos plásticos en el medio marino se consideran una forma de contaminante orgánico persistente (COP). Los COP se definen en el *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes* como compuestos orgánicos potencialmente dañinos que resisten la degradación química, biológica y fotolítica cuando se liberan al medio ambiente.<sup>14</sup> Los impactos ambientales conocidos se pueden separar en efectos físicos y toxicológicos. Los efectos físicos incluyen asfixia, ingestión y, potencialmente, inanición. Los efectos toxicológicos suelen incluir la asimilación de productos químicos y sustancias asociados con los gránulos de plástico. Los pellets pueden eventualmente fragmentarse en microplásticos o nanoplásticos más pequeños, lo que también puede tener potencialmente mayores impactos físicos y toxicológicos.

La ingestión de microplásticos se ha registrado en una amplia gama de organismos marinos en todos los niveles tróficos, desde el zooplancton<sup>15</sup> a los mamíferos marinos<sup>dieciséis</sup>. La ingestión puede ser directa (ingesta primaria) o indirecta (ingesta secundaria a través de alimentos contaminados). La ingestión directa puede ser deliberada (el plástico se confunde con alimento, como huevos de pescado) o accidental (se ingiere pasivamente mediante alimentación por filtración, por ejemplo). Una vez ingeridos, el tiempo que los gránulos de plástico permanecen dentro de un organismo varía, según una variedad de factores, incluida la capacidad de los organismos para regurgitar, excretar o procesar de otro modo los elementos ingeridos. El tiempo que los gránulos pasan dentro de un organismo puede influir en la tasa de absorción potencial de sustancias químicas de los gránulos en los tejidos del organismo. Esto también podría conducir a un mayor riesgo de impacto crónico debido a una exposición prolongada.

Además de los impactos físicos de los gránulos de plástico en el medio ambiente, sus impactos toxicológicos son objeto de futuras investigaciones. Se ha demostrado que los productos químicos absorbidos en los gránulos de plástico virgen durante el proceso de fabricación son tóxicos para algunos organismos.<sup>17</sup> Además de estos productos químicos integrados, una vez que los gránulos de plástico ingresan al medio marino, tienen la capacidad de atraer y concentrar más productos químicos y microorganismos, un proceso denominado "rafting de plástico". Durante los incidentes de transporte marítimo en los que se liberan gránulos de plástico junto con otras cargas, como el fueloil, este efecto puede verse exacerbado. Ejemplos de contaminantes que se han encontrado en gránulos de plástico en el medio marino incluyen COP como los bifenilos policlorados (PCB), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)<sup>18</sup>, diclorodifeniltricloroetano (DDT), éteres de difenilo polibromados (PBDE),<sup>19-21</sup> y

bacterias, como *Escherichia coli*<sup>22,23</sup>. Este fenómeno ocurre porque los COP tienen una mayor afinidad por la superficie hidrofóbica del plástico en comparación con el agua de mar. Los gránulos de plástico pueden llegar a estar relativamente contaminados debido a su gran relación entre superficie y volumen. Por ejemplo, se descubrió que los niveles de PCB adsorbidos en la superficie de los gránulos de plástico eran un millón de veces más altos que los niveles de fondo del agua de mar en algunas costas de Japón.<sup>24</sup> A través del transporte de gránulos de plástico a través de las corrientes oceánicas, la lixiviación de estos contaminantes adsorbidos puede actuar como un peligro potencial para el medio ambiente en general. Además, los microplásticos pueden liberar contaminantes tras su ingestión o cuando se exponen al calor, la luz, la radiación ultravioleta u otros factores externos.

Como consecuencia de sus posibles impactos físicos y toxicológicos, una liberación de gránulos de plástico probablemente requiera una respuesta de limpieza.

## 2. Consideraciones para la planificación de contingencias sobre pellets de plástico

Como ocurre con todos los eventos de contaminación provenientes de barcos, es imposible saber cuándo o dónde se producirá la próxima liberación de pellets de plástico al mar. La probabilidad de que se liberen bolitas de plástico puede parecer baja porque la proporción de la flota mundial que transporta bolitas de plástico en un momento dado es pequeña. Sin embargo, dado el destino y el comportamiento descritos de los gránulos de plástico una vez derramados, y las consecuencias de gran alcance, se recomienda encarecidamente una planificación y preparación minuciosas para tal eventualidad.

Al realizar una evaluación de riesgos, se deben considerar los riesgos relevantes:

- ¿Las industrias de fabricación y manipulación de pellets de plástico están ubicadas dentro de su jurisdicción?
- ¿Cuál es el procedimiento y existen medidas de seguridad para el transporte y manipulación de pellets de plástico durante las operaciones de carga y descarga en los puertos?
- ¿Cuál es la frecuencia del transporte de pellets de plástico dentro de su jurisdicción? Por ejemplo, ¿existen altos niveles de tráfico marítimo relevante en su Zona Económica Exclusiva (ZEE), incluidos los buques en tránsito?

Una respuesta eficaz a las liberaciones accidentales de bolitas de plástico requiere que las organizaciones e individuos pertinentes estén preparados, de forma muy similar a la respuesta a los derrames de petróleo. Los Estados miembros y otras partes interesadas ya deberían mantener un PNC para derrames de petróleo y SNP. Si bien los derrames de pellets de plástico quedan fuera del alcance de un PNC tradicional, es probable que las acciones de respuesta iniciales y los procesos de toma de decisiones sean los mismos. Por lo tanto, se recomienda agregar una adenda al NCP de un estado que se centre en los derrames de gránulos de plástico, tomando en consideración la información contenida en este documento de orientación, por ejemplo, el equipo y los recursos específicos necesarios para recuperar gránulos de plástico.

Los planes de contingencia proporcionan una estructura predeterminada y evaluada para montar una respuesta a un incidente. Este documento tiene como objetivo identificar los puntos clave que se deben considerar para un plan de contingencia de pellets de plástico. Sin embargo, cada plan debe ser adaptado por el Estado miembro correspondiente para reflejar la cultura de las partes interesadas y la estructura de respuesta existente, y debe actualizarse periódicamente en función de las lecciones aprendidas durante ejercicios o incidentes.

### 2.1. Organización de respuesta

Los Estados miembros deben estar preparados para responder a las liberaciones de gránulos de plástico con el fin de mitigar cualquier daño. Dado el cruce en las acciones y procesos de respuesta inicial entre las emisiones de pellets de plástico y otros riesgos de incidentes de contaminación marina, se recomienda a los Estados miembros aprovechar los planes y sistemas existentes para la respuesta de emergencia y, dado el comportamiento de los pellets de plástico en el mar, colaborar con los Estados vecinos, donde corresponda.



Uno de los pasos más importantes en la planificación de contingencias es la designación de una Autoridad Nacional Competente o Agencia Líder para establecer un Sistema Nacional de Respuesta. Las experiencias de incidentes con pellets de plástico hasta la fecha han demostrado que la respuesta puede contener muchos elementos de una operación de respuesta a derrames de hidrocarburos o SNP y, como tal, la autoridad competente puede ser la misma para eventos de contaminación por pellets de plástico, hidrocarburos o SNP. Esta estructura organizativa puede trasladarse del nivel nacional al local, es decir, la autoridad local competente indicada en un LCP puede seguir siendo la misma para los derrames locales de pellets de plástico.

Una respuesta rápida y de tamaño adecuado puede reducir en gran medida la cantidad de gránulos de plástico liberados y mitigar los impactos potencialmente a largo plazo del derrame en el medio ambiente.

## 2.2. Procedimiento de notificación

Este documento se centra en la liberación de gránulos de plástico procedentes de barcos. Como tal, se debe recopilar información inicial crucial relacionada con el escenario del incidente (como se detalla en la Sección 3.1) para ayudar en la respuesta y compartirla con las partes interesadas apropiadas lo antes posible.

Establecer un sistema de notificación claro y requisitos de presentación de informes claros permite dar respuestas oportunas a los derrames provenientes de buques. El establecimiento de un sistema de notificación para incidentes con hidrocarburos y SNP es un requisito según el Artículo 8(2)a del MARPOL.<sup>25</sup>; Se debería emplear un modelo similar para las liberaciones de gránulos de plástico. Los elementos críticos para un sistema de notificación eficaz incluyen un punto de contacto nacional para recibir notificaciones sobre la amenaza de derrames/liberaciones accidentales de gránulos de plástico. Además, también se debe aclarar en un plan de contingencia cómo la autoridad competente debe notificar a las agencias pertinentes, funcionarios gubernamentales, autoridades locales y, si es necesario, a las partes internacionales.

En algunas situaciones, la fuente de la liberación puede ser desconocida y la primera notificación puede surgir de la observación de bolitas de plástico en el mar y/o después de un varamiento en la costa. Esto podría suponer un desafío para la planificación de la respuesta, ya que en este caso es poco probable que haya ningún aviso previo de que perdigones de plástico encallen en la costa. En 2023, se espera que la secretaría de la OMI adopte enmiendas al Capítulo 5 de SOLAS (seguridad de la vida en el mar) para exigir que se informe de cualquier pérdida de contenedores al estado costero más cercano y al estado del pabellón.<sup>7</sup> Este requisito de presentación de informes obligatorios aumentará la probabilidad de que las partes interesadas sean notificadas con antelación sobre una posible contaminación en la costa.

## 2.3. Comunicación pública

La comunicación dentro de la organización de respuesta debe ser idéntica a cualquier proceso de respuesta a derrames de petróleo implementado y, por lo tanto, debe basarse en canales de comunicación establecidos y bien conocidos.

La comunicación de la organización de respuesta a las partes externas es igualmente importante. Las emisiones de pellets de plástico de Shipment tienen el potencial de impactar un área amplia muy rápidamente. Por lo tanto, aprovechar al público como fuente de información para una respuesta puede tener muchos beneficios. El público puede proporcionar muy rápidamente una gran afluencia de información sobre la presencia o ausencia de gránulos de plástico en las costas de acceso público. Esta información puede incorporarse a una respuesta para ayudar en la toma de decisiones.

Sin embargo, se debe tener precaución al utilizar información recopilada del público. Esto se debe a que la contaminación plástica de fondo en las costas puede ser relativamente alta, y la notificación de una liberación específica puede dar lugar al registro de gránulos de plástico preexistentes que ya estaban *en el lugar* antes del incidente, una vez que se genere conciencia pública. Además, el público normalmente no está capacitado y es posible que no recopile información pertinente de manera consistente. Además, la información generada por el público puede crear un volumen significativo de datos asociados con una respuesta, que deben ser cotejados, verificados y priorizados por autoridades apropiadas.

personal de la organización de respuesta. Esta sobrecarga de información puede generar una carga adicional para la respuesta de limpieza y potencialmente distraer la atención de las prioridades de la respuesta.

Una solución recomendada, adquirida a partir de la experiencia, es crear rápidamente un sitio web relacionado con el incidente específico. Un sitio web de este tipo podría contener lo siguiente:

- Información general sobre el incidente;
- Información de salud y seguridad sobre el incidente y la contaminación;
- Información relacionada con si la Autoridad Competente está estableciendo un proceso para que el público registre datos;
- Informar observaciones a lo largo de la costa (qué, dónde y cuándo);
- Consejos y recomendaciones sobre cualquier limpieza de las costas (trabajo voluntario o remunerado);
- Descripción de los diferentes métodos de recuperación manual que podrían ser empleados por el público;
- Dónde entregar el material recolectado y cómo informar la cantidad estimada;
- Un formulario de informes en línea en el que el público puede informar observaciones, incluida la posibilidad de cargar fotografías desde el sitio;
- Un mapa de situación general con información sobre dónde se han observado pellets de plástico y el estado de las operaciones de limpieza (si las hubiera) en diferentes áreas;
- Otra información relevante relacionada con el incidente específico, como asesoramiento sobre reclamaciones (consulte la Sección 5; **Error! Fuente de referencia no encontrada.**).

## 2.4. Priorización de sensibilidad

El anexo sobre pellets de plástico de un NCP podría hacer referencia a los mapas de sensibilidad y priorización existentes para derrames de petróleo y SNP. Sin embargo, cabe señalar que las sensibilidades económicas y ecológicas serán diferentes para una liberación de gránulos de plástico en comparación con un derrame de petróleo o SNP. Por lo tanto, en el anexo se deben describir algunas consideraciones específicas para el caso de un derrame de pellets de plástico. Al igual que con la respuesta a los derrames de petróleo, se debe prestar atención a las operaciones de limpieza que podrían ser necesarias en áreas sensibles o vulnerables, como áreas protegidas, santuarios de aves y parques nacionales.

## 2.5. Sistemas de mapeo preventivo

Dado el destino y el comportamiento descritos de los gránulos de plástico en el medio ambiente (ver Sección 1.5), se recomiendan herramientas para ayudar a mapear los gránulos de plástico varados y monitorear el progreso de las operaciones de limpieza. Estas herramientas de mapeo deben establecerse antes de un incidente, de modo que el personal y las autoridades relevantes sean competentes en su uso.

Una vez que los gránulos de plástico se han quedado varados, es importante obtener una visión general de las áreas afectadas. Será imperativa la disponibilidad de un sistema de mapeo flexible para mostrar la ubicación y la abundancia relativa de los gránulos de plástico y proporcionar una fuente "viva" de información reportada para la organización de respuesta. Los sistemas de mapeo deben ser fáciles de usar, deben incluir información sobre la cantidad de gránulos observados en cada ubicación (consulte la Sección 3.3.3 para conocer los métodos de cuantificación) y tener la capacidad de cargar fotografías para su verificación. Las herramientas móviles de recopilación de datos y encuestas (por ejemplo, aplicaciones para teléfonos móviles) pueden ser muy útiles para coordinar la recopilación de datos en el caso probable de que las actividades de respuesta se realicen en varios lugares simultáneamente.

Además, integrar la herramienta de mapeo en línea dentro del sitio web específico del incidente como fuente de información para el público, los medios y otras partes interesadas brindará conocimiento de la situación e indicará el progreso de la respuesta, como se sugiere en la Sección 2.3. La herramienta de mapeo también podría proporcionar estadísticas después de la respuesta para su evaluación o monitoreo posterior al incidente.

### 3. Consideraciones de respuesta a los pellets de plástico

Las siguientes secciones tienen como objetivo proporcionar a los Estados miembros una lista de verificación de aspectos a considerar al manejar un derrame de pellets de plástico. Estas consideraciones se basan en la experiencia y las lecciones aprendidas durante incidentes pasados y se complementan con la literatura disponible sobre la contaminación plástica marina. La orientación proporcionada a continuación se basa en la mejor información disponible al momento de escribir este artículo y en la experiencia adquirida en casos anteriores.

#### 3.1. Acciones de notificación y respuesta a incidentes

Se puede informar a un Estado miembro de un posible derrame de pellets de plástico mediante dos mecanismos:

1. Notificación por parte del armador u operador de un buque de una pérdida de contenedores dentro de la ZEE de un Estado miembro (hasta 200 NM de la costa o zona equivalente);
2. Descubrimiento de concentraciones de pellets de plástico encallados en las costas de un Estado miembro por parte de las autoridades locales o del público en general.

En cualquier caso, las personas notificadas deben informar a la autoridad competente responsable del posible incidente lo antes posible.

Si lo notifican las autoridades locales o miembros del público, es mejor recopilar la mayor cantidad de información posible para localizar, fechar y marcar la hora, y detallar las observaciones realizadas. Las fotografías pueden ser beneficiosas cuando las observaciones son reportadas por personal no capacitado, ya que se puede pasar por alto información importante en el momento de la notificación.

Si el propietario u operador de un buque notifica pérdidas de contenedores dentro de su ZEE, la autoridad competente debe comenzar simultáneamente a recopilar información relevante para guiar cualquier respuesta necesaria. Cuando sea posible, se debe recopilar la siguiente información:

- Datos de contacto de la persona que informa el incidente;
- Nombre de la embarcación y propietario;
- Fecha y hora del incidente;
- Posición (por ejemplo, latitud y longitud);
- Causa del siniestro y naturaleza de la pérdida;
- Número de contenedores perdidos (si es posible), y;
- Manifiesto de carga (si es posible).

Utilizando la información recopilada sobre el buque y el incidente, la autoridad competente debería esforzarse por comprender lo siguiente:

- Número de contenedores perdidos que contienen pellets de plástico;
- El peso total (kilogramos o toneladas métricas) de los gránulos de plástico perdidos;
- El tipo de embalaje utilizado para transportar los gránulos de plástico (es decir, paquetes de 25 kg o más, en contenedores);
- Se pierde el tipo de polímero (p. ej. PP, PE, PVC);
- Si los pellets de plástico han estado expuestos al fuego u otra fuente de calor, y;
- Si los pellets de plástico han interactuado con otras sustancias perdidas durante el mismo incidente (por ejemplo, petróleo o SNP).

La información recopilada, similar a la respuesta a un derrame de petróleo, debe usarse para informar el modelado de trayectorias para comprender el movimiento potencial de contenedores y pellets perdidos. Puede encontrarse más orientación sobre la modelización de carga perdida en la Sección 3.3.1.

La acción inicial de la autoridad competente debe ser notificar a los departamentos distritales y/o municipales pertinentes. Una vez notificados, los departamentos competentes deberían esforzarse por realizar rápidamente estudios costeros para determinar la extensión y el grado de contaminación. Al igual que con los derrames de otras sustancias (por ejemplo, petróleo), los estudios rápidos también pueden incluir la evaluación preventiva de las condiciones de referencia (por ejemplo, contaminación plástica preexistente) de lugares con riesgo de contaminación. En la Sección 3.3 se puede encontrar más orientación sobre la evaluación del nivel de contaminación. Si los modelos indican que la carga perdida podría afectar a Estados vecinos, la autoridad competente debería notificarlo a las autoridades pertinentes para que se puedan tomar las medidas y la coordinación necesarias.

## 3.2. Consideraciones de limpieza

### 3.2.1. Balance de masa

La experiencia de incidentes anteriores ha respaldado la opinión aceptada de que el cien por ciento de la carga perdida no se recuperará, debido a las diversas razones mencionadas anteriormente. Sin embargo, sigue siendo importante comprender la cantidad potencial total de gránulos de plástico liberados y la cantidad recuperada durante las actividades de limpieza. El seguimiento del peso de los gránulos recuperados por parte de los gestores de derrames permitirá monitorear el progreso a lo largo del tiempo, al mismo tiempo que contribuirá a la determinación de puntos finales adecuados (por ejemplo, ley de rendimientos decrecientes) (ver Sección 3.6). Por lo tanto, es importante mantener un buen mantenimiento de registros y monitorear con precisión los pesos recuperados por los equipos de limpieza.

Durante la recuperación de la costa, los equipos de respuesta/administración de derrames deben esforzarse por recopilar la siguiente información a intervalos adecuados de los equipos de limpieza:

- Fecha;
- Nombre del lugar;
- Coordenadas de ubicación (latitud y longitud);
- Número de socorristas costeros por equipo;
- Duración de la limpieza (horas) de un equipo en una fecha determinada;
- Peso (kg) de los pellets de plástico recuperados (por tipo) (por ejemplo, quemados o sin quemar, si corresponde);
- Peso (kg) de otros plásticos (es decir, plásticos preexistentes) recuperados, y;
- Peso (kg) de bolsas intactas de pellets de plástico recuperadas (cuando sea posible) y pertinentes.

El requisito de realizar un seguimiento del peso de los gránulos de plástico recuperados es un ejemplo de la importancia de la selectividad y el uso de estrategias de respuesta adecuadas. Si los gránulos de plástico se recuperan mientras se mezclan con otros materiales, esto puede distorsionar significativamente datos importantes. *Si en el lugar* No es posible eliminar todos los demás desechos, los rendimientos de recuperación se pueden ajustar más adelante para tener en cuenta la inclusión de material no objetivo después de la inspección/estudio de los desechos o después de la clasificación secundaria antes de su eliminación.

No se debe pasar por alto la importancia de las colectas voluntarias (ver Sección 3.8). Los administradores de derrames deben alentar que las colecciones voluntarias se envíen físicamente a un depósito central para que los rendimientos de la recuperación y los flujos de desechos puedan consolidarse con fines de monitoreo y eliminación, respectivamente. Dada la prevalencia de la actividad voluntaria de limpieza costera observada en incidentes anteriores, particularmente después de una pérdida catastrófica<sup>1</sup>, se alienta a las agencias gubernamentales a solicitar públicamente que se presenten y registren todas las recolecciones, o al menos el peso de los gránulos de plástico recuperados.

---

<sup>1</sup>Un evento catastrófico puede definirse como una pérdida de gran volumen y duración prolongada de gránulos de plástico, independientemente de la causa (es decir, natural o provocada por el hombre).

### 3.2.2. Fuente de control

Una vez recibida una notificación de un incidente con un contenedor y/o liberación de gránulos de plástico, la autoridad competente debe priorizar la identificación del lugar del incidente si aún se desconoce.

Por ejemplo, observaciones de incidentes pasados han demostrado que, en algunos casos, un contenedor de pellets de plástico perdido puede liberar continuamente su carga en el medio marino mientras reposa en el fondo marino, proporcionando así una fuente continua de posible contaminación. Por lo tanto, si es factible y apropiado, una vez identificada la posición de los contenedores perdidos, se deben hacer esfuerzos para determinar si los contenedores hundidos todavía contienen carga de pellets de plástico. Los métodos posibles para lograr este objetivo son mediante vehículos operados a distancia (ROV) o estudios de buceo. En el caso de que los contenedores hundidos estén total o parcialmente intactos, cuando sea factible y apropiado, se deberían hacer esfuerzos para recuperar los contenedores perdidos, o si no es factible, la carga que contienen, para evitar futuras liberaciones de gránulos de plástico al medio marino. Al recuperar estos contenedores y/o la carga de pellets de plástico, la autoridad competente y los gestores de derrames pueden garantizar que se ha controlado la fuente de contaminación continua.

