

*Convenio para la protección del Medio Marino y
de la Región Costera del Mediterráneo*

**DIRECTRICES PARA EL MANEJO DE
LOS MATERIALES DE DRAGADO**

La Reunión Conjunta del Comité Científico y del Comité Socioeconómico, celebrada en Atenas del 3 al 7 de mayo de 1993, pidió a la Secretaría que preparara unas directrices relativas a la sección B del anexo I del Protocolo sobre la Prevención de la Contaminación del Mar Mediterráneo causada por Vertidos desde Buques y Aeronaves, aprobado en 1976 (en adelante "el protocolo sobre Vertidos"). Posteriormente el texto modificado del Protocolo sobre Vertidos, adoptado por las Partes Contratantes en junio de 1995, preveía que se prepararan y adoptaran directrices relativas al vertido de materiales de dragado (artículo 6).

Una primera reunión de los expertos designados por los gobiernos en la preparación de directrices sobre el manejo de los materiales de dragado, respaldada por el Gobierno de España, se celebró en Valencia (España) del 20 al 22 de mayo de 1996 para examinar un primer conjunto de un proyecto de directrices preparado por la Secretaría. La reunión revisó el texto y pidió a la Secretaría que enmendara el proyecto de directrices sobre la base de las deliberaciones celebradas en esa reunión (UNEP(OCA)/MED WG.114/4).

Una segunda reunión, de que fue anfitrión el Gobierno de Malta, se celebró, en Sliema (Malta) del 30 de noviembre al 2 de diciembre de 1998 con el apoyo financiero de la Comisión Europea (UNEP(OCA)/MED WG.149/4). La reunión revisó el proyecto de directrices preparado por la Secretaría y se puso de acuerdo sobre un texto que se transmitiría a la reunión de los Coordinadores Nacionales de MED POL para su aprobación y, posteriormente, a las Partes Contratantes para su adopción.

El presente documento contiene el texto de las directrices tal como fue aprobado por las Partes Contratantes en su undécima Reunión Ordinaria celebrada en Malta del 27 al 30 de octubre de 1999.

ÍNDICE

	<u>Página No.</u>
Prefacio	1
Introducción	1
1. PRESCRIPCIONES DEL PROTOCOLO SOBRE VERTIDOS	2
2. CONDICIONES EN QUE SE PUEDEN EXPEDIR PERMISOS DE VERTIDO DE MATERIALES DE DRAGADO	3

PARTE A

EVALUACIÓN Y MANEJO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

1. Caracterización del material de dragado	3
2. Eliminación de los materiales de dragado	3
3. Procedimiento de adopción de decisiones	3
4. Evaluación de las características y la composición de los materiales de dragado	5
Características físicas	5
Características químicas y biológicas	5
Exclusiones	7
5. Directrices sobre toma de muestras y análisis de los materiales de dragado	7
Toma de muestras a los efectos de expedir un permiso de vertido	7
Muestreo en el caso de renovación de un permiso de vertido	8
Comunicación de datos sobre los aportes	9
Parámetros y métodos	9
6. Características del lugar donde se efectúa el vertido y método de depósito	10
7. Consideraciones y condiciones generales	11
Naturaleza, prevención y minimización del impacto de la eliminación de los materiales de dragado	11
- Impacto físico	12
- Impacto químico	12
- Impacto bacteriológico	12
- Impacto biológico	13
- Impacto económico	13
- Métodos de gestión	13
8. Técnicas de manejo de las eliminaciones	14
9. Permisos	15
10. Informes	15

PARTE B

**VIGILANCIA DE LAS OPERACIONES DE VERTIDO DE
MATERIALES DE DRAGADO**

1.	Definición	16
2.	Fundamento lógico	16
3.	Objetivos	16
4.	Estrategia	16
5.	Hipótesis sobre el impacto	17
6.	Evaluación preliminar	17
7.	Base de referencia	18
8.	Verificación de la hipótesis sobre el impacto: determinación del programa de vigilancia	18
9.	Vigilancia	19
10.	Notificación	20
11.	Utilización de la información obtenida	20

**SUPLEMENTOS TÉCNICOS A LAS DIRECTRICES PARA EL MANEJO
DE LOS MATERIALES DE DRAGADO**

**ANEXO TÉCNICO 1: REQUISITOS ANALÍTICOS PARA LA EVALUACIÓN
DE LOS MATERIALES DE DRAGADO**

	Primer elemento: Propiedades físicas	21
	Segundo elemento: propiedades químicas	21
1.	Determinantes del grupo primario	21
2.	Determinantes del grupo secundario	22
	Tercer elemento: Propiedades y efectos biológicos	22
1.	Bioensayos de toxicidad	22
2.	Indicadores biológicos	23
3.	Experimentos en el microcosmos	23
4.	Experimentos en el mesocosmos	23
5.	Observaciones sobre el terreno de las comunidades bentónicas	23
6.	Otras propiedades biológicas	23
	Información suplementaria	24