Si se considera la recuperación de carga hundida, la autoridad competente debería garantizar que los equipos de salvamento adopten medidas adecuadas para minimizar el riesgo de liberaciones posteriores de gránulos de plástico durante las operaciones de recuperación. En casos anteriores, los salvadores llevaron a cabo la transferencia de sacos de carga de 25 kg a sacos de arpillera bajo el agua para evitar la liberación de perdigones adicionales en la columna de agua mientras la carga se elevaba a la superficie. En incidentes futuros, se deben considerar las medidas adecuadas caso por caso.

### 3.2.3. Carga frontal de una respuesta

Independientemente de la cantidad de carga perdida, los gestores de derrames deben comprender que recuperar la mayor parte de los gránulos de plástico varados lo más rápido posible es esencial para minimizar la duración y escala total de la respuesta. Movilizar un número relativamente alto de personal al comienzo de una respuesta, también conocido como "carga frontal" de la respuesta, puede ser crucial para garantizar que los gránulos de plástico se eliminen del medio ambiente lo más rápido posible. Si los gránulos varados no se recogen rápidamente, se producirá una removilización, una dispersión más amplia y un posible entierro dentro del sedimento, como se describió anteriormente. Una mayor dispersión puede hacer que la extensión geográfica de la contaminación aumente, lo que resultaría en ubicaciones potencialmente más sensibles y remotas que se verían afectadas, lo que provocaría desafíos de limpieza adicionales y prolongaría el alcance del punto final de la limpieza.

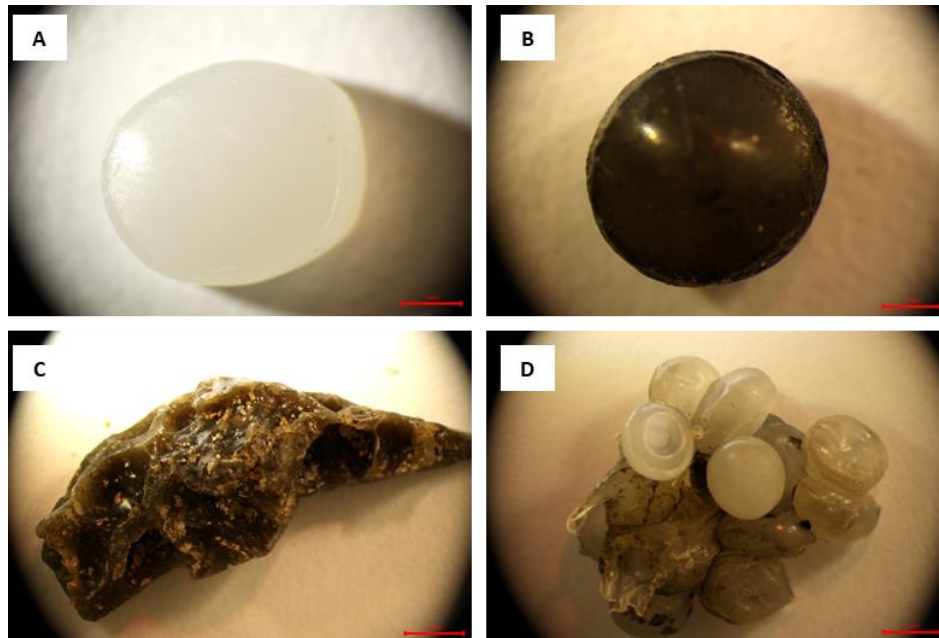
### 3.2.4. Identificar zonas de acumulación

El movimiento de los gránulos de plástico derramados a lo largo de la costa puede ser difícil de predecir. Sin embargo, comprender la ubicación de los puntos de recolección de otros desechos (naturales o antropogénicos) a menudo puede ayudar a asignar recursos de manera adecuada y efectiva, ya que los gránulos de plástico dispersos pueden concentrarse en dichas zonas. El conocimiento local, incluidas las autoridades costeras, las partes interesadas pertinentes y el público, puede ayudar a las autoridades competentes y a los gestores de derrames a identificar posibles zonas de acumulación o "puntos críticos" donde se puedan desplegar equipos de limpieza específicos de forma regular o semi-regular. Las fuentes de conocimiento local sobre las zonas de acumulación natural también pueden ayudar enormemente a este objetivo, y esto debe considerarse al preparar un plan de contingencia.

### 3.2.5. Peligros para los socorristas

La mayoría de los polímeros plásticos tienen una toxicidad inherentemente baja debido a su insolubilidad en agua y a que son bioquímicamente inertes. En consecuencia, los pellets de plástico no están clasificados como peligrosos ni como contaminante marino en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG). Por lo tanto, en su estado original, los socorristas no consideran peligroso tocar el plástico.

Sin embargo, si se cambia la composición del plástico (por ejemplo, durante la combustión a través de un incendio a bordo de un herido) (Figura 8), o los pellets se exponen a otras sustancias peligrosas, existe la posibilidad de que los pellets previamente inertes se vuelvan peligrosos para la salud. quienes responden a los incidentes. Por ejemplo, cuando se quema plástico se pueden producir sustancias tóxicas como dioxinas y furanos. Aunque estas sustancias se emiten principalmente como emisiones tóxicas, algunos residuos pueden permanecer presentes en la superficie del plástico, lo que supone un riesgo potencial para la salud humana de quienes manipulan los residuos recuperados.



**Figura 8:** Cambios morfológicos de los pellets de plástico después de la combustión durante el incidente de X-PRESS PEARL, Sri Lanka, 2021. A) pellet original; B) pellet descolorido; C) fragmento de bolita de plástico quemado; D) bolitas fusionadas. Fuente: Cefas

Si se altera la composición de los gránulos de plástico derramados y existen preocupaciones sobre la peligrosidad, inicialmente se debe seguir un enfoque de precaución. Lo antes posible, la autoridad competente o los gestores de derrames deben realizar esfuerzos para organizar análisis del material varado para determinar cualquier cambio en la toxicidad y los consiguientes riesgos potenciales para la salud de los socorristas. Los resultados del análisis deben utilizarse con prontitud para fundamentar la respuesta. La categorización final determinará en última instancia el nivel de EPP requerido por el personal de respuesta costera, cómo se recolectan y eliminan los desechos, el grado de limpieza de la costa y, finalmente, los puntos finales de la respuesta.

Durante el incidente del X-PRESS PEARL frente a la costa occidental de Sri Lanka en 2021, hasta 442 contenedores de bolitas de plástico quedaron expuestos a altas temperaturas a bordo (Figura 8), antes de que una cantidad desconocida se perdiera por la borda y posteriormente fuera arrastrada a la costa. Además, X-PRESS PEARL transportaba en ese momento 81 contenedores de mercancías peligrosas. Debido al incendio y a la posible interacción entre los gránulos de plástico y otras sustancias nocivas, el Gobierno de Sri Lanka clasificó todo el plástico varado como peligroso hasta que se determine lo contrario. Es posible que se tomen precauciones similares en futuros incidentes relacionados con derrames de bolitas de plástico junto con petróleo y otras SNP.

Como se describió anteriormente, una vez en el medio marino, los gránulos de plástico también tienen propensión a actuar como vectores para otros contaminantes orgánicos persistentes y microorganismos (por ejemplo, bacterias). Por lo tanto, esto debe tenerse en cuenta a la hora de determinar el EPI adecuado (p. ej. guantes). También se recomienda mantener una buena higiene de manos durante y después de la limpieza de la costa.

### 3.3. Evaluación de derrames

#### 3.3.1. Modelado

El modelado de trayectoria de gránulos, embalajes y contenedores de plástico se puede realizar tan pronto como se conozca la ubicación del incidente. Los modelos proporcionarán información sobre el alcance potencial de la contaminación y los riesgos para los hábitats sensibles. Los resultados permitirán a los administradores de derrames priorizar los sitios y facilitar el despliegue efectivo de activos durante la respuesta costera.

Se pueden utilizar varios enfoques de modelización diferentes para evaluar el transporte de plásticos marinos, con diferentes productos de software disponibles. Fundamentalmente, la dispersión dependerá de las condiciones meteoceánicas de la zona, así como de la flotabilidad de los pellets, envases y contenedores de plástico. Dadas las incertidumbres en torno a estos aspectos, no se debe esperar que el modelado de trayectorias proporcione resultados precisos para el seguimiento de perdigones individuales; en cambio, los resultados deberían usarse para guiar la probabilidad de que el material se encalle y se acumule a lo largo de la costa.

Aunque existen modelos específicos para predecir el movimiento de los desechos plásticos marinos, estos modelos no siempre son accesibles para los equipos de respuesta a derrames o las autoridades competentes. Sin embargo, muchos Estados y organizaciones de respuesta cuentan con servicios o software de terceros para modelar la deriva del petróleo.

Casos recientes han demostrado que el modelado de la trayectoria de un derrame de petróleo se puede aplicar a la liberación accidental de bolitas de plástico desde los barcos, produciendo resultados comparables. Cuando se desconoce el origen del derrame, se han utilizado modelos de deriva para rastrear la trayectoria tomada hasta la posible ubicación del derrame. Sin embargo, se ha observado que, si bien los modelos son razonablemente precisos en aguas abiertas, aunque en distancias relativamente cortas, la modelización se vuelve cada vez más difícil cerca de las costas debido a las complejas interacciones costeras y los procesos de mareas locales que la tecnología de modelización no puede replicar de manera efectiva.

Además de modelar la trayectoria de los gránulos de plástico sueltos, también se han empleado modelos de deriva de búsqueda y rescate para predecir la trayectoria de embalajes (por ejemplo, bolsas de 25 kg) y contenedores intactos. Comprender la deriva de estos elementos puede ayudar al control de fuentes; es importante localizar los contenedores hundidos y recuperar la carga empaquetada para evitar que se derrame al medio marino.

#### 3.3.2. Vigilancia

La vigilancia es una actividad fundamental durante cualquier respuesta a un derrame. El objetivo es proporcionar a los responsables de la toma de decisiones una imagen actualizada de la situación que evoluciona rápidamente, describir el alcance de la contaminación e identificar la estrategia de limpieza más adecuada.

##### i. Vigilancia en el mar

Inmediatamente después de un incidente, puede ser necesaria la vigilancia en el mar. Al igual que ocurre con los derrames de petróleo, esto puede llevarse a cabo desde el aire (normalmente un helicóptero, un avión o vehículos aéreos no tripulados) o, con un éxito más limitado, desde un barco. Dado el pequeño tamaño de los gránulos de plástico, su color claro/transparencia y las variaciones en la flotabilidad, a menudo es muy difícil identificar los gránulos de plástico en el mar: especialmente si están dispersos en bajas concentraciones. Tras incidentes con buques portacontenedores, resulta más eficaz realizar vigilancia para localizar los propios contenedores o cualquier embalaje relacionado con el transporte de pellets. Esta información luego se puede utilizar para guiar el uso de los recursos de limpieza. En el futuro, es posible que se desarrollen métodos que permitan el uso de imágenes satelitales para localizar derrames de gránulos de plástico, o que se desarrolle tecnología que permita una mejor vigilancia aérea de los gránulos de plástico en el mar.



## ii. Evaluaciones de la costa

Se deben considerar estudios costeros en cada etapa de la respuesta para determinar el alcance de la contaminación a lo largo del tiempo. Cuando sea posible, recopilar datos de referencia preexistentes sobre el nivel de contaminación plástica, antes de que los gránulos de plástico lleguen a tierra, puede ayudar a establecer estrategias de limpieza y definir puntos finales relevantes.

Después de un incidente, los estudios preliminares son esenciales para documentar el alcance inicial de la contaminación causada por la liberación proveniente del barco. Debido a la propensión de los gránulos de plástico a moverse desde la costa, los estudios deben repetirse con frecuencia en cada lugar afectado para obtener información situacional actualizada y guiar las decisiones de respuesta. Las costas de alta energía pueden generar niveles muy variables de contaminación tanto superficial como subsuperficial, y los estudios costeros para evaluar estos niveles de contaminación deben realizarse con más frecuencia que en una costa de baja energía, para reflejar la posible mayor tasa de removilización y las consecuencias para las operaciones de respuesta. Consulte la Sección 3.3.3 para obtener orientación operativa adicional.

## III. Grabando datos

Durante los estudios, la información debe registrarse en un formato estandarizado, ya sea en papel (por ejemplo, una "Hoja de evaluación de la contaminación por pellets de plástico costeros" (ver Apéndice)) o mediante aplicaciones de estudios de campo en un dispositivo móvil (ver Sección 2.5). Toda la información recopilada durante los estudios costeros debe centralizarse en una base de datos/sistema de información geográfica (SIG)/ mapa accesible para facilitar una buena visualización y comunicación. Este recurso puede ser distribuido y accedido por todas las autoridades y partes interesadas relevantes.

Se debe recopilar y actualizar rápidamente una descripción general de toda la costa afectada después de realizar estudios repetidos durante todo el período de respuesta. A continuación se muestra un ejemplo de ello para el incidente de X-PRESS PRESS en 2021 (Figura 9; **Error! Fuente de referencia no encontrada.**). Estos mapas permitieron a la autoridad competente comprender el nivel y el alcance de la contaminación, lo que permitió rápidamente una priorización de los recursos de respuesta y demostró el cambio en los niveles de contaminación a lo largo del tiempo. Sin embargo, como se analizó anteriormente, los gránulos de plástico pueden moverse muy rápidamente a lo largo de la costa y, por lo tanto, las operaciones de limpieza deben realizarse lo más rápido posible después de los estudios costeros para maximizar la utilidad de los datos.

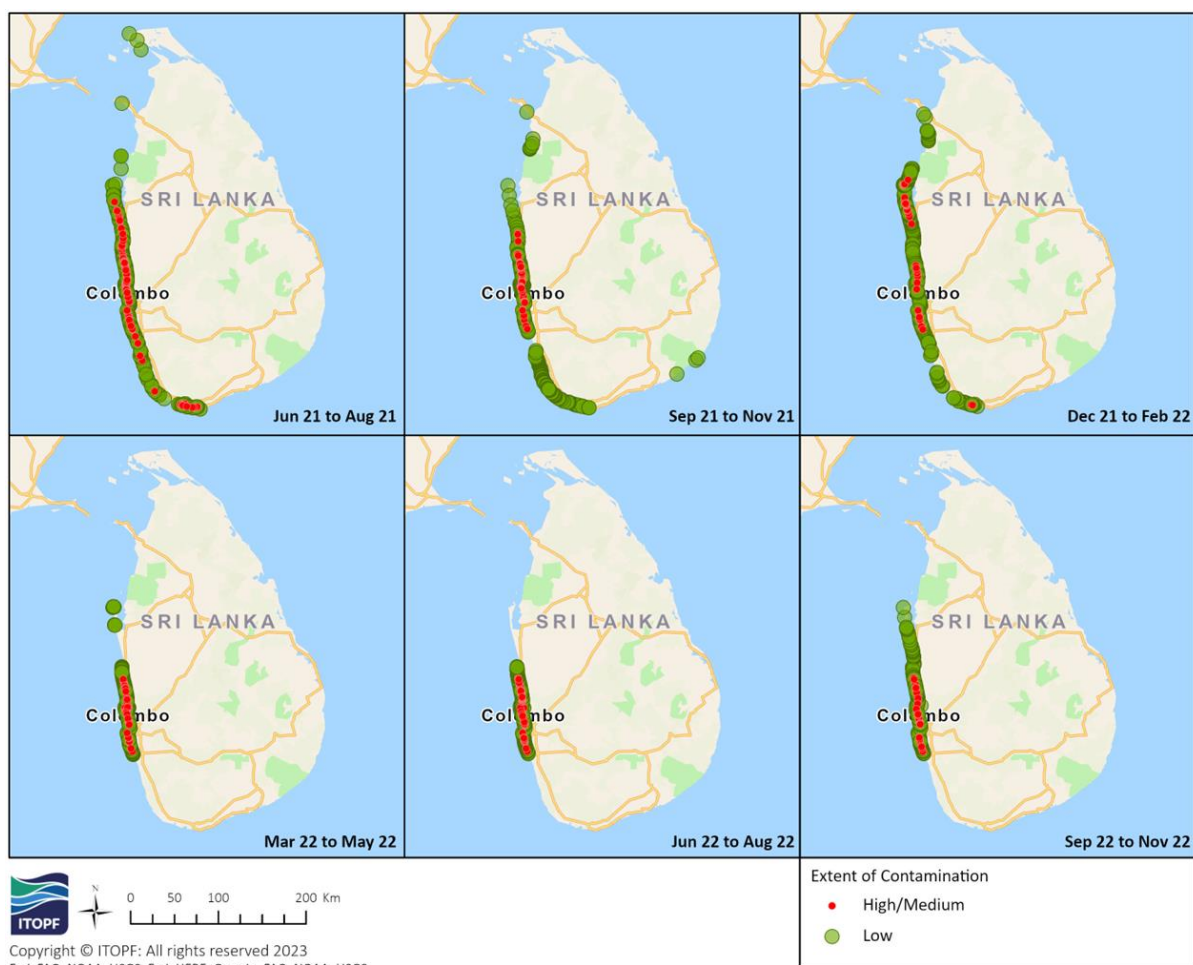
### 3.3.3. Métodos para determinar el nivel de contaminación.

Al inicio de un incidente se deben establecer criterios para clasificar el nivel de contaminación en cada segmento de costa. Todos los miembros del equipo de encuesta deben estar alineados con los parámetros que definen los diferentes niveles de contaminación para minimizar la confusión y los registros inexactos. En consecuencia, los métodos de registro estandarizados son vitales. Para acelerar este proceso, en principio se podrían incluir métodos como parte del proceso de planificación de contingencias.

Los estudios costeros basados en la técnica de evaluación de la limpieza costera (SCAT) se aplican normalmente en casos de contaminación costera por petróleo.<sup>26-28</sup> Al emplear SCAT, se debe investigar la contaminación tanto de la superficie como del subsuelo. Existen dos métodos espaciales para evaluar el nivel de contaminación en la costa; estos son:

- Estudios puntuales: se completan rápidamente al acceder a un lugar determinado para evaluar rápidamente el nivel de contaminación, y;
- Estudios continuos o ampliados: completados sistemáticamente en toda la costa afectada accesible a intervalos predefinidos (por ejemplo, cada 50 m o cuando cambia el nivel de contaminación).





**Figura 9:** Serie de mapas que muestra la recopilación de resultados de estudios costeros realizados durante X-PRENSA Incidente PEARL, Sri Lanka, 2021. Fuente: ITOPF

Los estudios puntuales, en un área espacialmente limitada, pueden realizarse rápidamente y, por lo tanto, pueden ser útiles durante la fase inicial de emergencia de una operación para proporcionar una instantánea de los niveles de contaminación en diferentes sitios. Sin embargo, los estudios puntuales pueden malinterpretar el nivel de contaminación a lo largo de una costa (por ejemplo, la verificación puntual puede realizarse en una zona de contaminación inusualmente alta o baja), lo que lleva a errores al priorizar las costas y seleccionar métodos de limpieza apropiados. Los tomadores de decisiones deben considerar este sesgo al movilizar recursos. Por lo tanto, se recomienda el uso de estudios costeros espacialmente continuos durante la fase de proyecto de la operación (ver Sección 3.5.2).

Cuando se identifiquen pellets de plástico enterrados, se recomienda realizar estudios sistemáticos para caracterizar el nivel y la extensión de los pellets de plástico enterrados. Por lo tanto, estos estudios deben incluir transectos de hoyos o trincheras (Figura 10). Puede haber varios estratos de contaminación enterrada y se debe medir cada capa de contaminación (espesor de la capa y profundidad desde la superficie). Ocasionalmente se observaron bolitas de plástico enterradas hasta 1,5 m de profundidad en Sri Lanka después del incidente del X-PRESS PEARL, por lo que se debe tener cuidado de realizar estudios subsuperficiales exhaustivos y suficientemente profundos. Comprender la dinámica de los sedimentos y la costa de una costa afectada ayudará a determinar las áreas con riesgo de entierro de pellets de plástico.



**Figura 10:** Cavando trincheras para investigar bolitas de plástico enterradas durante el incidente de X-PRESS PEARL, Sri Lanka, 2021. Fuente: ITOFF.

A continuación se muestran tres ejemplos de métodos genéricos para determinar el nivel de contaminación. Después de un incidente, estos métodos deben adaptarse a la situación. En muchos casos, se utilizará más de un método de evaluación simultáneamente. Se debe obtener asesoramiento técnico al redactar los planes de contingencia nacionales y locales para garantizar que se seleccionen los mejores métodos de cuantificación para cada región específica.

#### i. Evaluación visual

La evaluación visual es una herramienta básica para determinar el nivel de contaminación tras la liberación de gránulos de plástico. Sin embargo, los criterios que determinan cómo se clasifica un sitio pueden variar entre incidentes. Se pueden asignar criterios relacionados con el espesor, la extensión y la propensión a movilizarse (por ejemplo, pellets enterrados o superficiales). Se deben realizar encuestas conjuntas con todas las partes interesadas en las primeras etapas del proceso, y se deben proporcionar fotografías/orientaciones de ejemplo, para garantizar que todas las partes estén alineadas en la evaluación de los niveles de contaminación (p. ej.

Cifra11). Es posible que sea necesario revisar estos criterios a medida que avanza la fase del proyecto (ver Sección 3.5.2).