ANEXO TÉCNICO 2: TÉCNICAS DE NORMALIZACIÓN PARA LOS ESTUDIOS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS CONTAMINANTES		24
1.	Introducción	24
2.	Estrategia de muestreo	25
3.	Procedimientos analíticos	26
3.1	Fracciones granulométricas	26
3.2	Análisis de contaminantes	26
4.	Procedimientos de normalización	26
4.1	Normalización granulométrica	26
4.2	Normalización geoquímica	27
4.3	Interpretación de los datos	27
5.	Conclusiones	29
6.	Bibliografía	29
ANEXO TÉCNICO 3: CONSIDERACIONES QUE SE HAN DE TOMAR EN CUENTA AL ADOPTAR UNA DECISIÓN DE OTORGAR UN PERMISO DE VERTIDO		30
I.	UTILIZACIONES PROVECHOSAS DE LOS MATERIALES DE DRAGADO	30
II.	ELIMINACIÓN EN TIERRA	31
III.	TRATAMIENTO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO	31
ANEXO TÉCNICO 4: MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA) DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO		32
FIGURAS Y CUADRO		
Figura 1:	Diagrama de flujos indicativo	34
Figura 2:	Enfoque típico para la determinación de los parámetros físicos y químicos de los sedimentos marinos	35
Cuadro 1:	Resumen de los factores de normalización	36

Prefacio

Las presentes directrices tienen por objeto ayudar a las Partes Contratantes en la aplicación del Protocolo para la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo causada por vertidos desde buques y aeronaves o de incineración en el mar, en adelante designado "el Protocolo", con respecto al manejo de los materiales de dragado; el Protocolo, firmado en 1995 por 16 Partes Contratantes, no ha entrado todavía en vigor.

Algunos aspectos de estas directrices son una adaptación al contexto técnico económico de la cuenca mediterránea del marco para la evaluación de los materiales de dragado, adoptado el 8 de diciembre de 1995 por las Partes Contratantes en la Convención de Londres sobre la prevención de la contaminación marina resultante del vertido de desechos y otras materias, de 13 de noviembre de 1972, en la forma modificada en 1993.

Sin embargo, se reconoce implícitamente que las consideraciones generales y los procedimientos detallados descritos en las directrices no son aplicables en su totalidad a todas las situaciones nacionales o locales.

Introducción

Las actividades de dragado son un componente esencial de las actividades portuarias.

Cabe distinguir dos grandes categorías de dragados:

- **Dragado inicial**, principalmente con fines de navegación, para ampliar o profundizar los canales y las zonas portuarias existentes o crear otros nuevos; este tipo de actividad de dragado incluye algunas actividades técnicas en el fondo del mar como la excavación de zanjas para tuberías o cables, la apertura de túneles, la eliminación de material poco adecuado para los cimientos o la supresión de la cubierta en caso de extracciones de agregados;
- **Dragado de mantenimiento** para que los canales, los amarraderos o las obras de ingeniería civil conserven sus dimensiones de diseño.

Todas estas actividades pueden producir grandes cantidades de material que habrá que eliminar. Una pequeña parte de este material puede estar contaminado por las actividades humanas en tal medida que habrá que imponer condiciones ecológicas a los lugares donde los sedimentos se dragan o vierten.

Se debe reconocer asimismo que las actividades de dragado como tales pueden dañar el medio marino, especialmente cuando se efectúan en mar abierto cerca de zonas sensibles (zonas de acuicultura, zonas recreativas, ...). Así sucede en particular cuando las operaciones de dragado tienen una repercusión física (aumento de la turbidez) y vuelven a poner en suspensión o a liberar contaminantes importantes (metales pesados, contaminantes orgánicos o bacterianos).

Dado cuanto antecede, se insta encarecidamente a las Partes Contratantes a que ejerzan el control sobre las operaciones de dragado paralelamente al que ejercen sobre los vertidos. El empleo de las mejores prácticas ambientales (MPA) en las actividades de dragado es una condición previa esencial para los vertidos, con el fin de reducir al mínimo la cantidad de materiales que se tienen que dragar y la repercusión de las actividades de dragado y vertido en las zonas marítimas.

Se puede obtener asesoramiento de varias organizaciones internacionales, entre ellas la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación 1986: Eliminación del Material de Dragado en el Mar (LDC/SG9/2/1). Por medio de su Marco de la Política Ambiental

y de sus estrechos lazos con la industria en la elaboración de tecnologías de producción industrial más limpias, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) puede ofrecer asesoramiento de expertos y capacitación para mejorar las capacidades con el fin de elaborar un plan de gestión integrado con respecto a los materiales de desecho dragados.

1. PRESCRIPCIONES DEL PROTOCOLO SOBRE VERTIDOS

1.1 Con arreglo al párrafo 1 del artículo 4 del Protocolo queda prohibido el vertido de desechos y otras materias.

No obstante, de conformidad con el apartado a) del párrafo 2 del artículo 4 del Protocolo, en determinadas condiciones cabe renunciar a este principio y autorizar el vertido de materiales de dragado.