#### ii. Conteo cronometrado

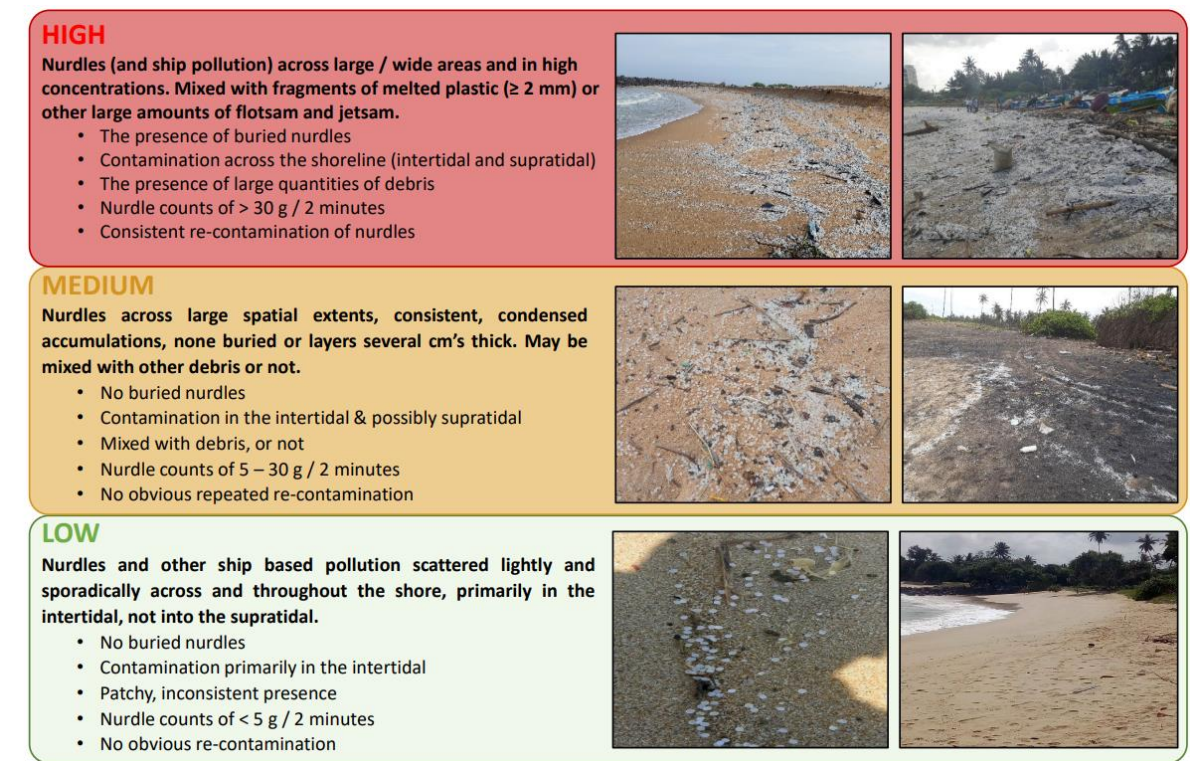
La contaminación se puede evaluar de forma semicuantitativa utilizando un "método de recuento cronometrado". Este método implica que los topógrafos recolecten manualmente bolitas de plástico durante un período de tiempo predeterminado y luego cuantifiquen la cantidad final. Se definen límites arbitrarios para concentraciones bajas, medias y altas y los sitios se clasifican en consecuencia (Tabla 2).

Este enfoque fue diseñado originalmente por Tunnelet *et al.*,<sup>29</sup> como método de evaluación de 10 minutos en el que los gránulos de plástico se cuentan manualmente en varios lugares de una playa. Sin embargo, para

En incidentes recientes, este método se ha adaptado para hacerlo más aplicable. Por ejemplo, durante el incidente del X-PRESS PEARL, el Túnel *et al.* El método se modificó porque i) se consideró que 10 minutos era demasiado tiempo para permitir que se inspeccionara un número suficiente de segmentos de costa dentro de un período de tiempo determinado, y ii) los niveles muy altos de contaminación hacían que contar los gránulos no fuera práctico. En cambio, el límite de tiempo se redujo a dos minutos y los lotes de gránulos recolectados se pesaron en lugar de contarse. Estos métodos de cuantificación están diseñados para ser simples y accesibles para encuestadores no capacitados.

A continuación se muestra una breve descripción de los pasos necesarios para realizar una encuesta de conteo de dos minutos:

- **Selecciona una ubicación** cuál representa mejor el nivel de contaminación “promedio” del sitio (es decir, no las áreas más o menos contaminadas);
- **Recoge bolitas de plástico durante dos minutos usando solo tus manos.** y recoger en un recipiente con la parte superior abierta. Trate de evitar recolectar palos, arena, plástico quemado u otros sustratos/escombros;
- **Pesar recipiente y pellets de plástico.** utilizando un pequeño juego de balanzas colocadas sobre una superficie plana. Luego pesar el recipiente vacío para obtener la tara. Reste la tara del contenedor del peso total para calcular el peso neto de los pellets de plástico;
- **Registre este peso** en una base de datos/aplicación de encuesta móvil/formulario de encuesta, y;
- **Clasificar la costa** nivel de contaminación utilizando los límites predefinidos (por ejemplo, Tabla 2).



**Figura 11:** Ejemplo de criterios para la evaluación visual de la contaminación costera durante X-PRESS Incidente PEARL, Sri Lanka, 2021. Fuente: ITOFF.

El uso constante de este método desde las primeras etapas del incidente del X-PRESS PEARL resultó indispensable para desarrollar una base de datos que mantuviera un registro de cómo la contaminación varió espacialmente y cambió temporalmente durante el período de respuesta, guiando así decisiones de respuesta más efectivas.



**Tabla 2:** Clasificaciones de nivel de contaminación alto, medio y bajo según los dos minutos. método de recuento, tal como se aplicó durante el incidente X-PRESS PEARL.

Nivel de contaminación	Peso de los pellets de plástico
<b>Alto</b>	> 30 gramos
<b>Medio</b>	5 - 30 gramos
<b>Bajo</b>	< 5 gramos

### III. Recuento espacial/cuadrático

Un ejemplo de método de conteo espacial, utilizando un cuadrante, es la herramienta Índice de Contaminación Plástica (PPI) diseñada por Fernandino. *et al.*<sup>30</sup>. El PPI es una adaptación del Índice de Costas Limpias (CCI)<sup>31</sup> y se utiliza para clasificar las playas de arena según la abundancia de pellets de plástico.

El enfoque requiere el uso de un cuadrante de 1 x 1 x 0,05 m. El cuadrante se coloca aleatoriamente en la línea de marea alta más reciente y un segundo se coloca en el obstáculo terrestre que limita la costa. Este límite podría ser natural (por ejemplo, vegetación) o antropogénico (por ejemplo, un muro). Se elimina la capa superficial de sedimento de cada cuadrante y los sedimentos se mezclan con agua de mar para separar los gránulos de plástico mediante flotación. Para costas rocosas, los pellets se pueden recoger individualmente a mano si es necesario. Luego se cuenta y registra el número de gránulos tanto para las muestras de marea alta como para las de la costa. El nivel de contaminación en ambos lugares se puede clasificar según el método PPI (Tabla 3). Para obtener una representación clara de un segmento de playa, este método debe repetirse varias veces a lo largo de la costa.

**Tabla 3:** Concentración de pellets de plástico y clasificación correspondiente del Índice de Contaminación por Pellets.

IPP	Concentración de pellets	Clasificación
<b>0,0 &lt; IPP ≤ 0,5</b>	0 - 25	Muy bajo
<b>0,5 &lt; IPP ≤ 1,0</b>	25 - 50	Bajo
<b>1,0 &lt; IPP ≤ 2,0</b>	50 - 100	Moderado
<b>2,0 &lt; IPP ≤ 3,0</b>	100 - 150	Alto
<b>IPP &gt; 3,0</b>	> 150	Muy alto

Como se ha dicho anteriormente, estos métodos deben adaptarse a cada incidente. Los niveles "altos" de contaminación durante un incidente pueden parecer muy diferentes al nivel de contaminación clasificado como "alto" durante otro. Como consecuencia, se debe evitar la comparación de niveles de contaminación entre incidentes.

## 3.4. Respuesta en el mar

La contención y recuperación en el mar se utilizan a menudo como medios eficaces para minimizar la contaminación costera por hidrocarburos. Sin embargo, en el caso de los derrames de pellets de plástico, hay varias razones por las que es poco probable que se produzca una recuperación en el mar. En los casos experimentados hasta la fecha, rara vez se ha instigado una respuesta en el mar y, cuando se instigó, no se demostró que fuera eficaz, por las razones que se describen a continuación.

Tras la pérdida de un contenedor que transporta pellets de plástico, se pueden producir tres escenarios posibles:

- Un contenedor se rompe en cubierta/al contacto con el agua, derramando su carga directamente al medio ambiente;

- Es posible que un contenedor se pierda por la borda, después de lo cual se hunde o continúa a la deriva durante un período de tiempo, y luego se rompe y libera la carga, o;
- Un contenedor puede eventualmente hundirse intacto hasta el fondo, por lo que no se libera ninguna carga inmediatamente. Sin embargo, si se deja *en el lugar* durante largos períodos, la integridad estructural de un contenedor hundido puede verse comprometida, derramando posteriormente su contenido.

En los dos primeros casos, lo más probable es que la notificación de la pérdida de un contenedor de pellets de plástico se reciba demasiado tarde para permitir una contención y recuperación efectivas de cualquier carga perdida de ese contenedor. La proximidad del lugar de liberación a tierra también puede hacer que la recuperación en el mar sea inviable, como se vio durante el incidente del X-PRESS PEARL, donde el incidente ocurrió cerca de la costa y, en consecuencia, los perdigones liberados tocaron tierra tan rápidamente que prohibieron cualquier respuesta en el mar. Finalmente, dado que la deriva de los gránulos de plástico está influenciada por las condiciones del océano, se dispersarían rápidamente desde el lugar del derrame. Como resultado de esta dispersión, así como de los desafíos descritos al observar pellets flotantes, es poco probable que la recuperación efectiva en el mar sea efectiva, si es que se lleva a cabo.

En una situación en la que un contenedor que transporta pellets permanece en el fondo del mar completamente intacto, se recomienda asegurarlo lo más rápido posible y, si es factible y apropiado, recuperarlo del fondo del mar. Se debería hacer hincapié en la contención adecuada de la carga en el fondo del mar, en lugar de instalar medios de contención y recuperación en la superficie.

Puede haber casos en los que los contenedores y su contenido se pierdan en situaciones en las que sea posible una respuesta en el mar, por ejemplo, en entornos semicerrados como puertos y puertos. Este fue el caso en 2017, cuando dos contenedores de pellets de LDPE y HDPE se perdieron por la borda durante una tormenta en el puerto de Durban, Sudáfrica.

Cuando se ha producido una pérdida en un puerto (y si la notificación se recibe con suficiente antelación), la contención y recuperación en el agua puede servir para limitar la contaminación generalizada y las operaciones prolongadas de limpieza de la costa. Se pueden usar barreras flotantes convencionales o barreras petroleras para contener los gránulos, mientras que se puede usar una red con un tamaño de malla adecuado para recuperar rápidamente los gránulos de plástico de la superficie.

### 3.5. limpieza de costas

Casos anteriores han demostrado que la limpieza de la costa para eliminar los vertidos de gránulos de plástico es laboriosa y prolongada. Esto es el resultado de las características del contaminante y su comportamiento altamente móvil cuando se pierde en el medio marino, así como de las herramientas rudimentarias disponibles para recuperar el plástico derramado. Por estas razones, se ha observado que la recuperación de pellets de costas contaminadas lleva entre meses y años hasta que las autoridades acuerdan los sitios. Incluso entonces, se considera que la recuperación completa de la carga perdida es en gran medida imposible. Los casos recientes han demostrado una tasa de recuperación de entre el 40 y el 70 %.

Si bien la tecnología actualmente disponible para acelerar el proceso de limpieza y recuperación es limitada, las siguientes secciones aclaran algunas de las lecciones aprendidas durante casos recientes y destacan consideraciones clave para los titulares de planes de contingencia y administradores de derrames en caso de liberación de gránulos de plástico.

#### 3.5.1. Orientación general para los socorristas

El personal involucrado en la limpieza debe recibir una sesión informativa básica introductoria. Al momento de esta publicación, las técnicas de limpieza costera disponibles son bastante básicas y cualquier persona físicamente capacitada puede realizarlas fácilmente. Sin embargo, una breve introducción debería cubrir al menos las siguientes áreas:

- Cómo se organiza la respuesta y por qué (por ejemplo, estructura de mando, objetivos, tiempos de inicio/final/descanso);

- Salud y seguridad, por ejemplo, nivel de EPP, manipulación manual, peligros específicos del sitio. y consideraciones;
- Disposición de la infraestructura de apoyo (por ejemplo, obtención de agua, ubicación de los baños);
- Técnicas de limpieza que se emplearán y cómo funcionan;
- Sensibilidad ambiental de la costa;
- Cualquier restricción asociada con el trabajo en la costa (por ejemplo, accesibilidad), y;
- Líneas de comunicación y cómo informar sobre el trabajo realizado.

El alcance y la magnitud de un derrame serán un factor importante a la hora de determinar qué personal se movilizará durante la limpieza y cuánto se necesitará. Por ejemplo, los derrames más pequeños podrían ser manejados por equipos de municipios locales (por ejemplo, bomberos u otras unidades de respuesta), mientras que los derrames más grandes también podrían requerir la participación de fuerzas militares o un contratista de respuesta dedicado que organice una fuerza laboral significativa para limpiar las costas durante un período prolongado. Todo el personal debe trabajar en equipos pequeños (por ejemplo, de 15 a 20 personas) dentro de una estructura de gestión jerárquica bien definida. En general, la planificación del personal y de la salud y la seguridad debe llevarse a cabo de acuerdo con las regulaciones y mejores prácticas nacionales, de manera similar a los incidentes de derrames de petróleo.

Algunos de los peligros potenciales que enfrentan los socorristas durante la recolección de gránulos de plástico son similares a los que se presentan durante la respuesta a un derrame de petróleo. Sin embargo, la sección 3.2.5 ha resaltado riesgos potenciales adicionales asociados con la recolección de gránulos de plástico.

El nivel de equipo obligatorio de EPP requerido puede variar y debe determinarse caso por caso. El entorno laboral general debe considerarse para el bienestar de quienes participan en actividades de recolección repetitivas. Por ejemplo, algunos equipos de recuperación mecánica generarán una cantidad significativa de ruido y, por lo tanto, se debe proporcionar protección auditiva adecuada.

### 3.5.2. Fases de respuesta

Al igual que con los derrames de petróleo, la respuesta a los derrames de pellets de plástico se puede dividir en tres categorías distintas. Estas categorías y una breve explicación se proporcionan a continuación. La Sección 3.5.4 detalla las diferentes herramientas aplicables durante las diferentes fases de respuesta.

#### í. Fase de emergencia

El período inicial de la respuesta, durante el cual la situación puede no estar totalmente bajo control, suele denominarse "fase de emergencia". Esta fase puede durar desde unos pocos días hasta varias semanas. Durante este período, se requerirán decisiones cruciales que tendrán consecuencias a más largo plazo.

Como se vio durante el incidente del X-PRESS PEARL, debido a las condiciones meteoceánicas predominantes, cantidades significativas de plástico (micro-macro) "limpio" y "quemado" llegaron a las playas pocas horas después de que los contenedores cayeran por la borda. En el caso de que grandes cantidades de gránulos de plástico lleguen a tierra durante incidentes futuros, los gestores de derrames deben esforzarse por priorizar la eliminación en masa para evitar la removilización y una mayor contaminación. A pesar de que la selectividad es importante durante esta fase inicial, la principal prioridad es eliminar la contaminación masiva de la costa. Por lo tanto, el objetivo debe ser recuperar los pellets de plástico y/o reubicarlos lejos de la costa activa para evitar su removilización por la acción del viento y las olas.

En casos de encallamiento de cantidades masivas de pellets de plástico, también puede ser apropiado en una etapa temprana el uso de equipos pesados (por ejemplo, topadoras) para alejar el material plástico de la línea de playa. Estos montones se clasificarán en una etapa posterior, donde también puede ser apropiado el uso de ayudas mecánicas. Las decisiones relativas al uso (o no) de equipo pesado dependerían de su disponibilidad, así como del tipo de costa, idoneidad, sensibilidad y accesibilidad.

## ii. Fase del proyecto

La fase de emergencia puede contrastarse con la posterior "fase del proyecto", que se caracteriza por una comprensión más clara de la situación general y una apreciación de cómo se espera que se desarrolle la respuesta, permitiendo así un mayor nivel de planificación anticipada. Los indicadores típicos de que la fase de emergencia está evolucionando hacia la fase de proyecto podrían incluir:

- se ha estabilizado el siniestro o la fuente de contaminación y se ha reducido significativamente o se ha eliminado la amenaza de nuevas emisiones de gránulos de plástico, o;
- Se han movilizado suficientes recursos de respuesta para abordar las preocupaciones prioritarias y están funcionando de manera efectiva.

Tras la finalización de la fase de emergencia inicial, normalmente quedan cantidades significativas de contaminación por pellets de plástico en la costa, aunque en concentraciones más bajas que las encontradas inicialmente. Es probable que los gránulos de plástico lleguen en cantidades relativamente pequeñas, durante un largo período de tiempo, a lo largo de una gran extensión de costa. Durante esta fase, los equipos de respuesta a derrames deben continuar centrándose en las regiones de mayor contaminación, manteniendo al mismo tiempo buenos niveles de priorización y selectividad. Se debe considerar y abordar en la medida de lo posible la contaminación tanto de la superficie como del subsuelo. El objetivo principal de la fase del proyecto es avanzar las costas hacia puntos finales de limpieza predeterminados (ver Sección 3.6).

## III. Fase de seguimiento

Durante la fase de monitoreo, la mayoría de las operaciones de limpieza habrán terminado y se habrán alcanzado los puntos finales de la limpieza (ver Sección 3.6) en la mayoría de las costas. Sin embargo, los gránulos de plástico pueden seguir encallando durante varios años después de finalizar las operaciones de limpieza. Según la experiencia adquirida hasta la fecha, en la mayoría de las situaciones se considera imposible recuperar el 100% de la carga perdida en la costa. Cuando sea apropiado, se puede organizar un monitoreo posterior al derrame para evaluar cualquier recontaminación significativa y los posibles impactos asociados, con el objetivo de evaluar si se debe reiniciar una mayor mitigación (por ejemplo, actividades de limpieza). Dicho monitoreo debe tener en cuenta la posterior acumulación de gránulos de plástico provenientes de fuentes no relacionadas con el incidente específico, particularmente en lugares con contaminación crónica.

### 3.5.3. Estrategia de limpieza de costas

La estrategia general de cualquier respuesta a los derrames de pellets de plástico es limitar su distribución geográfica y recuperar la mayor cantidad de carga perdida lo más rápido posible. Como paso inicial, esto requiere una limpieza específica de las áreas más contaminadas para minimizar la removilización de gránulos de plástico y la posterior contaminación secundaria generalizada.

Las áreas más altamente contaminadas suelen ser puntos de acumulación natural, donde los microplásticos y otros desechos orgánicos quedan atrapados o quedan atrapados en las condiciones previas al derrame. Para identificar las áreas de mayor acumulación de gránulos de plástico, comprender el alcance de la contaminación y ayudar a priorizar los sitios de limpieza, se recomienda encarecidamente realizar estudios de la costa (consulte la Sección 0) lo antes posible después de la notificación.

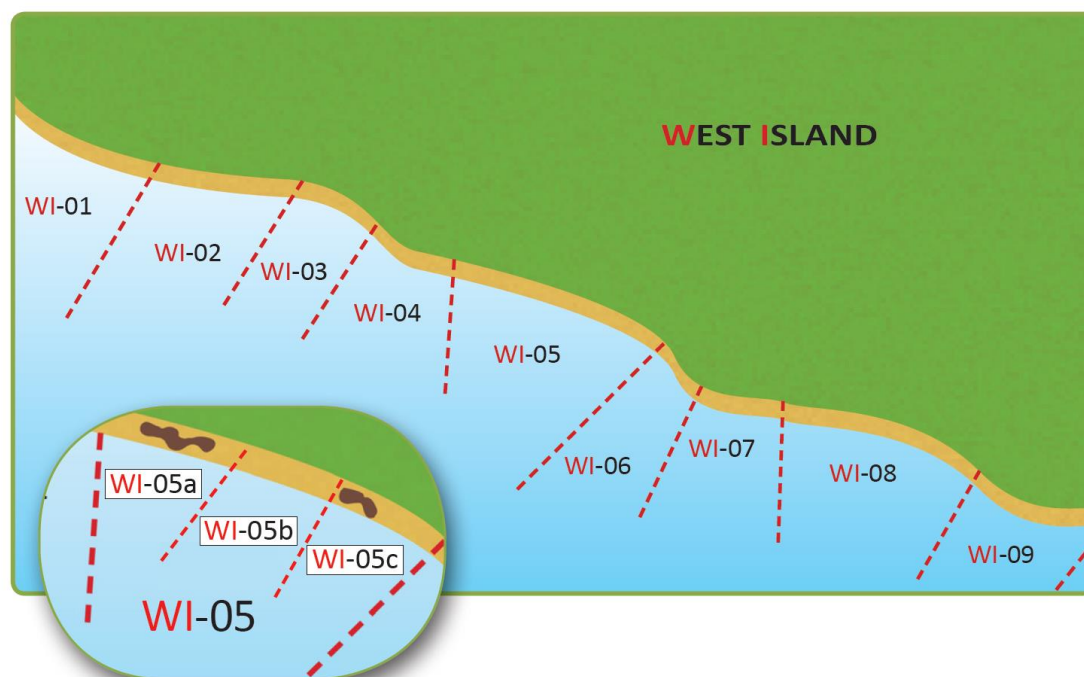
Gran parte de las operaciones de limpieza realizadas hasta la fecha han implicado esfuerzos de recuperación centrados en las costas arenosas. Por lo tanto, esta sección se centra en las estrategias para la recuperación de las playas de arena; sin embargo, a continuación también se analizan otros tipos de costas, a saber, los manglares.

En el caso de futuros incidentes en los que otros tipos de costas puedan verse afectados, también se deben seguir los principios comúnmente conocidos empleados durante los derrames de petróleo, a saber, el Análisis de Beneficios Ambientales Netos (NEBA), al desarrollar estrategias de limpieza e identificar técnicas adecuadas de recuperación de pellets de plástico (consulte Apartado 3.5.4).

El análisis de beneficios ambientales netos es un enfoque estructurado utilizado por los equipos de respuesta a derrames y otras partes interesadas durante la respuesta a derrames, para comparar los beneficios ambientales de posibles herramientas de respuesta y desarrollar estrategias de respuesta que minimicen el impacto de un derrame en el medio ambiente. En el caso de derrames de pellets de plástico, siguiendo los principios de NEBA, los gestores de derrames deben evaluar los beneficios ambientales de eliminar una sustancia potencialmente inerte de hábitos sensibles (por ejemplo, manglares).

## **Segmentación**

De manera similar a los derrames de petróleo, la limpieza sistemática de toda la costa afectada por un evento de contaminación se completa de manera más efectiva subdividiendo la costa en unidades operativas llamadas "segmentos" (Figura 12). Los segmentos se identificarán en función de la homogeneidad morfológica (física) y sedimentaria. A cada segmento se le debe asignar una identificación única. Los segmentos deben tener entre 200 m y 2 km de largo, pero esto estará determinado en gran medida por la naturaleza de la costa en particular y la disponibilidad de personal. La segmentación se puede completar *en el lugar* por personal operativo o mediante software de mapeo, este último requiere la realización de encuestas de verificación.



**Figura 12:** Ejemplo de subdivisión de una línea de costa en segmentos a los que se les asigna un ID único. Fuente: Petróleo Spill Response Limited, Guía de campo SCAT<sup>27</sup>.

Para cada segmento de costa, se deben registrar observaciones de campo para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el nivel de contaminación en este segmento (superficial y subterráneo)?
- ¿Existe necesidad de limpieza en este segmento?
- Si se requiere limpieza, ¿qué métodos de limpieza son apropiados o recomendados?
- ¿Cuáles son las sensibilidades ambientales y socioeconómicas de este segmento?
- ¿Qué cuidado se necesita para proteger los recursos sensibles ubicados dentro de este segmento?
- ¿Cuál es la prioridad de limpieza en este segmento, en comparación con otros segmentos?
- ¿Se están llevando a cabo eficazmente las operaciones de limpieza en curso?
- ¿Es eficaz el método de limpieza actual o está causando daños adicionales?
- ¿El nivel de efectividad requiere probar un método de limpieza alternativo?
- ¿El segmento cumple con los puntos finales de limpieza acordados cuando se definen?



## Playas de arena

A lo largo de un perfil arquetípico de costa de playa de arena, la mayor acumulación generalmente se observa a lo largo de la línea de marea alta o línea de playa (Figura 13). **¡Error! Fuente de referencia no encontrada.** También se ha demostrado que la deposición de pellets de plástico en las costas es relativamente alta en playas con líneas de playa más altas que el promedio y en costas que miran hacia la dirección de olas de alta energía.



**Figura 13:** Acumulación de gránulos de plástico en la marca del nivel máximo del agua y en múltiples líneas de hilo. Fuente: ITOPE

Debido a la naturaleza dinámica de las condiciones de la costa, los gránulos de plástico pueden quedar enterrados rápidamente. Después de lo cual, los gránulos de plástico enterrados pueden quedar descubiertos y removilizados como parte del ciclo natural de acreción/erosión. En consecuencia, una vez enterrados, se pueden comprometer esfuerzos, tiempo y costos significativos para excavar sistemáticamente los sedimentos para recuperar los gránulos de plástico.

Por lo tanto, para minimizar la posibilidad de que se produzca una removilización y un entierro, una vez que se identifiquen las costas contaminadas, se deben movilizar equipos de limpieza lo antes posible para recuperar sistemáticamente los gránulos de plástico. Cuando los recursos son limitados, se debe dar prioridad a las costas, en su mayoría altamente contaminadas, frente a los sitios menos contaminados. En cualquier caso, se debe dar prioridad a la recuperación de los gránulos de plástico que tienen más probabilidades de ser removilizados, por ejemplo los que se encuentran en la última marca de marea alta.

## Hábitats de manglares

Los manglares pueden constituir lugares naturales de deposición de la contaminación plástica, y el intrincado sistema de raíces puede actuar como una trampa eficaz para permitir que la contaminación se acumule (Figura 14). Además, estos hábitats se caracterizan por una baja energía hídrica y, por lo tanto, una vez que la contaminación queda atrapada en estos entornos, es poco probable que se removile excepto en caso de tormentas importantes.



**Figura 14:**Plástico preexistente y pellets de plástico de origen marítimo atrapados en manglares durante X-PRESS PEARL, Sri Lanka, 2021. Fuente: ITOFF

Los manglares son entornos particularmente sensibles y cualquier respuesta de limpieza debe evaluarse cuidadosamente para garantizar que las operaciones no dañen el hábitat. Se deben seguir los principios de NEBA, con consideraciones particulares sobre la presencia de desechos preexistentes y el riesgo de daños mayores al intentar retirar los gránulos de plástico.

Teniendo esto en cuenta, sólo se recomienda el uso de técnicas no invasivas en los manglares. Como ocurre con todas las operaciones en un manglar, se prefiere el acceso a la costa desde la parte trasera estable del manglar, para evitar dañar los sedimentos sensibles y la estructura de las raíces de los árboles.

Algunos métodos de recuperación pueden ser más aplicables que otros, como el uso de sistemas de vacío. Asimismo, para recuperar los gránulos de plástico se pueden aplicar técnicas de lavado e inundación a baja presión desde la parte posterior del manglar hasta la contención y recolección en la parte frontal del manglar. Siempre se deben realizar ensayos a pequeña escala para evaluar la eficacia caso por caso.

Como ocurre con todos los tipos de costa, es importante comprender una evaluación de los niveles de fondo de contaminación plástica en el manglar y la relativa sensibilidad y accesibilidad de las herramientas disponibles al evaluar la razonabilidad de emprender operaciones de limpieza.

Hasta la fecha, la recuperación de bolitas de plástico varadas en hábitats de manglares ha sido limitada y, por lo tanto, se podría esperar que las lecciones aprendidas se generen rápidamente en caso de que algún incidente futuro afecte este tipo de costa. Consulte la Sección 3.5.8 para obtener más detalles.

#### **defensas marítimas**

Se ha demostrado que varios diseños de defensas marinas (por ejemplo, escollera) atrapan los gránulos de plástico después de su liberación (Figura 15). Es probable que los gránulos de plástico penetren profundamente en la estructura a través de los espacios entre las rocas de las estructuras de hormigón. Estas estructuras hechas por el hombre son relativamente insensibles, por lo que permiten el uso de diversas técnicas; sin embargo, debido a los problemas de acceso, esto puede limitarse a recuperación manual, eliminación de vacío y técnicas de lavado e inundación a baja presión. Con esta última técnica, se deben implementar métodos adecuados de contención (por ejemplo, cercas) y recuperación (por ejemplo, redes de pala) para evitar que se escapen los gránulos de plástico.



**Figura 15:**Perdigón de plástico atrapado en sistemas de defensa marítima durante X-PRESS PEARL, Sri Lanka, 2021.  
Fuente: ITOFF

## **Otros tipos de costa**

Como se describió anteriormente, este documento se centra en las lecciones aprendidas de casos pasados. Por lo tanto, este documento no describe con todo detalle la aplicación de diferentes técnicas para una variedad de tipos de costa. Se espera que a medida que la industria evolucione, que más investigación y desarrollo se centren en esta área temática y que se produzcan más incidentes potenciales, este documento se actualice para reflejar estas experiencias.

### 3.5.4. Descripción general de los métodos de recuperación

Las técnicas disponibles para la recuperación de gránulos de plástico en la costa son a menudo rudimentarias y la industria actualmente carece de equipos sofisticados y dedicados. La naturaleza floreciente de la contaminación por pellets de plástico significa que la industria de respuesta a derrames no se ha beneficiado de las décadas de investigación y desarrollo disponibles para la respuesta a derrames de petróleo. Como consecuencia, los socorristas deben optimizar el uso de las herramientas disponibles en ese momento e improvisar según lo requiera la situación.

Las estrategias de recuperación deben seleccionarse con el objetivo de minimizar la cantidad de sedimentos, vegetación, fauna marina, etc., que se eliminan junto con los pellets de plástico. Esto es para:

- Reducir cualquier erosión costera adicional relacionada con las operaciones de limpieza;
- Reducir la perturbación del equilibrio ecológico del sitio, y;
- Minimizar el volumen de residuos a gestionar (ver Sección 3.7).

La separación de los gránulos de plástico de los sedimentos circundantes, la vegetación, etc. (ver Sección 3.7.1) debe realizarse lo más cerca posible del área de limpieza. Esto permite reponer el sedimento, idealmente del área de donde se eliminó.

Las técnicas actuales disponibles se pueden clasificar en manuales y mecánicas (ver Secciones 3.5.5 y 3.5.6). La orientación que se proporciona a continuación se basa en las lecciones aprendidas durante casos recientes y destaca las herramientas disponibles al momento de escribir este artículo. Los beneficios y limitaciones de las técnicas utilizadas en casos anteriores se pueden encontrar en la Sección 3.5.7.



### 3.5.5. Técnicas de recuperación manual.

La recuperación manual de gránulos de plástico de las costas afectadas ha sido la estrategia principal para las operaciones de limpieza hasta la fecha. La recuperación manual requiere mucha mano de obra y, a veces, requiere que cientos de personas recorran grandes zonas de la costa durante períodos prolongados. Los principales métodos de recuperación manual normalmente implican el uso de tamices (Figura 16 y Figura 17) y tromeles manuales (Figura 18), con el uso complementario de palas, rastrillos, cepillos y baldes, según sea necesario.

#### í. Tamices

Los tamices de madera de una sola capa (Figura 16) han demostrado una buena eficacia para eliminar los gránulos de plástico de las costas de sedimentos. Los tamices de madera pueden estar disponibles fácilmente (es decir, cribas de arroz) o construirse fácilmente. Sin embargo, el tamaño de la malla debe modificarse dependiendo del tamaño de los gránulos de plástico que se recuperan.



**Figura 16:** Tamiz de madera de una sola capa. Fuente: ITOPF

Anteriormente se han utilizado tamices de doble capa (Figura 17) para ayudar a separar los gránulos de plástico de otros desechos. Los tamices de doble capa constan de dos capas de malla de diferentes tamaños, lo que da como resultado una capa adicional de separación; Se utiliza principalmente en lugares con altos niveles de escombros en el fondo (naturales o antropogénicos).

#### í. Tromeles de mano

Un trómel, o tamiz giratorio, es un tamiz cilíndrico que se utiliza a menudo en la industria de los áridos. El material se introduce en el trómel y se clasifica por tamaño. Los trómeles consisten en un tambor cilíndrico perforado que se eleva en ángulo, con el extremo de alimentación en la parte superior (Figura 18). La criba cilíndrica puede constar de uno o más tamaños de malla, resultando un mayor número de cribas una mayor capacidad de clasificación. La malla más pequeña está situada cerca del extremo de alimentación, y el tamaño de la malla aumenta a lo largo del trómel. Esto da como resultado que el material de menor tamaño pase a través de las secciones anteriores y sea retenido, con grandes trozos de desechos que salen por el extremo más alejado del tambor. Dependiendo del tamaño de malla utilizado, se pueden utilizar tromeles manuales para separar artículos grandes de microplásticos o arena de gránulos de plástico.



**Figura 17:**Doble capa utilizada durante el incidente del XPRESS PEARL, Sri Lanka, 2021. Fuente: ITOPF



**Figura 18:**Un tromel de mano. Fuente: ITOPF

### 3.5.6. Técnicas de recuperación mecánica.

Hasta la fecha, los medios disponibles para recuperar mecánicamente los gránulos de plástico de las costas afectadas son limitados. A pesar de que se están llevando a cabo algunas investigaciones y desarrollos para crear métodos personalizados para recuperar gránulos de plástico, hasta ahora solo se han utilizado herramientas disponibles en el mercado y tecnología adaptada, con éxito variable, durante los recientes derrames de gránulos de plástico.

- i. aspiradoras



Se ha demostrado que los sistemas de vacío son relativamente eficaces para recuperar altas concentraciones de gránulos de plástico de la costa. Las aspiradoras de jardín disponibles en el mercado (Figura 19) se han utilizado en múltiples ocasiones para mejorar las tasas de recuperación de los gránulos de plástico. Estos suelen estar disponibles en ferreterías generales y pueden ser utilizados fácilmente por personal no capacitado. Sin embargo, como estas herramientas no están diseñadas para operar en costas arenosas ni para recuperar objetos duros (las aspiradoras de jardín están diseñadas originalmente para quitar hojas), la integridad estructural de los componentes internos puede deteriorarse rápidamente debido a la abrasión física o la corrosión (debido a a condiciones salinas). Además, deben adaptarse ligeramente (es decir, añadir filtros) para evitar la recuperación de otros fragmentos de macrodesechos. También vale la pena señalar que estas bombas de vacío requieren baterías y estaciones de carga adicionales cuando trabajan en costas remotas.



**Figura 19:** Unidades de recuperación de vacío. Fuente: ITOPF.

Otros sistemas de vacío industriales diseñados para la recuperación de petróleo también pueden adaptarse para la eliminación de gránulos de plástico. Los sistemas móviles y no móviles están ampliamente disponibles en los servicios públicos y el sector agrícola, así como en otras fuentes. Ambas variedades se pueden utilizar para recuperar grandes cantidades de pellets varados. Algunos tipos más grandes pueden enfrentar desafíos cuando el acceso es limitado. Del mismo modo, cuando las concentraciones de gránulos son bajas, la proporción de sedimento y gránulos de plástico que se recolectan puede hacer que estas herramientas se vuelvan redundantes.

## ii. Tromeles Mecánicos

De manera similar al método de usar tromeles manuales, este equipo se puede ampliar y montar en remolques y vehículos todo terreno (ATV) para aumentar la velocidad de procesamiento. Los tromeles mecánicos adoptan los mismos principios que los tromeles manuales pero están motorizados para reducir las demandas de mano de obra (Figura 20). Estos sistemas se pueden comprar disponibles en el mercado o construirse en el sitio si no están disponibles en el país. Debido al elemento mecánico de esta herramienta se pueden tamizar mayores cantidades de sedimento en un período de tiempo determinado en comparación con los tromeles manuales.



**Figura 20:**Tromeles mecánicos. Fuente: ITOPF.

### III. Cribas de mesa vibratoria

Los tamices o cribas de mesa vibratoria (Figura 21) siguen los mismos principios que los tamices manuales, con el beneficio adicional de estar mecanizados. Esta herramienta puede diseñarse como un sistema de detección de una o varias pilas según la ubicación, el tamaño de los gránulos de plástico, el tipo de sedimento y el nivel de desechos marinos preexistentes. Estos sistemas pueden construirse específicamente o adaptarse a partir de tecnología preexistente (por ejemplo, las utilizadas durante las actividades de clasificación industrial) y pueden utilizarse con buenos resultados. Al igual que los trommels manuales, este equipo se puede ampliar y montar en remolques y vehículos todo terreno para aumentar la movilidad y la velocidad de procesamiento.



**Figura 21:**Cribas mecánicas de mesa. Fuente: ITOPF

### IV. Limpiadores de playas

Los limpiadores de playas, o peinadores, son herramientas ampliamente disponibles diseñadas para eliminar la macrobasura de las playas (Figura 22). Este equipo se ve a menudo limpiando playas en destinos turísticos populares y puede ser arrastrado por un tractor, con operador a pie o autopropulsado. Dado que este equipo está diseñado para la recuperación de residuos de mayor tamaño, su eficacia es limitada cuando se emplea para la eliminación de gránulos de plástico. A pesar de su eficacia limitada, es posible que los gestores de derrames deseen consultar con los fabricantes para determinar si los modelos pueden adaptarse con una malla más fina para recuperar el microplástico. Sin embargo, si están disponibles, los limpiadores de playa sólo pueden ser adecuados en zonas anchas y



Playas planas de arena seca y buen acceso. En playas con altos niveles de otros macrodesechos (por ejemplo, plástico, cocos u otros desechos orgánicos) que pueden impedir los esfuerzos de limpieza, los limpiadores de playas pueden ser una herramienta útil para un barrido preliminar de un sitio afectado.



**Figura 22:**Diferentes tipos de limpiaplayas. A) conductor a pie; B) tractor tirado. Fuente: ITOFF.

#### V. Excavadoras mecánicas

Se puede utilizar alguna maquinaria pesada, como topadoras y excavadoras, para eliminar el plástico del sedimento cercano a la superficie. Se puede emplear la excavación mecánica para retirar rápidamente grandes cantidades de gránulos de plástico de la costa, lo que puede resultar útil cuando la removilización es una preocupación particular. Este método es más aplicable a playas arenosas con buenos puntos de acceso a la costa para el equipo pesado. Sin embargo, la excavación mecánica puede producir grandes cantidades de desechos adicionales, debido a la baja selectividad inherente y la alta probabilidad de mezclar gránulos de plástico con sustrato que de otro modo no estaría contaminado.

Como consecuencia, esta técnica se utiliza mejor en combinación con un método de separación secundaria, preferiblemente *en el lugar* antes del traslado a las instalaciones de almacenamiento de residuos. Técnicas encaminadas a mejorar *en el lugar* la selectividad puede incluir la transferencia manual de gránulos de plástico a la maquinaria pesada que ayuda a la recuperación. Alternativamente, se puede utilizar la separación de agua en el sitio para separar los gránulos de plástico de los sedimentos y otros desechos (consulte la Sección 3.7.1). Se debe considerar la cantidad de sustrato "limpio" que se elimina para minimizar los procesos costeros perturbadores y la alteración significativa del perfil de la costa.

#### VI. Sistemas de lavado e inundación.

En algunas circunstancias, el uso de técnicas de lavado e inundación (Figura 23), similares a las empleadas para removilizar el petróleo enterrado en sedimentos, podría adaptarse para recuperar gránulos de plástico. Hay varias maneras de lograr esto, por ejemplo, usando lanzas de inundación o lavado de alto volumen y baja presión o utilizando arroyos naturales con trampas artificiales para movilizar y recuperar pellets.

El uso de presión de agua en estos casos puede ayudar a movilizar los pellets livianos y permitir su contención en trampas de malla, barreras o similares, luego de lo cual se pueden recuperar mediante tamices manuales. Sin embargo, la experiencia con estas técnicas ha indicado que también se pueden recolectar muchos otros desechos livianos utilizando estos métodos, que pueden saturar rápidamente el equipo de contención y requerir una segregación adicional del material recuperado.

En un incidente anterior en Noruega, se utilizó una corriente natural en una prueba para recuperar gránulos de plástico con buenos resultados en un área relativamente grande, aunque el método requería mucha mano de obra y requería el uso de equipos mecánicos, como excavadoras, para mover la contaminación.



sedimento para lavado (Figura 24). Este método también puede afectar los procesos físicos en la playa si se eliminan grandes cantidades de sedimentos.



**Figura 24:**Contención y recuperación mediante arroyo natural. Fuente: ANC

### 3.5.7. Beneficios versus limitaciones de las técnicas de limpieza

Se pueden emplear una variedad de técnicas para recuperar gránulos del medio ambiente. Muchas de estas técnicas se han utilizado en operaciones de respuesta recientes y la Tabla 4 resume algunos de los principales beneficios y limitaciones de estos métodos.

**Tabla 4:** Beneficios y limitaciones de las herramientas de recuperación probadas en campo

Recuperación Herramienta	Beneficios	Limitaciones	Selectividad
<b>Métodos manuales</b>			
Tamices	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácilmente disponible y barato de fabricar si no está disponible,</li> <li>No se requiere entrenamiento,</li> <li>Fácil de mantener o arreglar si está roto,</li> <li>Efectivo en la mayoría de los sedimentos,</li> <li>Altamente selectivo (dependiente del tamaño de la malla),</li> <li>Fácil de transportar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La eficacia puede reducirse en sedimentos húmedos,</li> <li>Puede romperse fácilmente si no se mantiene adecuadamente.</li> <li>Los tamices de doble capa pueden resultar pesados de transportar y engorrosos,</li> <li>Gran necesidad de recursos tanto para el equipo como para el personal.</li> <li>Puede ser físicamente exigente para la fuerza laboral,</li> <li>Puede ser un proceso lento para recuperar los pellets distribuidos en un área amplia.</li> </ul>	Alto
Mano trómeles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliamente disponible y barato de fabricar si no está disponible,</li> <li>Fácil de mantener o arreglar si está roto,</li> <li>Efectivo en la mayoría de los sedimentos,</li> <li>Altamente selectivo (dependiente del tamaño de la malla),</li> <li>Puede procesar grandes cantidades de desechos con relativa rapidez,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La eficacia puede reducirse en sedimentos húmedos,</li> <li>Algunos tienen movilidad limitada (por ejemplo, tromeles sin ruedas)</li> <li>A veces pesado y difícil de maniobrar,</li> <li>Menos favorecidos que los tamices manuales más móviles,</li> </ul>	Alto
<b>Métodos mecánicos</b>			
Vacío sistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bueno para la recuperación de superficie en ciertos sedimentos,</li> <li>Equipos fácilmente disponibles (por ejemplo, de servicios públicos y agricultura) que necesitan adaptaciones menores,</li> <li>La variedad de tipos (mochila, con ruedas, camión o remolque) permite flexibilidad de uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las aspiradoras montadas en mochilas pueden resultar laboriosas de transportar durante largos períodos de tiempo,</li> <li>Potencial de que la contaminación acústica perturbe la vida silvestre en hábitats sensibles.</li> <li>Puede romperse fácilmente si no se mantiene adecuadamente.</li> <li>Potencial de bloqueos en áreas con altos niveles de otros macrodesechos,</li> </ul>	Moderado

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las variedades de mochilas se pueden desplegar rápidamente y son fáciles de maniobrar.</li> <li>No se requiere entrenamiento,</li> <li>Los camiones de vacío proporcionan vacío, almacenamiento temporal y transporte en un solo sistema.</li> <li>Eficaz para recuperar gránulos de plástico en grandes concentraciones,</li> <li>Más eficaz cuando los gránulos se encuentran en altas concentraciones sobre superficies duras (por ejemplo, arena mojada o costas rocosas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere suministro de energía para mantener las operaciones,</li> <li>Se requiere buen acceso para el despliegue de camiones aspiradores,</li> <li>Menos eficaz para concentraciones más bajas de gránulos; Puede recuperar grandes cantidades de arena en condiciones secas.</li> </ul>	
Mecánico trómeles vibrando / mesas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los trommels mecánicos pueden reducir el esfuerzo laboral de los métodos manuales,</li> <li>Altamente selectivo (dependiente del tamaño de la malla),</li> <li>Se puede montar en vehículos para facilitar el transporte.</li> <li>Ampliamente disponible para fines industriales o puede fabricarse rápidamente si es necesario.</li> <li>Altamente eficaz en sedimentos secos,</li> <li>Los trómeles mecánicos podrían utilizarse como técnica de separación secundaria de residuos en el sitio o en las instalaciones de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere acceso para vehículos y terreno adecuado,</li> <li>Requiere sedimento adecuado,</li> <li>Requiere encontrar un fabricante o proveedor adecuado en el país,</li> <li>Actualmente no es un equipo almacenado para uso global en respuesta a derrames.</li> </ul>	Alto
Playa limpiadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácilmente disponibles,</li> <li>menos laborioso,</li> <li>A menudo pueden cubrir áreas costeras más grandes en un tiempo determinado que las técnicas manuales,</li> <li>Se puede aplicar para recuperar otros macrodesechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalmente requiere adaptación para que sea adecuado para la recuperación de pellets de plástico.</li> <li>Caro,</li> <li>Requiere formación específica,</li> <li>Relativamente lento en terrenos desafiantes,</li> <li>Mala selectividad</li> <li>Eficiencia reducida en playas con altos niveles de escombros de fondo y grandes pendientes costeras.</li> </ul>	Bajo
Mecánico excavadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se puede utilizar para retirar rápidamente grandes cantidades de pellets de la costa para evitar su removilización.</li> <li>Capaz de mover grandes cantidades de pellets recuperados en un área grande,</li> <li>Combinado con técnicas de clasificación manual para acelerar la eliminación de los pellets recuperados de la zona costera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una mala selectividad puede dar lugar a la generación de grandes cantidades de residuos adicionales,</li> <li>Requiere segregación secundaria de desechos, lo que puede agregar tiempo y costo a las operaciones.</li> <li>No es tan selectivo, por lo que requiere capacitación adicional del operador antes de iniciar las operaciones.</li> <li>Gestión cuidadosa de las operaciones para no alterar el perfil de playa de la costa,</li> </ul>	Bajo a Moderado

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe utilizarse en costas sensibles como marismas</li> </ul>	
Enrojecimiento y inundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialmente aplicable a una amplia variedad de costas (por ejemplo, costas arenosas y rocosas, manglares, escolleras),</li> <li>• Los equipos de respuesta a derrames de petróleo están fácilmente disponibles,</li> <li>• Puede utilizar suministros de agua naturales,</li> <li>• Alta selectividad en áreas con bajos niveles de fondo de otros desechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere suministro constante de agua; a veces difícil en condiciones de mar agitado.</li> <li>• Los métodos de contención y recuperación deben ser sólidos,</li> <li>• Requiere personal capacitado y buena planificación,</li> <li>• Menor selectividad en áreas con altos niveles de desechos de fondo naturales y antropogénicos.</li> </ul>	Moderado - alto

### 3.5.8. Matriz método-eficacia de recuperación

El método de recuperación más adecuado para los derrames de pellets de plástico está determinado en gran medida por el tipo de costa. A través de la experiencia adquirida hasta la fecha con derrames de pellets de plástico, la Tabla 5 proporciona orientación general sobre técnicas de recuperación adecuadas según el tipo de costa. Sin embargo, los ensayos siempre deben realizarse con el equipo disponible para comprender los métodos más adecuados caso por caso, y la siguiente lista no pretende ser tomada textualmente ni exhaustiva.

Hay advertencias sobre la siguiente matriz. Por ejemplo, en playas de arena dura, compactada y húmeda, aspirar puede ser un método posible para recuperar los pellets. Sin embargo, en sedimentos arenosos secos y blandos, las bombas de vacío pueden recuperar grandes proporciones de sedimentos y gránulos, lo que lo convierte en un método inadecuado en este caso.

La siguiente tabla está adaptada de una guía de campo costera desarrollada por el Grupo de Trabajo sobre Contaminación Plástica de la Asociación de Derrames del Reino Unido e Irlanda, además de una tabla similar desarrollada por la NCA en su informe TRANS CARRIER.<sup>32</sup>

**Tabla 5:** Matriz de técnicas de recuperación en diferentes litorales

Recuperación técnicas	Expuesto costas rocosas (supratidal)	Playa de arena	Grava playa	escollera estructuras	Expuesto arena de marea pisos	Marismas	Manglares
Manual (usando tamices y mano trómeles)	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
Sistemas de vacío	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
Mecánico trómel	Red	Green	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow
niveladora de playa	Red	Green	Red	Red	Yellow	Red	Red
Mecánico excavación	Red	Green	Green	Red	Red	Red	Red
Enrojecimiento y inundación	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green

Green	Método adecuado
Yellow	Posible método
Red	Método inadecuado



### 3.6. Puntos finales de limpieza

Los puntos finales de la limpieza de la costa son los criterios específicos asignados durante una respuesta para establecer un punto en el que se ha completado el esfuerzo de tratamiento suficiente para devolver el área afectada a un estado de limpieza aceptable para todas las partes. Los puntos finales influyen en la elección de estrategias de respuesta, establecen un objetivo para los equipos de limpieza y son un estándar con el que se puede hacer referencia al progreso de las operaciones para que se pueda lograr la terminación.<sup>33</sup>

La definición de los puntos finales suele realizarse caso por caso para los derrames de petróleo, y no existen normas internacionales. Sin embargo, dentro de la comunidad de derrames de petróleo, los puntos finales de la limpieza generalmente se conocen bien tras décadas de aplicación. Por el contrario, definir los puntos finales después de los derrames de gránulos de plástico puede ser un desafío ya que varios factores influyen en la definición de estos objetivos de limpieza. Algunos de estos factores se enumeran brevemente a continuación:

- **Sensibilidad de la costa:** se debe realizar una evaluación de los impactos o el riesgo de impactos de los gránulos de plástico en un sistema en particular, en comparación con los impactos potenciales de una limpieza prolongada. Por ejemplo, ¿el riesgo de recuperar pellets dentro de un sistema de manglares supera los impactos potenciales de que esos pellets se dejen *en el lugar*? ¿Podría considerarse un enfoque alternativo para minimizar cualquier perturbación ambiental y/o socioeconómica adicional en lugares sensibles?
- **Removilización:** Los gránulos de plástico pueden quedar enterrados estacionalmente y luego expuestos, lo que resulta en una recontaminación continua. Los pellets permanecen muy móviles durante un incidente de derrame, lo que hace que la situación sea dinámica.
- **Contaminación de fondo:** Los puntos finales deben determinarse dentro del contexto del entorno local, incluida la presencia de otros desechos plásticos preexistentes. Al determinar los puntos finales se debe tener en cuenta la amenaza que los gránulos residuales podrían tener para el medio ambiente, en comparación con otros plásticos no relacionados con los buques. Una vez que se completa la eliminación masiva de gránulos de plástico, y si los eventos de recarga posteriores son pequeños, realizar actividades prolongadas de limpieza de la costa podría considerarse poco razonable si la contaminación costera preexistente es alta.
- **Contaminación crónica por pellets de plástico:** Los gránulos de plástico son omnipresentes en el medio marino y, procedentes de diversas fuentes, se encuentran en las costas de todo el mundo. Las áreas que experimentan varamientos crónicos fuera del incidente específico pueden requerir puntos finales únicos para tener en cuenta varamientos posteriores de perdigones no relacionados con el incidente.
- **Impactos ambientales:** Los impactos potenciales de la contaminación plástica en el medio ambiente han sido documentados en la literatura científica, pero los impactos agudos y crónicos de las pérdidas catastróficas de gránulos de plástico son menos claros, lo que dificulta la definición de puntos finales adecuados.
- **Toxicidad:** la mayoría de los polímeros plásticos son inherentemente inertes y, en su estado original, representan poca amenaza toxicológica para los seres humanos o el medio ambiente. Sin embargo, existe la posibilidad de que los gránulos de plástico alteren su composición física y química, así como que absorban los contaminantes circundantes del medio ambiente. Por lo tanto, si las pruebas de toxicidad indican que los gránulos de plástico derramados pueden causar un daño significativo debido a estas nuevas propiedades, los criterios de valoración deben adaptarse para reflejar este riesgo de impacto.
- **Persistencia:** los plásticos están diseñados para ser bioquímicamente inertes y, por lo tanto, no se biodegradan en el medio ambiente, desintegrándose principalmente mediante degradación foto y mecánica. Una vez perdido en el medio marino, cualquier plástico residual permanecerá durante un período de tiempo significativo, del orden de decenas y cientos de años, lo que afectará las consideraciones de punto final.
- **Consideraciones de sostenibilidad:** El uso de NEBA para determinar puntos finales también se puede utilizar para considerar los impactos ambientales más amplios de las operaciones de limpieza, como el consumo de recursos o las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con las actividades operativas diarias. Por ejemplo, el impacto global de las emisiones de GEI asociadas

con la operación de equipo pesado, o la movilización y alojamiento de un gran número de trabajadores, pueden compensar el impacto ambiental local de pequeñas cantidades de pellets de plástico que permanecen en la costa.

- **Eliminación de peso neto:** Un uso más eficiente del tiempo y los recursos, y por lo tanto más sostenible desde el punto de vista ambiental, puede ser la recolección de una cantidad previamente acordada de basura marina que incluya tanto los macroplásticos existentes como los gránulos de plástico derramados, en lugar de llevar a cabo una limpieza prolongada. que busca eliminar solo una pequeña concentración de contaminación de pellets de plástico.

### 3.6.1. Enfoques prácticos para definir puntos finales

Los principios aplicados en el contexto de los derrames de petróleo se pueden seguir al discutir los puntos finales para los derrames de pellets de plástico:

#### i. Observaciones cualitativas

Este tipo de observación se puede utilizar para describir la presencia o ausencia de bolitas de plástico en una costa determinada. Definir este tipo de punto final es relativamente sencillo y rápido de establecer. Por ejemplo, un punto final cualitativo definido para una ubicación determinada podría ser que no se observen macropiezas (>5 mm) de gránulos de plástico quemados.

#### ii. Medidas cuantitativas

Este tipo de enfoque se basa en mediciones cuantitativas, por ejemplo, la cantidad de gránulos de plástico encontrados en un lugar determinado, según los métodos descritos en la Sección 3.3.3. Alternativamente, se podría aplicar un criterio de valoración cuantitativo basado en un porcentaje de recuperación a lo largo de toda la respuesta (por ejemplo, se recupera el 70 % de la carga total perdida). Este ejemplo necesitaría considerar la ley de rendimientos decrecientes y que sería imposible recuperar el 100% de la carga perdida. La ley de rendimientos decrecientes considera el peso recaudado por persona por hora o día en lugares específicos. Con el tiempo, este método se puede utilizar para determinar la efectividad de las operaciones de limpieza y el progreso de una respuesta. Cuando el peso recolectado por persona disminuye con el tiempo, se puede finalizar la limpieza en un sitio específico y los equipos pueden desplegarse en sitios alternativos o desmovilizarse del incidente. Para aplicar con precisión la ley de rendimientos decrecientes a un incidente, es necesario llevar un registro adecuado de los rendimientos de recuperación desde el principio (ver Sección 3.2.1).

La asignación de una cifra porcentual de recuperación también debe tener en cuenta la apariencia cualitativa de los gránulos en la costa, la toxicidad potencial del plástico, la presencia de otros plásticos preexistentes (incluidos los gránulos) en la costa y los objetivos de sostenibilidad ambiental (ESG).

#### III. Métodos interpretativos de evaluación de impacto

Este método de determinación del punto final se basa en la evaluación de los impactos o del riesgo de impactos en el medio ambiente. Esto incluirá factores ambientales, sociales, económicos y/o culturales. Tras la eliminación masiva de gránulos de plástico, este enfoque podría abordar preocupaciones como:

- ¿Los pellets restantes probablemente tendrían un impacto ambiental o socioeconómico inaceptable?
- ¿La prolongada recuperación de pellets de plástico causará mayores impactos ambientales?
- ¿Son excesivos los costos de la limpieza continua en relación con la amenaza potencial de los pellets al medio ambiente o los beneficios percibidos de una eliminación completa?
- En el contexto de ESG, ¿es sostenible la eliminación continua de pellets de plástico?



Según las experiencias adquiridas hasta la fecha, este enfoque suele ser la opción más adecuada. Se han desarrollado diferentes métodos, pero todos generalmente tienen el mismo objetivo. Algunos ejemplos incluyen:

- Tan bajo como sea razonablemente práctico (ALARP)
- Nivel más bajo practicable de contaminación (LPLC)
- Análisis de beneficio ambiental neto (NEBA)
- Evaluación de mitigación del impacto de derrames (SIMA)

Una vez que se han definido los puntos finales, es importante garantizar un entendimiento común entre los tomadores de decisiones y las partes interesadas relevantes, ya que la interpretación de dichos puntos finales puede variar de un individuo a otro. Por lo tanto, durante todo el proceso de definición de puntos finales, se recomienda realizar estudios costeros conjuntos y periódicos para mantener una buena calibración entre todas las partes interesadas relevantes.

### 3.7. Gestión de residuos

De manera similar, a las estrategias de limpieza que involucran contaminantes como el petróleo, cualquier estrategia de limpieza que involucre pellets de plástico debe tener en cuenta el objetivo de reducir y segregar los residuos generados. Durante las primeras etapas de una respuesta de emergencia, la gestión de sitios de almacenamiento temporal adecuados es vital en espera de la posterior transferencia y eliminación final de los residuos.<sup>34</sup>(Figura 25), y las operaciones de respuesta con pellets de plástico no son una excepción. Al igual que con las operaciones de respuesta a derrames de petróleo, una buena gestión de residuos puede fácilmente pasarse por alto durante una emergencia, pero, no obstante, es crucial para una operación de respuesta eficiente y eficaz. La Figura 26 muestra la jerarquía de residuos para asesorar sobre cómo se puede reducir la cantidad producida durante un incidente.

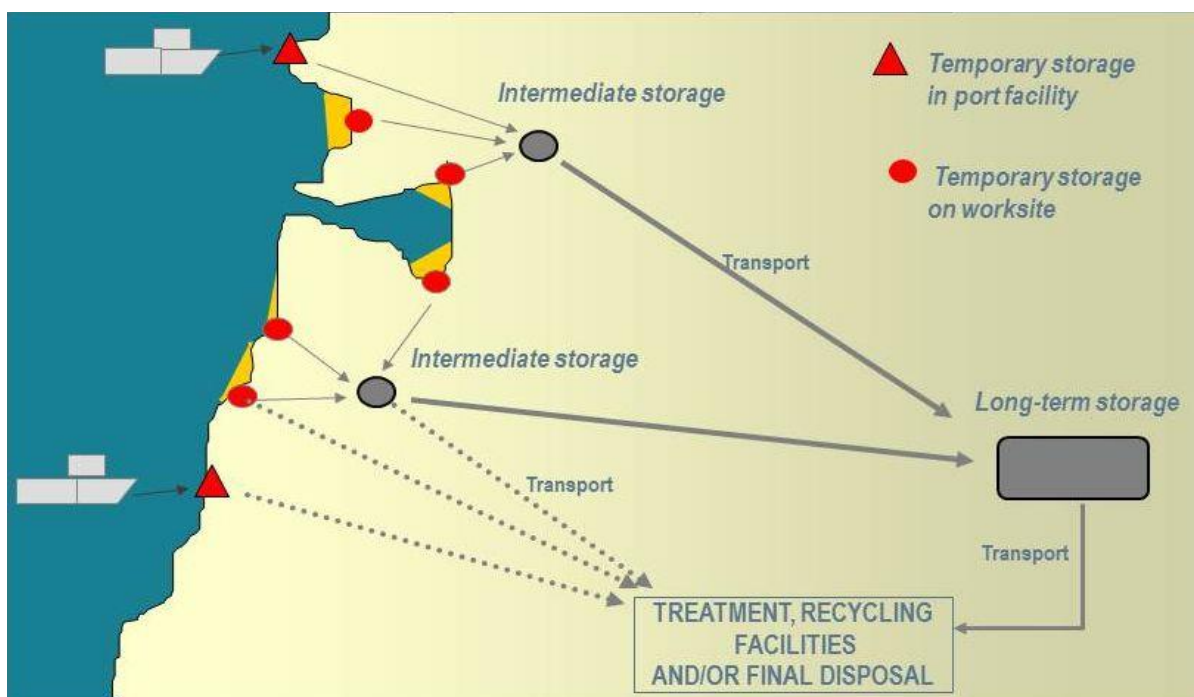


Figura 25: Opciones de almacenamiento y transporte de residuos entre los sitios del derrame y su tratamiento o eliminación en instalaciones<sup>34</sup>.



**Figura 26:** La jerarquía de residuos<sup>35</sup>

Una posible complicación notable cuando se trata específicamente de desechos generados por un incidente con perdigones de plástico es la necesidad de comprender si los perdigones derramados están clasificados como SNP. Las pérdidas catastróficas de pellets de plástico han coincidido con pérdidas de una variedad de sustancias químicas y productos transportados por los buques, así como con incendios de embarcaciones. Estos factores pueden hacer que los gránulos de plástico inerte cambien su composición química y física. Es posible que sea necesario realizar análisis químicos con carácter prioritario para comprender las propiedades de los gránulos después del derrame en tales casos.

Los resultados de la evaluación química deben informar la caracterización de los residuos plásticos como peligrosos o no peligrosos, con base en los estándares de la legislación local. Si se determina que es peligroso, es posible que sea necesario realizar pruebas adicionales de criterios de desechos (por ejemplo, análisis de lixiviados) para determinar el método de eliminación apropiado. Si se determina que no son peligrosos, se debe priorizar el potencial de reutilización y reciclaje de los residuos plásticos.

### 3.7.1. Separación y minimización de residuos

La minimización de residuos es necesaria para reducir la eliminación excesiva de sedimentos no contaminados. La eliminación excesiva de sedimentos de la costa podría acelerar los procesos de erosión costera y, además, aumentar el volumen de material de desecho, lo que normalmente genera un aumento de los costos. Es posible que los costos excesivos e irrazonables generados debido a una mala gestión de residuos no siempre califiquen para un reembolso por parte de la parte responsable (consulte la Sección 5.4).

A medida que la operación de limpieza avanza hacia su finalización, la cantidad de gránulos de plástico recuperados tiende a disminuir en comparación con la cantidad de sedimento recolectado. Durante el incidente del X-PRESS PEARL, se observó que un número sustancial de bolsas contenían una gran proporción de sedimento (Figura 27). En estos casos, se deben emplear técnicas de separación después de la recuperación inicial. Si bien los desechos se pueden separar en el sitio y/o en una etapa posterior en los sitios de almacenamiento de desechos, la separación se realiza mejor *en el lugar*. Minimizar el transporte, almacenamiento y posible eliminación innecesarios de sedimentos no contaminados.<sup>36</sup>



**Figura 27:** Evolución de la composición de los residuos durante la operación de limpieza tras el incidente del X-PRESS PEARL. A la izquierda, el contenido de las bolsas recogidas al inicio de las operaciones de limpieza, y a la derecha, como resultado de la recolección después de varias semanas. Fuente: ITOPF

Los procesos tempranos de separación in situ pueden ayudar a prevenir cuellos de botella en la respuesta, además de ayudar a minimizar la cantidad de residuos producidos y permitir el posible reciclaje de los materiales separados. Las prácticas comunes de separación de desechos aplicadas durante incidentes de derrames de petróleo pueden replicarse para derrames de gránulos de plástico.

La segregación de residuos se puede realizar mediante:

**i.** Filtración por tamaño

La filtración por tamaño podría llevarse a cabo utilizando trómeles a escala industrial (Figura 20). Estos funcionan mecánicamente y pueden procesar eficazmente grandes cantidades de residuos de forma continua. Los métodos alternativos incluyen tamices de arena a escala industrial. En ambos casos, los dispositivos pueden fabricarse, alquilarse o comprarse si están disponibles. El uso exitoso de este equipo depende en gran medida del tamaño de grano de la arena, es decir, debe haber una diferencia significativa en el tamaño de grano entre la arena y los pellets de plástico.

**ii.** Separación de densidad

La separación por densidad utiliza agua para hacer flotar los gránulos de plástico lejos de los sedimentos más densos (Figura 28). Se recomienda realizar esta técnica *en el lugar* que es importante considerar el destino del agua descargada y los sedimentos tratados con este método. Los sedimentos residuales y el agua después de este proceso pueden contener otros microplásticos o nanoplasticos. Si el sistema se ubica in situ, el agua y la arena se pueden reintroducir en el medio marino, permitiendo una reducción significativa de los residuos y minimizando los impactos en los procesos de erosión. Si los gránulos de plástico se consideran peligrosos, se puede considerar realizar pruebas de los productos residuales (es decir, sedimentos y agua) antes de su reintroducción.

### 3.7.2. Contaminación secundaria

Los procesos de recolección, transporte y almacenamiento deben organizarse para evitar la contaminación secundaria por pérdida accidental de partículas (

Cifra29).

Puede ocurrir contaminación secundaria durante las operaciones de limpieza, particularmente durante el transporte y almacenamiento del material recuperado. Por lo general, durante las operaciones de limpieza en una playa, el material recuperado se recolecta en bolsas que se apilan en pequeños montones en el punto de recolección y luego se transportan a mano o con equipo pesado (excavadoras, remolques) a un sitio de almacenamiento intermedio ubicado en la parte trasera de la playa. Si los contenedores que se utilizan son frágiles, pueden verse comprometidos durante la manipulación, provocando que los pellets recuperados vuelvan a contaminar las áreas.



La contaminación secundaria puede ser un problema importante y causar consecuencias adicionales en términos de tiempo y costos para la operación de respuesta.



**Figura 28:**Proceso de separación y clasificación por densidad. A) separación por densidad; B) tamizado; C) eliminación; D) clasificación manual adicional. Fuente: ITOPF.



**Figura 29:**Contaminación secundaria observada durante el incidente del X-PRESS PEARL. Fuente: ITOFF.

La contaminación secundaria se puede evitar tomando algunas precauciones, por ejemplo:

- Garantizar el uso de un almacenamiento adecuado y resistente, doble embolsado en los casos en que se ponga en duda la robustez;
- Proteger las áreas de almacenamiento temporal colocando una lona/geotextil o equivalente debajo de los contenedores de almacenamiento;
- Evite llenar en exceso los contenedores de almacenamiento (es decir, bolsas), evitando así desgarros, pero también ayudando a la manipulación manual y reduciendo la probabilidad de que las bolsas se caigan, y;
- Mejorar el manejo y transporte de bolsas de almacenamiento, particularmente desde la costa hasta el punto de recolección de desechos (por ejemplo, usar carretillas para el transporte); por ejemplo, colocando bolsas pequeñas llenas individualmente en bolsas más robustas de 1 tonelada (a granel).

### 3.7.3. Consideraciones sobre el almacenamiento de residuos

En algunos casos, particularmente después de la fase de emergencia, grandes cantidades de desechos limpios y descartados pueden requerir un almacenamiento temporal a mediano o largo plazo antes de su clasificación y eliminación (Figura 30). Esto puede provocar que queden grandes cantidades de desechos orgánicos *en el lugar* en espacios cerrados durante largos periodos de tiempo.



**Figura 30:**Almacenamiento de residuos a largo plazo de material recuperado durante el incidente X-PRESS PEARL, Sri Lanka 2021.

En las condiciones adecuadas, la descomposición microbiana de esta materia orgánica puede conducir potencialmente a la producción de gases, incluido el sulfuro de hidrógeno. Además, tras un incidente en el que la composición de los gránulos de plástico haya cambiado (por ejemplo, durante la combustión) o en el que



Puede haber ocurrido una interacción con otra sustancia, se debe tener en cuenta al identificar espacios de almacenamiento adecuados para sustancias potencialmente peligrosas. Lo ideal sería elegir unidades de almacenamiento grandes y bien ventiladas para evitar cuellos de botella y la acumulación de gases potencialmente nocivos, respectivamente. En el caso de que se hayan utilizado unidades de almacenamiento mal ventiladas para almacenar temporalmente los desechos recuperados, se debe realizar un monitoreo apropiado de gases de manera regular para evaluar la concentración de gases potencialmente dañinos (Figura 31).



**Figura 31:**Monitoreo de gases dentro de contenedores de almacenamiento temporal durante XPRESS PEARL, 2021.  
Fuente: OSRL.

### 3.8. Participación voluntaria y pública.

Dado que la contaminación plástica es omnipresente, algunos Estados han creado organizaciones de voluntarios para limpiar las costas. Estas organizaciones de voluntarios pueden aprovecharse durante un incidente de derrame catastrófico. Es probable que estos voluntarios tengan un buen conocimiento local de la costa y tengan buena práctica en métodos de recuperación de la contaminación plástica, aunque esto puede centrarse en macroplásticos en lugar de gránulos de plástico. Es probable que las organizaciones cuenten con protocolos y habilidades de salud y seguridad preexistentes que puedan adaptarse al incidente del derrame.

Además de contribuir a las operaciones de recuperación, estas organizaciones de voluntarios pueden utilizar su conocimiento local de la costa para realizar estudios de manera rápida y eficiente para evaluar el nivel y el alcance de la contaminación durante una respuesta. Las encuestas pueden requerir mucha mano de obra y, por lo tanto, utilizar voluntarios experimentados para esta tarea puede ayudar en la respuesta, especialmente cuando el tiempo es esencial. En algunos casos anteriores, las autoridades han utilizado la ciencia ciudadana para mapear la presencia o ausencia de bolitas de plástico en la costa. Sin embargo, este método puede generar una afluencia abrumadora de datos sin filtrar, que deben ordenarse y priorizarse.

La conciencia pública sobre la contaminación plástica está bien establecida. Una respuesta puede utilizar esta concientización y participación, por ejemplo, colocando contenedores de desechos en puntos de acceso público para alentar al público a recolectar bolitas de plástico durante sus actividades en la costa. Para aumentar la participación del público se pueden utilizar otros programas de incentivos, como recompensas financieras por el peso de los gránulos de plástico recuperados, o una lotería entre quienes recuperen los gránulos de plástico para obtener un premio.



## 4. Monitoreo y análisis posterior al derrame

Se pueden realizar monitoreos y análisis posteriores al derrame para cumplir una serie de objetivos. Estos normalmente incluyen: 1) identificación de la fuente de contaminación, 2) suministro de datos y evidencia para informar la evaluación del impacto posterior al derrame y 3) suministro de datos y evidencia para informar sobre las tasas de progreso/recuperación hacia los puntos finales. Si bien el enfoque para el monitoreo y la evaluación posterior a los derrames está relativamente bien establecido para los derrames de petróleo, la ciencia que respalda el monitoreo posterior a los derrames de gránulos de plástico está menos madura. Sin embargo, está creciendo la base de conocimientos sobre los enfoques analíticos y de seguimiento de las "mejores prácticas" tras los derrames de contaminantes emergentes, incluidos los plásticos. Estos se resumirán en la siguiente sección.

Si bien los métodos para la recolección y análisis de muestras serán específicos del contaminante en cuestión (en este caso, bolitas de plástico), el enfoque general para el diseño de la encuesta de seguimiento seguirá principios comunes. Se pueden encontrar más detalles en varias fuentes de referencia.<sup>37,38</sup> pero los principios generales están respaldados por un diseño de estudio Antes – Después – Control – Impacto (BACI), mediante el cual los resultados del monitoreo posterior al derrame se comparan con los datos de referencia previos al derrame (de las mismas estaciones de muestreo) y/o los datos recopilados de estaciones de referencia no impactadas ( que tienen características ambientales similares al área impactada). Los datos de series temporales generados utilizando un diseño BACI serán útiles para evaluar tanto los impactos ambientales potenciales como las tasas de recuperación posteriores hacia los puntos finales.

Después de un derrame importante de gránulos de plástico, a menudo será necesario monitorear su presencia y concentración en una variedad de compartimentos ambientales. Estos típicamente incluyen: 1) Agua – áreas costa afuera y costeras, agua superficial y columna de agua, 2) Sedimentos – intermareal y submareal y 3) Biota – por ejemplo, peces y mariscos. Para optimizar el uso de los datos de seguimiento disponibles (a menudo recopilados por una variedad de organizaciones, incluidos departamentos/agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG), universidades y otros institutos académicos), es importante establecer una recopilación de datos científicamente sólida y consistente. protocolos, incorporando así los principios de "recoger una vez, utilizar muchas veces", como parte del programa de seguimiento.

### 4.1. Recolección y preparación de muestras

El enfoque para la recolección, manipulación y almacenamiento de muestras diferirá según el compartimento ambiental o la matriz de la que se esté tomando la muestra.<sup>39</sup> También se han desarrollado enfoques de muestreo para facilitar la participación de la "ciencia ciudadana" en la recopilación de datos antes y después del derrame.<sup>29</sup> A continuación se proporciona un breve resumen de los enfoques de "mejores prácticas" para el muestreo:

#### Agua

Puede ser necesaria la recolección de muestras de la superficie del agua y/o de la columna de agua cuando exista interés en la probabilidad (y los impactos) de posibles interacciones entre los gránulos de plástico y los organismos pelágicos. El muestreo de agua se puede llevar a cabo utilizando una variedad de enfoques, incluido el uso de botellas (por ejemplo, niskin) o bombas (por ejemplo, para tomar muestras de grandes volúmenes de agua). Alternativamente, se puede muestrear la biota marina pelágica (por ejemplo, plancton) como indicador de las condiciones ambientales del agua utilizando, por ejemplo, redes de arrastre de neuston o manta o redes para plancton. Cada una de las opciones tiene ventajas y desventajas y se detallan en varias fuentes bibliográficas.<sup>39,40</sup>

#### Sedimento

Los enfoques para el muestreo de sedimentos variarán dependiendo de la ubicación del sedimento (por ejemplo, playas costeras, intermareales o submareales).<sup>40</sup> Para playas y sedimentos intermareales, las palas y núcleos son efectivos y pueden usarse para muestreo cualitativo o cuantitativo. Para el muestreo de sedimentos submareales, se encuentran disponibles una variedad de cucharas o sondas (desplegadas desde un barco o mediante buceo). Sin embargo, hay una serie de cosas a considerar al seleccionar un dispositivo de agarre o de extracción de muestras, como por ejemplo si la superficie del sedimento de la muestra permanece intacta al recuperarse el gancho (por ejemplo, es importante cuando la "disponibilidad" de contaminantes para los habitantes/alimentadores del fondo es de

interés) o la profundidad de penetración del sacatestigos (por ejemplo, cuando se requiere un perfil de sedimentos para análisis de series temporales).

## Biota

Por lo general, se toman muestras de pescado para detectar la presencia de gránulos de plástico y microplásticos. Existen varios métodos para procesar muestras de biota en busca de contenido de microplásticos, según los tejidos objetivo, el tamaño del organismo y el objetivo del estudio.<sup>40</sup> En general, los protocolos ampliamente aplicados incluyen la extirpación de los tractos gastrointestinales (TGI) mediante disección (Figura 32).**¡Error! Fuente de referencia no encontrada.** Luego, los TGI se disuelven, se filtran y los elementos antropogénicos sospechosos se seleccionan manualmente para una mayor caracterización química. También se pueden aplicar métodos adicionales, como el etiquetado de polímeros con Nile Red (NR), para aumentar la detección de microplásticos.<sup>41</sup> y para la detección rápida de microplásticos en la biota<sup>42-44</sup>. Al preparar muestras para el análisis, se deben recolectar “muestras en blanco” para cuantificar cualquier contaminación microplástica de fondo en el laboratorio.

## 4.2. Análisis de pellets de plástico.

Después de un derrame de pellets de plástico, el análisis de muestras se puede realizar de varias maneras diferentes dependiendo de los objetivos del programa. A partir de casos recientes, se consideran relevantes tres áreas del análisis de gránulos de plástico posteriores al derrame:

- Caracterización física y química de polímeros.
- Identificación de la fuente del polímero
- Evaluación de impacto ambiental y pruebas de toxicidad.

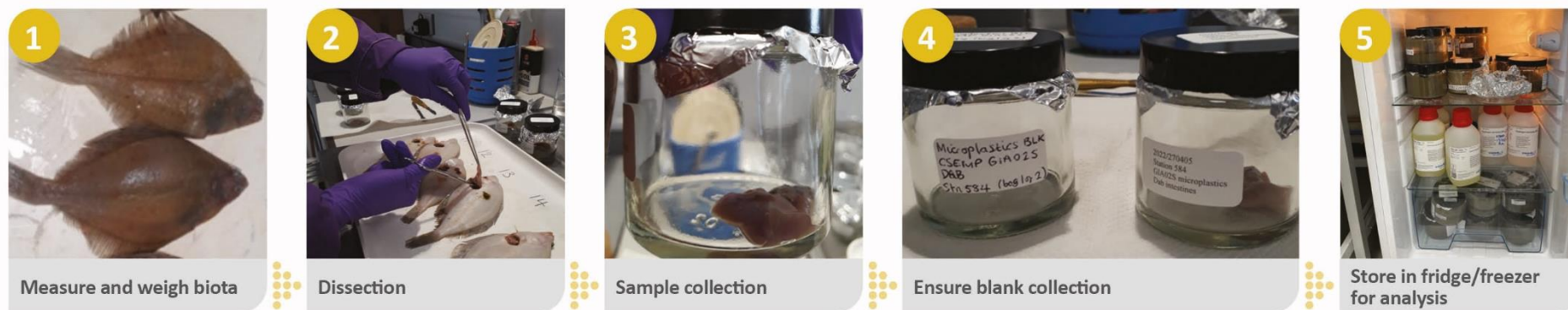
Las orientaciones que se proporcionan a continuación sobre estos tipos de evaluación no son exhaustivas, pero pretenden ofrecer una breve introducción a las opciones disponibles para los Estados miembros, las autoridades competentes y los gestores de derrames afectados.

### 4.2.1. Métodos de caracterización física y química de pellets de plástico.

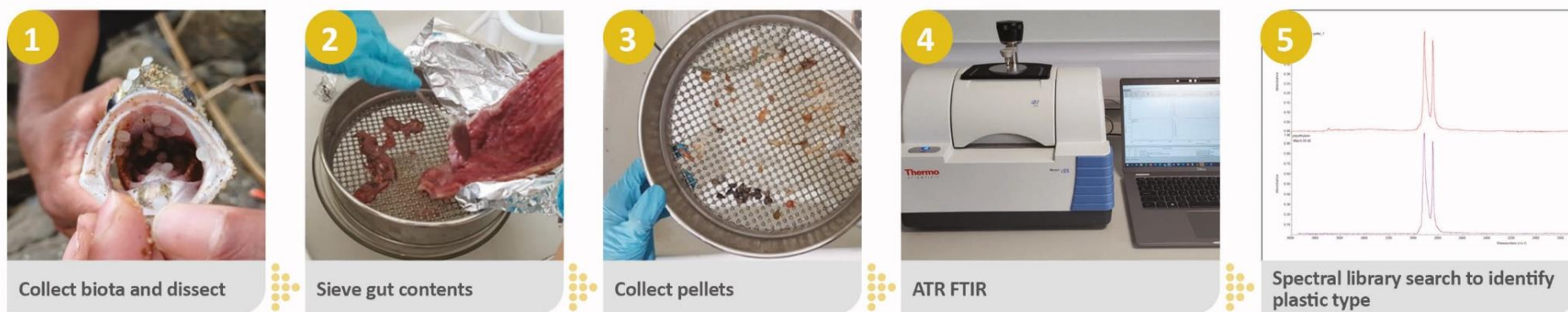
Desde la perspectiva del monitoreo posterior al derrame, puede haber varias razones por las cuales se requiere una comprensión de las características físicas y químicas de los gránulos de plástico. Estos incluyen: 1) mejor comprensión de cómo se comportarán en el agua (p. ej., para ayudar con el modelado de destino y transporte), 2) identificación de su/s fuente/fuentes potenciales, 3) mejor comprensión de cualquier interacción entre los gránulos y otras sustancias y productos químicos a bordo del buque y 4) probabilidad de impactos en el medio ambiente (por ejemplo, debido a posibles efectos toxicológicos).

Hasta la fecha, no existe ningún método único ampliamente aceptado para el muestreo, extracción y análisis de microplásticos dentro de la industria ambiental. La falta de métodos estandarizados dificulta las comparaciones directas entre conjuntos de datos, lo que limita la producción de evidencia científica sólida en la que se puedan basar directrices y medidas políticas. La normalización del análisis de microplásticos es actualmente el foco de varios grupos internacionales de expertos (por ejemplo, OSPAR, ICES, EU-TGML) y organizaciones como la Organización Internacional de Normalización (ISO).

En el momento de escribir este artículo, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y Raman se consideran técnicas analíticas poderosas para la identificación y caracterización de microplásticos en el medio ambiente. **En¡Error! Fuente de referencia no encontrada.**



**Figura 32:** Ilustración de la eliminación de TGI de los peces. Fuente: Cefas.



**Figura 33:** Ilustración del flujo de trabajo para la caracterización del tipo de plástico. Fuente: Cefas

**Tabla 6:** Descripción técnica de identificación de partículas de microplásticos.

Analítico método	Mínimo partícula tamaño (mm)	Filtrar requisito	Grado de automatización	Adquisición velocidad	Ventajas	Desventajas	Relativo costo	Analítico método
<b>ATR-FTIR espectroscopia</b>	> 500	N / A	Muy bajo	Rápido	- Facilidad de uso - Mínimo preparación muestra	Análisis de contactos (ATR)	€	ATR-FTIR espectroscopia
<b>FT-IR microscopía</b>	> 10	IR transparente	Alto	Rápido	- Facilidad de uso - Mínimo preparación muestra		€€	FT-IR microscopía
<b>ATR-FTIR microscopía</b>	> 5	Cualquier filtro Cualquier sustrato	Alto	Medio	- Facilidad de uso - Mínimo preparación muestra	Análisis de contactos (ATR)	€€	ATR-FTIR microscopía
<b>FT-IR imágenes</b>	> 5	IR transparente	Muy alto	Muy rapido	- Facilidad de uso - Mínimo preparación muestra		€€€	FT-IR imágenes
<b>ATR FT-IR imágenes</b>	> 2	Cualquier filtro Cualquier sustrato	Alto	Medio	- Facilidad de uso - Mínimo preparación muestra	Análisis de contactos (ATR)	€€€	ATR FT-IR imágenes
<b>Imágenes LDIR</b>	> 10	Plano, reflectante superficie (por ejemplo tobogán kevley o Reflectante de infrarrojos filtrar)	Alto	Muy rapido		Nueva técnica, no aplicado para muestras ambientales	€€€	Imágenes LDIR
<b>raman imágenes</b>	> 0,5	No-fluorescente	Muy alto	Rápido	resolviendo partículas hasta 1 micrón y menos	Menos comúnmente usado como FTIR, limitado espectros de referencia	€€€	raman imágenes
<b>Pyr-GC-MS</b>		N / A			- Adecuado para nanoplasticos identificación - Análisis de tipo y quimicos polímero aditivo	- Análisis destructivo - Unidad de informe (masa vs número) - Datos complejos	€€€	Térmico análisis

La identificación de polímeros de gránulos de plástico generalmente se lleva a cabo utilizando ATR-FTIR de mesa (reflectancia total atenuada – transformada de Fourier infrarroja) (Figura 33). Los espectros resultantes se comparan con bases de datos de espectros publicadas de plásticos conocidos para ayudar con la identificación del tipo de plástico. Los parámetros de informes deben incluir una lista de cualquier base de datos de espectros FTIR comercial o de acceso abierto utilizada, incluido el nombre de las bibliotecas específicas. También se debe especificar el porcentaje mínimo aceptable de coincidencia con la base de datos. Generalmente, se consideran aceptables coincidencias de biblioteca de  $\geq 80\%$ . En algunos casos, son aceptables coincidencias  $\geq 60\%$  y se puede lograr una validación adicional confirmando los picos de IR característicos para diferentes polímeros. Cualquier aplicación de posprocesamiento espectral también debe documentarse por motivos de transparencia y repetibilidad.

#### 4.2.2. Métodos para identificar la fuente de los pellets de plástico.

Para identificar la fuente de contaminación de los gránulos de plástico, puede ser necesario llevar a cabo una caracterización más detallada de las propiedades de los gránulos, similar al análisis detallado requerido para la toma de huellas dactilares del petróleo.<sup>45</sup> La toma de huellas dactilares en plástico se realiza más comúnmente mediante análisis térmico (por ejemplo, espectrometría de masas con cromatografía de gases de pirólisis (pyr-GC-MS), calorimetría diferencial de barrido o métodos basados en termogravimetría (TGA)). Estos métodos se basan en la identificación de propiedades únicas que pueden estar vinculadas directamente a la fuente. Por ejemplo, la presencia/ausencia de aditivos químicos, productos plásticos descompuestos térmicamente y/o puntos de fusión diferenciales.

La identificación de contaminantes superficiales únicos, incluidos metales, sustancias orgánicas y biopelículas, también podría usarse para rastrear el origen de los artículos de plástico.<sup>46</sup> Sin embargo, es más difícil relacionar un artículo de plástico con fuentes específicas, ya que este tipo de enfoque requeriría una comprensión clara de la interacción entre los contaminantes de la superficie y las fuentes, los procesos de erosión y la sorción competitiva de los contaminantes de la superficie con otras partículas suspendidas y materia orgánica.

#### 4.2.3. Evaluación de posibles impactos ambientales

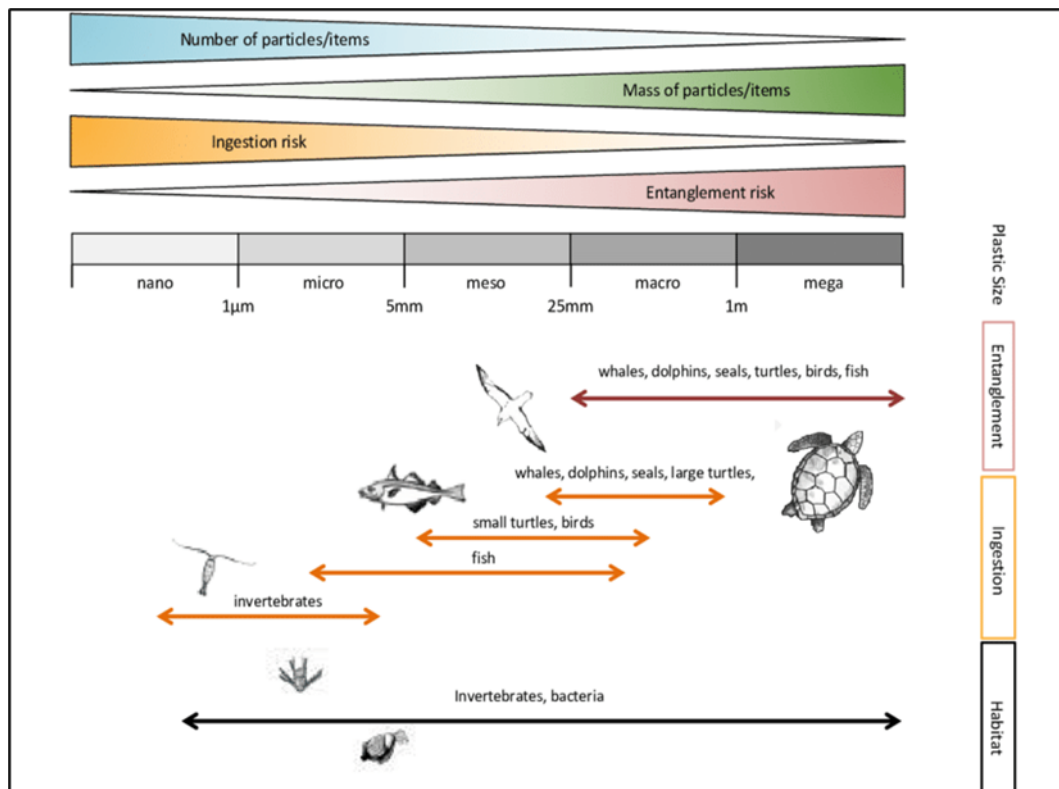
Seguimiento de la biota para detectar la presencia y los efectos de los pellets y la basura de plástico marinos<sup>12</sup> puede proporcionar información útil sobre:

- Impactos potenciales sobre la biota;
- Impactos potenciales en la salud y el bienestar humanos; y/o
- Impactos potenciales a nivel de ecosistema.

La biota marina interactúa con objetos de plástico tanto pequeños como grandes (**¡Error! Fuente de referencia no encontrada.**). Los efectos ambientales posteriores relacionados también dependerán del tamaño del artículo de plástico, así como del tamaño del organismo marino. A nivel europeo (Directiva Marco sobre Estrategia Marina 2008/56/CE<sup>47</sup>), se encuentran disponibles algunos indicadores comunes (basados en tasas y niveles de ingestión) para aves marinas (es decir, fulmares) y tortugas marinas. Si bien estos indicadores comunes se centran principalmente en meso y macrobasura, en lugar de gránulos de plástico, se han utilizado otros tipos de biota para el seguimiento de microplásticos en entornos costeros y marinos, incluidos los mamíferos.<sup>48</sup>, pez<sup>49–51</sup> e invertebrados<sup>52</sup>.

Las estrategias de alimentación también son un componente importante a considerar al seleccionar organismos adecuados para monitorear los impactos, ya que esto determinará cómo y en qué medida interactúan con la basura plástica y los microplásticos.<sup>12</sup>(Figura 34).

Si bien los gránulos de plástico son en general inertes y, por lo tanto, no se consideran contaminantes marinos en su forma original, no se comprende completamente el riesgo ecotoxicológico asociado con los gránulos de plástico. De particular preocupación son los peligros asociados con los aditivos químicos dentro de los gránulos y su propensión a ser liberados al medio ambiente, o la probabilidad de que otros químicos se adsorban en la superficie de los gránulos. Se están realizando investigaciones para caracterizar el riesgo toxicológico asociado a los pellets de plástico y su impacto en la flora y la fauna. Las estrategias de monitoreo posteriores al derrame podrían incluir el muestreo de la biota y la comparación con los niveles básicos de contaminantes químicos.



**Figura 34:** Representación esquemática de los impactos de los plásticos de diferentes tamaños en la biota marina, incluyendo enredo, ingestión y riesgo asociado al hábitat. Fuente: (GESAMP, 2019)<sup>12</sup>.

## 5. Intervención y recuperación de costes

### 5.1. Introducción a la legislación vigente.

La recuperación de los costos incurridos como resultado de una descarga de pellets de plástico de un buque, siempre debe basarse en la situación legal en la jurisdicción en cuyas aguas se produjo el daño o la pérdida. Esta podría ser la jurisdicción en la que ocurrió el incidente, es decir, el Estado ribereño en cuyas aguas se produjo la descarga. Sin embargo, las descargas de bolitas de plástico desde barcos también pueden ocurrir en alta mar y las bolitas de plástico llegan posteriormente a la costa de un Estado ribereño, o puede haber un movimiento transfronterizo de bolitas de plástico cuando la descarga tiene lugar en las aguas de un Estado pero en otras aguas litorales. Posteriormente los estados se ven afectados. Por lo tanto, es importante que todos los Estados ribereños, sin importar el nivel de tráfico marítimo hacia puertos o terminales en el Estado o el tráfico marítimo de paso en tránsito, cuenten con la legislación necesaria para regular la responsabilidad y la compensación después de una descarga de pellets de plástico procedente de un barco. de los buques, ya sea transportados como carga o como embalaje.

Por lo tanto, los requisitos de limpieza e indemnización estarán sujetos a la legislación nacional vigente en el Estado afectado por una descarga de pellets de plástico procedente de un buque.

Se han adoptado normas y reglamentos internacionales existentes que pueden regular la responsabilidad y la compensación por los costos de localizar, marcar y retirar los pellets de plástico después de la descarga de un buque cuando se define como un "naufragio" y cuando dichos pellets representan un "peligro" en forma de un peligro o impedimento para la navegación, consecuencias nocivas importantes para el medio ambiente o daños al litoral de uno o más Estados. Convenio Internacional de Nairobi sobre la Remoción de Restos de Naufragios, 2007 (CMR)<sup>53</sup> fue adoptado por la OMI en 2007 y proporciona la base jurídica para que los Estados retiren, o hagan retirar, restos de naufragios que puedan tener el potencial de afectar negativamente a la seguridad de vidas, bienes y propiedades en el mar, así como al medio ambiente marino. La WRC define "naufragio" como cualquier objeto que esté o haya estado a bordo de un barco hundido o varado, o cualquier objeto que se pierda en el mar desde un barco y que esté varado, hundido o a la deriva en el mar. Esto podría incluir una descarga de gránulos de plástico cuando se transportan como embalaje o como carga.



La CMR está en vigor en un número significativo de Estados en todo el mundo. Cabe señalar que la WRC sólo se aplica dentro de la zona económica exclusiva de un Estado parte. Sin embargo, los Estados pueden optar por ampliar la aplicación de determinadas disposiciones del Convenio a los pecios situados dentro de su territorio, incluido el mar territorial. Se recomienda a los Estados que no han dado efecto a la CMR que lo hagan mediante el depósito de un instrumento de ratificación, adhesión o firma en la OMI junto con la legislación de implementación necesaria en la legislación nacional.

En términos de recuperación de costes por la localización, marcado y retirada de pellets de plástico de un vertido proveniente de un buque y la posterior aplicación de la WRC, cabe señalar también que la WRC establece que:

- i. El propietario registrado del buque será estrictamente responsable de los costos de localización, marcado y remoción de un "pecio" y, por lo tanto, si una descarga de pellets de plástico se considera dentro de las definiciones de "pecio" y "peligro". Según el WRC, el propietario registrado será considerado responsable de dichos costos independientemente de cualquier culpa por su parte (sujeto a ciertas defensas específicas),
- ii. El propietario registrado de dicho buque (cuando pesa más de 300 toneladas brutas) debe mantener un seguro u otra garantía financiera para cubrir sus responsabilidades, y los reclamantes tienen el derecho, según la WRC, de presentar una reclamación directamente contra el proveedor de dicho seguro o garantía financiera. seguridad, y;
- III. El propietario registrado y su asegurador conservan el derecho de limitar su responsabilidad por dichos costos si tal derecho existe bajo cualquier régimen nacional o internacional aplicable, como el Convenio sobre limitación de responsabilidad por reclamaciones marítimas, 1976, según enmendado (Convenio LLMC).

Por lo tanto, los Estados deben ser conscientes de que un propietario de buque o su asegurador pueden conservar el derecho de limitar su responsabilidad por reclamaciones por los costos de localización, marcado y retirada de gránulos de plástico de una descarga procedente de un buque. Por lo tanto, los Estados deben ser conscientes de su implementación del Convenio LLMC de 1976 y del Protocolo LLMC de 1996.<sup>540</sup> cualquier otra disposición de limitación correspondiente dentro de su sistema legislativo.

La responsabilidad y compensación por otras pérdidas o daños que surjan de una descarga de pellets de plástico proveniente de un barco, más allá de la localización, marcado y remoción de los pellets de plástico, no se regirán por la WRC. Debe hacerse referencia al estatuto del Estado afectado para determinar la responsabilidad y la indemnización respecto de cualquier pérdida o daño. El propietario del buque y su asegurador también podrán conservar el derecho de limitar su responsabilidad por pérdidas o daños derivados de dicha descarga, más allá de los costos de localización, marcado y retirada de los gránulos de plástico. No hay fondos internacionales (mediante un Convenio de la OMI) disponibles en el caso de que los costos de localización, marcado, remoción u otras pérdidas o daños derivados de la descarga de pellets de plástico procedente de un barco excedan el límite de responsabilidad establecido. a disposición del armador. Se recomienda a los reclamantes que busquen asesoramiento de su gobierno central en tal caso.

También hay propuestas para actualizar otras normas internacionales existentes que regirán la responsabilidad y la compensación por los daños derivados del transporte de SNP por mar, de modo que dichas normas también regulen la responsabilidad y la compensación por los daños derivados de una descarga de pellets de plástico cuando se transporten por mar. como carga. Sin embargo, es poco probable que dicho cambio y su posterior aplicación se produzcan en el futuro inmediato.

También cabe señalar que, además del propietario del buque, habrá varias partes diferentes que participarán en el transporte de pellets de plástico por mar, incluidos los intereses de la carga si se transportan como carga. El cargador (o consignador) será la parte que sea el proveedor o propietario de los pellets de plástico cuando se transporten como carga y contratará con el transportista (ya sea el armador o el fletador) el transporte de la carga. El consignatario (o receptor) es la parte a quien se envía la carga de pellets de plástico y a quien se le hará la entrega según el contrato de transporte.

En términos de recuperación de costos, los Estados tal vez deseen centrarse en la responsabilidad de cada una de estas partes dentro de sus sistemas legislativos, dadas sus respectivas funciones en el transporte marítimo de gránulos de plástico.

## 5.2. Identificación de responsables

Si se conoce el nombre del buque desde donde se descargaron los pellets de plástico; el registro de buques del Estado del pabellón puede proporcionar más información sobre el propietario del buque. Alternativamente, se pueden utilizar bases de datos en línea como Equasis para identificar al propietario del buque y/o a su aseguradora. El Grupo Internacional de Asociaciones de P&I (el Grupo) ([www.igpandi.org](http://www.igpandi.org)) también mantiene una función de búsqueda de barcos en línea para los barcos que se inscriben para cobertura de seguro (P&I) con un Club P&I de International Group, y los Clubes P&I individuales mantienen bases de datos de búsqueda de barcos en línea en sus sitios web<sup>2</sup>.

Si se desconoce la identidad del barco, los reclamantes deben comunicarse con el gobierno de su estado para obtener ayuda.

En caso de una descarga de pellets de plástico desde un barco que enarbola la bandera de un Estado donde la WRC está en vigor, existe el requisito de que el capitán y el operador del barco informen al "Estado afectado", sin retraso, cuando dicho buque se haya visto implicado en un siniestro marítimo que haya resultado en naufragio, y que puede incluir un vertido de pellets de plástico. Dichos informes proporcionarán el nombre y el lugar principal de negocios del propietario registrado para el Estado afectado para determinar si la descarga de pellets de plástico representa un peligro para el medio ambiente, la navegación o los intereses relacionados de ese Estado.

Si el Estado afectado determina que dicha descarga (de un "naufragio") constituye un "peligro", ese Estado deberá inmediatamente (i) informar al Estado del registro del buque y al propietario registrado y (ii) proceder a consultar al Estado de el registro del buque y otros Estados afectados sobre las medidas a tomar.

El tiempo será esencial ya que, una vez liberados, los gránulos de plástico se dispersan ampliamente, como se describió anteriormente. Por lo tanto, es importante que un estado afectado inicie su plan nacional de contingencia con efecto inmediato y, si la CMR está en vigor, de conformidad con las disposiciones de la CMR. Cualquier medida de respuesta posterior debe ser razonable y proporcionada, y todas esas medidas deben registrarse adecuadamente desde el principio (ver Sección 5.4).

En el caso de que el capitán u operador del buque que descargó los gránulos de plástico no informe la descarga al Estado afectado y/o la WRC no esté en vigor, entonces el Estado aún puede desear seguir las disposiciones sobre notificación y localización contenidas en la CMR como consistente con las prácticas globales. Esto dependerá del régimen regulatorio del Estado en cuestión.

El propietario registrado deberá retirar los pellets de plástico ("restos") que se determine que constituyen un "peligro". En circunstancias en las que se aplica el WRC y se requiere una acción inmediata, o si no se puede contactar al propietario registrado, o si el propietario registrado no retira los gránulos de plástico dentro del plazo establecido por el Estado afectado, el Estado afectado puede retirar los gránulos de plástico antes del medios más prácticos y rápidos disponibles, compatibles con consideraciones de seguridad y protección del medio marino. En tales circunstancias, el propietario registrado será estrictamente responsable de los gastos de localización, marcado y retirada de los pellets de plástico, salvo determinadas excepciones.

Será necesario tener una comprensión clara y firme del régimen legislativo que rige la responsabilidad y la compensación en caso de descarga de pellets de plástico provenientes de un buque ya que, si no existe una ley que imponga una responsabilidad estricta a la parte responsable, puede ser necesario solicitar una indemnización sobre la base de culpa o negligencia comprobada, es decir, si la pérdida o el daño surgió debido a culpa o negligencia de cualquiera de las partes involucradas en el transporte marítimo de los pellets de plástico. En tales circunstancias se debe buscar asesoramiento jurídico adecuado.

---

<sup>2</sup><https://www.igpandi.org/ship-search/>

### 5.3. El papel de las partes responsables en la respuesta

La WRC establece que el propietario registrado del buque desde el que se produjo la descarga puede contratar a un salvador u otra persona para solicitar la retirada de los pellets de plástico procedentes del buque, aunque no es necesario que la WRC esté en vigor para el propietario. para hacerlo.

La aseguradora del propietario registrado normalmente nombrará expertos para monitorear las operaciones de limpieza y los daños más amplios, investigar los méritos técnicos de las reclamaciones y realizar evaluaciones independientes de cualquier pérdida.

Los P&I Clubs y otras aseguradoras han desarrollado una red mundial de expertos con experiencia en los diversos sectores que probablemente se verán afectados por incidentes relacionados con buques. También cuentan con el asesoramiento de ITOPF Ltd. El personal técnico de ITOPF ha adquirido una experiencia considerable en respuesta a incidentes y está familiarizado con reclamaciones por pérdidas o daños derivados de descargas de pellets de plástico procedentes de barcos. Durante la fase de limpieza de un incidente, los miembros del personal técnico de ITOPF generalmente asisten al sitio donde pueden ofrecer asesoramiento técnico sobre las medidas de respuesta más apropiadas y consistentes con la intención y los objetivos de las mejores prácticas internacionales. Los miembros del personal técnico de ITOPF a menudo brindan asistencia remota/virtual, así como asesoramiento in situ.

Aunque los P&I Clubs cuentan con expertos para ayudar en la evaluación de los reclamos, la decisión de aprobar o rechazar un reclamo en particular recae enteramente en el P&I Club correspondiente.

### 5.4. Mantenimiento de registros y preparación de reclamaciones.

Desde el principio siempre se deben mantener registros detallados. Esta disciplina debe ser respetada por todas las personas, partes, entidades y autoridades involucradas en la respuesta, y sus 'agentes' (es decir, contratistas y, en algunos casos, autoridades locales) involucrados en incurrir en costos (por ejemplo, activando activos, equipos, reservas), embarcaciones y personal interno), y cualquier otra persona que haya sufrido daños o pérdidas o haya incurrido en gastos derivados del vertido de pellets de plástico.

Será necesario demostrar a los [responsables]/[responsables] y a sus representantes legales y/o de seguros (y al tribunal si se inicia un proceso judicial de recuperación de costas) qué se hizo, cuándo se hizo y por qué se hizo.

Todos aquellos involucrados en incurrir en costos como resultado de la activación de activos, contratistas, equipos, reservas, buques y personal interno deberían utilizar un formato estándar para llevar registros. Este formato debe ser lo suficientemente detallado para proporcionar la información, pero lo suficientemente simple como para que sea utilizable. Es importante destacar que también debe ser un formato que puedan utilizar personas que trabajan con limitaciones de tiempo y en condiciones físicas que pueden no ser las ideales. Es imperativo establecer un compromiso temprano con la aseguradora del barco y/o los expertos en tierra.

Las reclamaciones deben presentarse por escrito (preferiblemente por correo electrónico) a las [partes responsables]/[partes responsables] y/o sus aseguradores. Si corresponde, el asegurador emitirá formularios de reclamo para ayudar a los reclamantes en la presentación de reclamos.

Una reclamación debe presentarse de forma clara y con suficiente información y documentación de respaldo para permitir evaluar y cuantificar adecuadamente el monto del daño. Cada elemento de una reclamación debe estar fundamentado por una factura u otra documentación justificativa pertinente, como hojas de trabajo, notas explicativas, cuentas y fotografías. Es responsabilidad de los reclamantes presentar pruebas suficientes para respaldar sus reclamaciones. Es importante que la documentación sea completa y precisa. Si es probable que la documentación que respalda un reclamo sea considerable, los reclamantes deben comunicarse con el corresponsal local de la aseguradora (ver más abajo) o la oficina de reclamos local lo antes posible para discutir la presentación del reclamo.

Como mínimo, cada reclamo debe contener la siguiente información básica:

- El nombre y dirección del reclamante y de cualquier representante legal o de otro tipo.
- La identidad del barco involucrado en el incidente.
- La fecha, lugar y detalles específicos del incidente, si los conoce el reclamante.

- El tipo de pérdida o daño sufrido e incurrido, y
- El importe de la indemnización reclamada junto con las pruebas que lo justifiquen.

Los siguientes criterios generales se aplican a todas las reclamaciones:

- En realidad se debería haber incurrido en cualquier gasto, pérdida o daño.
- Cualquier gasto debe estar relacionado con las medidas adoptadas que se consideren razonables y justificables.
- Debe existir un estrecho vínculo de causalidad entre el gasto, pérdida o daño cubierto por la reclamación y el daño o pérdida resultante del vertido de gránulos de plástico.
- Un reclamante ha sufrido una pérdida económica cuantificable, y
- El reclamante debe demostrar el importe de sus gastos, pérdidas o daños presentando los documentos apropiados u otras pruebas.

Un objetivo del WRC es la solución amistosa de reclamaciones por parte de las partes sin necesidad de involucrar a abogados ni a los tribunales. Sin embargo, independientemente de que la WRC esté vigente y sea aplicable o no, si no es posible llegar a un acuerdo sobre la evaluación de la reclamación, el demandante tiene derecho a presentar su reclamación ante un tribunal competente (normalmente en el Estado en el que se presentó la reclamación). pérdida o daño ocurrido). Desde que la WRC entró en vigor, las acciones judiciales por parte de los demandantes no han sido necesarias en la mayoría de los incidentes que han surgido bajo el alcance de la WRC.

Sin embargo, cabe volver a subrayar que la WRC sólo regula la responsabilidad y la compensación por la localización, marcado y retirada de un naufragio y, por tanto, de los pellets potencialmente plásticos que surjan de una descarga proveniente de un buque, y no de otras pérdidas o daños que puedan surgir de tal descarga.

Si bien esta guía puede ayudar a los Estados, autoridades, reclamantes, propietarios de buques y aseguradores y otras partes interesadas, los tribunales nacionales apropiados y pertinentes serán los árbitros finales sobre la legislación nacional aplicable, la interpretación de la WRC, la admisibilidad de las reclamaciones que surjan en virtud de ella, y sobre responsabilidad e indemnización tras una descarga de pellets de plástico procedente de un buque, independientemente de que la WRC esté vigente y sea aplicable o no.

Como cada estado tendrá sus propias reglas y procedimientos que rigen estos asuntos, se alienta a los reclamantes a buscar asistencia legal local según sea necesario.

Se recomienda encarecidamente a los reclamantes que presenten sus reclamaciones lo antes posible después de que se haya producido el daño. Si el WRC está vigente y es aplicable y no se puede presentar un reclamo formal poco después de un incidente, los reclamantes deben esforzarse en notificar lo antes posible al propietario registrado y al asegurador del propietario registrado su intención de presentar un reclamo en una etapa posterior. . Para evitar solicitudes de más información y acelerar el proceso, los reclamantes deben proporcionar la mayor cantidad posible de información detallada anteriormente.

En última instancia, los reclamantes perderán su derecho a compensación bajo la WRC, si corresponde y está vigente, a menos que presenten una acción judicial contra el "propietario del buque" y/o el asegurador del propietario registrado dentro de los tres (3) años siguientes a la fecha en que se haya realizado la descarga de pellets de plástico. ha sido determinado como un peligro bajo la WRC y de acuerdo con la WRC. Aunque los daños pueden ocurrir algún tiempo después de ocurrido un incidente, la acción judicial debe en cualquier caso interponerse dentro de los seis (6) años siguientes a la fecha del siniestro marítimo que resultó en el naufragio y que llevó a la determinación de la descarga de pellets de plástico como un peligro bajo el WRC. Se recomienda a los reclamantes que busquen asesoramiento jurídico si no están seguros y/o no pueden resolver sus reclamaciones para evitar que éstas prescriban.

## 5.5. El papel de los Clubes P&I

En el caso de que el WRC esté vigente y sea aplicable y/o se presenten reclamos contra el propietario registrado del barco que resultó en la descarga de pellets de plástico, los reclamos generalmente serán manejados por el asegurador del propietario y quien a menudo es uno de los representantes de Protección. y Asociaciones de Indemnización (P&I Clubs) que aseguran la responsabilidad civil de los propietarios de buques, incluida la responsabilidad por pérdidas o daños derivados de una descarga de pellets de plástico procedente de un buque. En la práctica, las reclamaciones

a menudo se canalizan a través de la oficina del corresponsal de la aseguradora más cercana al lugar del siniestro. Las reclamaciones, junto con la documentación de respaldo, pueden enviarse a la aseguradora o al corresponsal local de la aseguradora, quien normalmente estará disponible en la localidad del incidente para garantizar que los reclamantes tengan los datos de contacto necesarios para la presentación de reclamaciones.

Los detalles de las aseguradoras de otros intereses involucrados en el transporte marítimo de pellets de plástico deben solicitarse al Estado afectado o al asesoramiento jurídico local.



## 6. Referencias

1. Kerrison, A. (2022). Utilizar incidentes marítimos pasados y datos de viajes para predecir el área de la costa con mayor probabilidad de futuros derrames de nurdle. *El Proyecto Nurdle, Universidad de Southampton*.
2. PlásticosEuropa. (Dakota del Norte). *Plásticos: los hechos 2021 Un análisis de los datos sobre producción, demanda y residuos de plásticos en Europa*.
3. Fauna y Flora Internacional. (Dakota del Norte). *Tomando medidas contra la contaminación ambiental*. Obtenido el 15 de febrero de 2023, de <https://www.fauna-flora.org/nurdles/>
4. de Vos, A., James, B., Mazzotta, M., Michel, A., Reddy, C., Walsh, A., Ward, C., Hahn, M. y Youngs, S. (sin fecha). *Hoja informativa sobre el derrame de nurdle de M/V X-PRESS PEARL 2021*. Obtenido el 15 de febrero de 2023, de <https://www.who.edu/wp-content/uploads/2021/06/Fact-Sheet-XPressPearlSpill24Jun.pdf>
5. de Vos, A., Aluwihare, L., Youngs, S., Dibenedetto, MH, Ward, CP, Michel, APM, Colson, BC, Mazzotta, MG, Walsh, AN, Nelson, RK, Reddy, CM, y James, BD (2022). El derrame del M/V X-Press Pearl Nurdle: contaminación de plástico quemado y Nurdles no quemados a lo largo de las playas de Sri Lanka. *ACS Medio Ambiente Au, 2(2)*, 128-135. [https://doi.org/10.1021/ACSENVIRONAU.1C00031/ASSET/IMAGES/LARGE/VG1C00031\\_0005.JPEG](https://doi.org/10.1021/ACSENVIRONAU.1C00031/ASSET/IMAGES/LARGE/VG1C00031_0005.JPEG)
6. Consejo Marítimo Mundial. (2022). *Contenedores perdidos en el mar*. [https://static1.squarespace.com/static/5ff6c5336c885a268148bdcc/t/62b2d93516eba2026ec97cee/1655888181926/Containers\\_Lost\\_at\\_Sea\\_2022.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5ff6c5336c885a268148bdcc/t/62b2d93516eba2026ec97cee/1655888181926/Containers_Lost_at_Sea_2022.pdf)
7. OMI. (Dakota del Norte). *Subcomité de Transporte de Cargas y Contenedores (CCC 8), 8.º período de sesiones, 14 al 23 de septiembre de 2022*.
8. Hann, S., Sherrington, C., Jamieson, O., Hickman, M. y Bapasola, A. (2018). *Investigando opciones para reducir las emisiones en el medio acuático de microplásticos emitidos por productos - Eunomia*. <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/investigating-options-for-reduction-releases-in-the-aquatic-environment-of-microplastics-emitted-by-products/>
9. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, RC y Thiel, M. (2012). Microplásticos en el medio marino: una revisión de los métodos utilizados para su identificación y cuantificación. *Ciencia y tecnología ambientales, 46(6)*, 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
10. Schumann, EH, Fiona MacKay, C. y Strydom, NA (2019). Los vagabundos de Nurdle alrededor de Sudáfrica como indicadores de las estructuras y la dispersión del océano. *Revista sudafricana de ciencia, 115(5-6)*, 1–9. <https://doi.org/10.17159/SAJS.2019/5372>
11. Brandon, J., Goldstein, M. y Ohman, MD (2016). Envejecimiento a largo plazo y degradación de partículas microplásticas: comparación de patrones de meteorización experimentales y oceánicos in situ. *Boletín de contaminación marina, 110(1)*, 299–308. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.06.048>
12. GESAMP. (2019). *Directrices para el seguimiento y evaluación de la basura plástica en el océano*. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>

13. Worm, B., Lotze, HK, Jubinville, I., Wilcox, C. y Jambeck, J. (2017). El plástico como contaminante marino persistente. *Https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Environ-102016-060700*, 42, 1–26. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ENVIRON-102016-060700>
14. Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Progr. (2001). *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP)*. <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>
15. Desforges, J.-PW, Galbraith, M. y Ross, PS (2015). Ingestión de microplásticos por zooplancton en el Océano Pacífico nororiental. *Archivos de Contaminación Ambiental y Toxicología*, 69(3), 320–330. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0172-5>
16. Lusher, AL, Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I. y Officer, R. (2015). Ingestión de microplásticos y macroplásticos por un cetáceo oceánico que bucea en profundidad: el zifio de True, *Mesoplodon mirus*. *Contaminación ambiental*, 199, 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.023>
17. Nobre, CR, Santana, MFM, Maluf, A., Cortez, FS, César, A., Pereira, CDS, & Turra, R. (2015). Evaluación de la toxicidad de los microplásticos en el desarrollo embrionario del erizo de mar *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). *Boletín de contaminación marina*, 92(1–2), 99–104. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.12.050>
18. Jiang, X., Lu, K., Tunnell, JW y Liu, Z. (2021). Los impactos de la meteorización en la concentración y bioaccesibilidad de contaminantes orgánicos asociados con gránulos de plástico (nurdles) en ambientes costeros. *Boletín de contaminación marina*, 170, 112592. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.112592>
19. Derraik, JGB (2002). La contaminación del medio marino por desechos plásticos: una revisión. *Boletín de contaminación marina*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
20. Teuten, EL, Rowland, SJ, Galloway, TS y Thompson, RC (2007). Potencial de los plásticos para transportar contaminantes hidrofóbicos. *Ciencia y tecnología ambientales*, 41(22), 7759–7764. <https://doi.org/10.1021/es071737s>
21. Wright, SL, Thompson, RC y Galloway, TS (2013). Los impactos físicos de los microplásticos en los organismos marinos: una revisión. *Contaminación ambiental*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
22. Rodrigues, A., Oliver, DM, McCarron, A. y Quilliam, RS (2019). Colonización de pellets de plástico (nurdles) por *E. coli* en playas de baño públicas. *Boletín de contaminación marina*, 139, 376–380. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.01.011>
23. Ríos, LM, Moore, C. y Jones, PR (2007). Contaminantes orgánicos persistentes transportados por polímeros sintéticos en el medio marino. *Boletín de contaminación marina*, 54(8), 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2007.03.022>
24. Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C. y Kaminuma, T. (2001). Pellets de resina plástica como medio de transporte de sustancias químicas tóxicas en el medio marino. *Ciencia y tecnología ambientales*, 35(2), 318–324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>
25. MARPOL. (Dakota del Norte). *Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973*. Recuperado el 15 de febrero de 2023, de <http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/intro/>

26. REMPEC. (2009). *OMI/PNUMA: Sistema de información regional, guías operativas y documentos técnicos, Directrices mediterráneas sobre evaluación de costas petrolíferas.*
27. OSRL. (2014). *GUÍA DE CAMPO: Técnica de evaluación de limpieza de costas (SCAT).* <http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/OSRL%20SCAT%20Field%20Guide.pdf>
28. Preparación para intervenciones de limpieza de costas contaminadas por petróleo e intervenciones en vida silvestre contaminada por petróleo – proyecto POSOW. (2013). *Manual de evaluación de costas petroleras.* <https://www.posow.org/documentation/manual>
29. Tunnell, JW, Dunning, KH, Scheef, LP y Swanson, KM (2020). Medición de la abundancia de pellets de plástico (nurdle) en las costas de todo el Golfo de México utilizando científicos ciudadanos: establecimiento de una plataforma para investigaciones relevantes para las políticas. *Boletín de contaminación marina*, 151, 110794. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.110794>
30. Fernandino, G., Elliff, CI, Silva, IR y Bittencourt, ACSP (2015). ¿Cuántas bolitas son demasiadas? El índice de contaminación por pellets como herramienta para evaluar la contaminación de playas por pellets de resina plástica en Salvador, Bahía, Brasil. *Revista de Gestión Integrada de Zonas Costeras*, 15(3), 325–332. <https://doi.org/10.5894/RGCI566>
31. Alkalay, R., Pasternak, G. y Zask, A. (2007). Índice de costa limpia: un nuevo enfoque para la evaluación de la limpieza de las playas. *Gestión de océanos y costas*, 5(5–6), 352–362. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2006.10.002>
32. Autoridad Costera de Noruega. (2020). *Experiencia del incidente de los pellets de plástico, TRANS CARRIER, centrándose en los métodos de limpieza de costas.* <https://www.kystverket.no/globalassets/oljevern-og-miljoberedskap/forskning-ogutvikling/experience-from-the-plastic-pellets-incident.pdf/download>
33. Sergy, GA y Medio Ambiente de Canadá. (2001). *Directrices para seleccionar puntos finales de tratamiento costero para la respuesta a derrames de petróleo.* [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2011/ec/En4-84-2008-eng.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ec/En4-84-2008-eng.pdf)
34. REMPEC. (2012). *Directrices para la gestión de residuos de derrames de petróleo en el Mediterráneo.* <https://wastemanagement.rempec.org/en/documentation/guidelines/mediterranean-oil-spill-waste-management-guideline>
35. Preparación para intervenciones de limpieza de costas contaminadas por petróleo e intervenciones en vida silvestre contaminada por petróleo – POSOW. (2016). *Manual de gestión de residuos de derrames de petróleo.* <https://www.posow.org/documentation/manual>
36. Partow, H., Lacroix, C., le Floch, L. y Alcaro, L. (2021). *X-Press Pearl Maritime Disaster Sri Lanka - Informe de la Misión Asesora Ambiental de la ONU (julio de 2021) | PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.* <https://www.unep.org/resources/report/x-press-pearl-maritime-disaster-sri-lanka-report-un-environmental-advisory-mission>
37. Kirby, M., Brant, J., Moore, J. y Lincoln, S. (2018). *PREMIAM – Respuesta a la Contaminación en Emergencias – Evaluación y Monitoreo de Impacto Marino: Lineamientos de monitoreo post-incidente.* [https://www.cefas.co.uk/media/frwmhths/ccs0118760460-1\\_prem\\_2nd\\_ed\\_web.pdf](https://www.cefas.co.uk/media/frwmhths/ccs0118760460-1_prem_2nd_ed_web.pdf)
38. IPIECA. (2020). *Monitoreo y muestreo de derrames de petróleo: pautas de buenas prácticas para la gestión de incidentes y el personal de respuesta a emergencias, Informe IOGP 639.* <https://www.ipieca.org/resources/good-practice/oil-spill-monitoring-and-sampling/>

39. Prata, JC, da Costa, JP, Duarte, AC y Rocha-Santos, T. (2019). Métodos de muestreo y detección de microplásticos en agua y sedimentos: una revisión crítica. *Tendencias TrAC en química analítica*, 110, 150-159. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2018.10.029>
40. Miller, E., Sedlak, M., Lin, D., Box, C., Holleman, C., Rochman, CM y Sutton, R. (2021). Mejores prácticas recomendadas para recolectar, analizar y reportar microplásticos en medios ambientales: lecciones aprendidas del monitoreo integral de la Bahía de San Francisco. *Diario de materiales peligrosos*, 409, 124770. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.124770>
41. Shruti, VC, Pérez-Guevara, F., Roy, PD y Kutralam-Muniasamy, G. (2022). Análisis de microplásticos con Nile Red: tendencias, desafíos y perspectivas emergentes. *Diario de materiales peligrosos*, 423, 127171. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127171>
42. Bakir, A., Desender, M., Wilkinson, T., van Hoytema, N., Amos, R., Airahui, S., Graham, J. y Maes, T. (2020). Presencia y abundancia de meso y microplásticos en sedimentos, aguas superficiales y biota marina de la región del Pacífico Sur. *Boletín de contaminación marina*, 160, 111572. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2020.111572>
43. Bakir, A., van der Lingen, CD, Preston-Whyte, F., Bali, A., Geja, Y., Barry, J., Mdazuka, Y., Mooi, G., Doran, D., Tooley, F., Harmer, R. y Maes, T. (2020). Microplásticos en especies de peces pelágicos pequeños de importancia comercial de Sudáfrica. *Fronteras en las ciencias marinas*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.574663>
44. Silburn, B., Bakir, A., Binetti, U., Russell, J., Kohler, P., Preston-Whyte, F., Meakins, B., van Hoytema, N., Andrews, G., Carrias, A., Maes, T. y Hoytema, van. (2022). Un estudio de referencia de macro, meso y micro basura en la cuenca del río Belice, desde la cuenca hasta la costa. *Revista ICES de Ciencias Marinas*. <https://doi.org/10.1093/ICESJMS/FSAB268>
45. Ogden, W. y Everard, M. (2020). Rápida "huella digital" de fuentes potenciales de plásticos en sistemas fluviales: un ejemplo del río Wye, Reino Unido. *Revista internacional de gestión de cuencas fluviales*, 20(3), 349-362. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1830783>
46. Fahrenfeld, NL, Arbuckle-Keil, G., Naderi Beni, N. y Bartelt-Hunt, SL (2019). Seguimiento de fuentes de microplásticos en el medio ambiente de agua dulce. *TrAC - Tendencias en química analítica*, 112, 248-254. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2018.11.030>
47. *Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria en el ámbito de la política medioambiental marina (Directiva marco sobre la estrategia marina) (Texto pertinente a efectos del EEE)*. (2008). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0056>
48. Zantis, LJ, Carroll, EL, Nelms, SE y Bosker, T. (2021). Mamíferos marinos y microplásticos: una revisión sistemática y un llamado a la estandarización. *Contaminación ambiental*, 269, 116142. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2020.116142>
49. Makhdoumi, P., Hossini, H. y Pirsahab, M. (2022). Una revisión de la contaminación por microplásticos en el pescado comercial para consumo humano. *Reseñas sobre Salud Ambiental*. <https://doi.org/10.1515/REVEH-2021-0103>
50. Wang, W., Ge, J. y Yu, X. (2020). Biodisponibilidad y toxicidad de los microplásticos para las especies de peces: una revisión. *Ecotoxicología y Seguridad Ambiental*, 189, 109913. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109913>

51. Wootton, N., Reis-Santos, P., Dowsett, N., Turnbull, A. y Gillanders, BM (2021). Baja abundancia de microplásticos en el pescado capturado comercialmente en el sur de Australia. *Contaminación ambiental*, 290, 118030. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118030>
52. Li, P., Wang, X., Su, M., Zou, X., Duan, L. y Zhang, H. (2021). Características de la contaminación plástica en el medio ambiente: una revisión. *Boletín de Contaminación Ambiental y Toxicología*, 107(4), 577-584. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02820-1>
53. *El Convenio Internacional de Nairobi sobre la Remoción de Naufragios*. (2007). [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/228988/8243.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/228988/8243.pdf)
54. *Protocolo de 1996 para modificar el Convenio sobre limitación de responsabilidad por reclamaciones marítimas, 1976*. (1996). [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/238229/8281.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/238229/8281.pdf)



## 7. Apéndice

Hoja de evaluación de la contaminación por pellets de plástico costeros (modificada de OMI/PNUMA, 2009)

### Hoja de evaluación de la contaminación por pellets de plástico costeros (Parte 1)

<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b>	Fecha (dd/mm/aa)	Hora de la encuesta (local)
	Incidente:	De a
	ID de segmento:	sol / Nube / Niebla / Lluvia / Viento

<b>2. EQUIPO DE ENCUESTA</b>	Organización	Número de teléfono

<b>3. SEGMENTO</b>	Longitud total: _____ m.	Longitud encuestada: _____ m.
Iniciar GPS: LAT	LARGO	
Finalizar GPS: LAT	LARGO	

<b>4. TIPO DE COSTA</b>		✓✓ =primaria (una sola) ✓ =secundario	
Encierra en un círculo las casillas de tipos de costa y otras características.			
<input type="checkbox"/>	Acantilado de roca	<input type="checkbox"/>	Sedimentos de lodo
<input type="checkbox"/>	Pendiente de roca con plataformas	<input type="checkbox"/>	Sedimentos de arena
<input type="checkbox"/>	Sólido artificial	<input type="checkbox"/>	Sedimentos mixtos
<input type="checkbox"/>	Permeable artificial	<input type="checkbox"/>	Guijarro - adoquín - teja
<input type="checkbox"/>	Salina	<input type="checkbox"/>	Roca
<input type="checkbox"/>	Otro (describir):	Exposición a las olas (marque uno): Muy expuesto / expuesto / parcialmente resguardado / muy resguardado	
Otras características:			
<input type="checkbox"/>	Estuario/desembocadura del río	<input type="checkbox"/>	Artefacto/estructura histórica
<input type="checkbox"/>	Área de servicios	<input type="checkbox"/>	Pastos marinos muertos ( <i>Posidonia</i> ) depósitos
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Grietas o hendiduras profundas

<b>5. CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS</b>	¿Escombros? Sí No	¿Contaminado? Sí No
	Cantidad: _____ bolsas/camiones	
¿Acceso directo a la costa? Sí No	Restricciones de acceso	
¿A lo largo del siguiente segmento? Sí No		
¿Acantilado trasero? Sí/No Alt. _____ metro.	¿Zona adecuada para tumbarse? Sí No	
¿Actividad de limpieza en curso? Sí No		

<b>6. PELLETS DE PLÁSTICO DE SUPERFICIE</b>
---

MARQUE AQUÍ SI NO SE OBSERVA NADA:												
Zona <small>IDENTIFICACIÓN</small>	Posición				Cobertura de pellets de plástico			Características de los pellets de plástico				
	Zona				Cobertura de pellets de plástico			Características de los pellets de plástico				
IDENTIFICACIÓN	I	METRO	Ud.	S	Longitud	Ancho	Distr. %	plastico virgen bolitas	plastico quemado bolitas	plastico derretido bolitas	Otro	

L, M, U y S = inferior, media, superior y supramareal

<b>7. PELLETS DE PLÁSTICO SUBTERRÁNEO</b>							MARQUE AQUÍ SI NO HAY INVESTIGACIÓN:				
ID de pozo	Posición				Profundidad del pozo (cm)	contaminar zona educativa (cm-cm)	Características de los gránulos de plástico subterráneos				
	I	METRO	Ud.	S			plastico virgen bolitas	quemado bolitas	el plastico	Derretido bolitas	el plastico

## 8. COMENTARIOS GENERALES:

Utilice el espacio de arriba según sea necesario para proporcionar comentarios sobre el sitio no cubierto por la parte 1 del formulario. Si no hay más comentarios escriba "NINGUNO". Los comentarios pueden abordar las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué tan contaminado está este segmento (superficie y subsuelo)?
- ✓ ¿Existe necesidad de limpieza en este segmento?
- ✓ ¿Qué métodos de limpieza son apropiados o recomendados?
- ✓ ¿Cuál es la sensibilidad ambiental y socioeconómica de este segmento?
- ✓ ¿Qué cuidados se necesitan para proteger los recursos sensibles?
- ✓ ¿Cuál es la prioridad de limpieza en este segmento?
- ✓ ¿Se realizan correctamente las operaciones de limpieza?
- ✓ ¿El método de limpieza utilizado es el más efectivo o causa daños colaterales?
- ✓ ¿Es necesario probar otro método?

¿El segmento cumple con los criterios de limpieza?

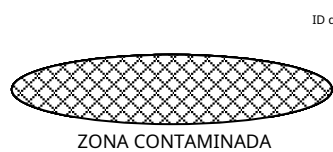
Hoja de evaluación de la contaminación por pellets de plástico costeros (Parte 3)

LISTA DE VERIFICACIÓN

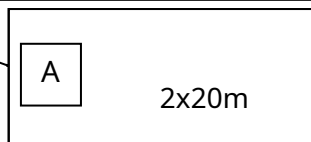
SEGMENTO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_/\_\_/\_\_

- FLECHA NORTE
- ZONAS CONTAMINADAS
- ANCHURA LONGITUD.
- CARACTERÍSTICAS DE LOS PELLETS
- %CUBRIR
- ESCALA
- LÍMITE DEL SEGMENTO
- TIPO DE COSTA

LEYENDA



ID de zona



Dimensiones de zona

FOSA: Sin pellets de plástico subterráneos

Pozo 2: Pellets de plástico subterráneos

1 Ubicación, dirección y números de la foto.



2 Ubicación del video PAC: gramoc: Emitio | norte: 6a: y números