1.2 Con arreglo al artículo 5, el vertido requiere un permiso especial previo de las autoridades nacionales competentes.

1.3 Además, de conformidad con el artículo 6 del Protocolo, los permisos a que se ha hecho referencia en el artículo 5 se expedirán únicamente después de un meticuloso examen de los factores indicados en el Anexo al Protocolo. El párrafo 2 del artículo 6 dispone que las Partes Contratantes establecerán y adoptarán criterios, directrices y procedimientos para el vertido de desechos u otras materias enumeradas en el artículo 4.2 con el fin de evitar, reducir y eliminar la contaminación.

1.4 Estas directrices para el manejo de los materiales de dragado, que incluyen asesoramiento sobre el muestreo y análisis de los materiales de dragado se han preparado con el fin de proporcionar pautas a las Partes Contratantes sobre:

- a) el cumplimiento de sus obligaciones con respecto a la cuestión de los permisos para el vertido de materiales de dragado de conformidad con las disposiciones del Protocolo;
- b) la transmisión a la organización de datos fiables sobre las aportaciones de contaminantes a las aguas del Protocolo por medio del vertido de materiales de dragado.

1.5 Habida cuenta de cuanto antecede, estas directrices están destinadas a permitir a las Partes Contratantes que manejen los materiales de dragado sin contaminar el medio marino. De conformidad con el apartado a) del párrafo 2 del artículo 4 del Protocolo sobre Vertidos, estas directrices se refieren concretamente al vertido de materiales de dragado desde los buques y las aeronaves. No conciernen a las operaciones de dragado ni a la eliminación de los materiales dragados por métodos distintos del vertido.

1.6 Las directrices se presentan en dos partes. La parte A se ocupa de la evaluación y manejo del material dragado, mientras que la Parte B aporta orientaciones sobre la concepción y ejecución de actividades de vigilancia de los lugares de vertidos marinos.

Las directrices comienzan con una pauta sobre las condiciones en las que se pueden expedir permisos. Las secciones 4, 6 y 7 abordan las consideraciones pertinentes en el Anexo al Protocolo, a saber: las características y composición del material de dragado (Parte A), las características del lugar del vertido y método de depósito (Parte B) y las consideraciones y condiciones generales (Parte C). La sección 5 contiene orientaciones adicionales sobre el muestreo y análisis de los materiales de dragado.

2. CONDICIONES EN QUE SE PUEDEN EXPEDIR PERMISOS PARA PROCEDER AL VERTIDO DE MATERIALES DE DRAGADO

PARTE A

EVALUACIÓN Y MANEJO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

1. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE DRAGADO

1.1 A los efectos de las presentes directrices, se aplican la(s) definición(definiciones) siguiente(s):

- por “material de dragado” se entiende cualquier formación sedimentaria (arcilla, cieno, arena, grava, rocas y cualquier material rocoso autóctono afín) extraído de zonas que están normal o regularmente cubiertas por el agua de mar, mediante el empleo de un equipo de dragado u otro equipo de excavación;

Para cualquier otra definición pertinente, se aplica el texto del art. 3 del Protocolo para la prevención y eliminación de la contaminación del mar Mediterráneo causada por vertidos desde buques y aeronaves o la incineración en el mar.

2. ELIMINACIÓN DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

2.1 En la inmensa mayoría de los casos el vertido menoscaba el entorno natural por lo que antes de adoptar la decisión de otorgar un permiso de vertido se deben tomar en consideración otros métodos de eliminación. En particular se debe considerar todos los posibles usos de los materiales de dragado (véase el anexo técnico 3).

3. PROCEDIMIENTO DE ADOPCIÓN DE DECISIONES

3.1 Se recomienda la elección de un lugar adecuado para los vertidos más que una aplicación de prueba. La selección del lugar para reducir al mínimo la repercusión en las zonas de pesca comerciales o recreativas es una consideración importante en la protección de los recursos y está abordada de manera pormenorizada en la Parte C del Anexo del Protocolo. (En la sección 7 infra se dan otras orientaciones para la aplicación de la Parte C del Anexo).

3.2 Para determinar las condiciones en las que se pueden expedir permisos para el vertido de materiales de dragado, las Partes Contratantes deben establecer sobre una base nacional y/o regional, según un procedimiento de adopción de decisiones para evaluar las propiedades de los materiales y sus componentes, teniendo en cuenta la protección de la salud humana y del medio marino.

3.3 El procedimiento de adopción de decisiones se basa en un conjunto de criterios elaborados sobre una base nacional y/o regional, según proceda, que se ajusten a lo dispuesto en los artículo 4, 5 y 6 del Protocolo y sean aplicables a sustancias concretas. Estos criterios deben tener en consideración la experiencia adquirida con respecto a los efectos potenciales sobre la salud humana y el medio marino.

Esos criterios se pueden describir como sigue:

- a) características físicas, químicas y geoquímicas (por ejemplo, criterios sobre la calidad de los sedimentos);

- b) efectos biológicos de los productos de la actividad de vertido (impacto en los ecosistemas marinos);
- c) datos de referencia relacionados con métodos particulares de vertido o con lugares de vertido;
- d) efectos ambientales que son específicos del vertido de los materiales de dragado y que se consideran indeseables fuera y/o en las cercanías de los lugares de vertido designados;
- e) la contribución de los vertidos a los flujos de contaminantes locales ya existentes (criterios del flujo).

3.4 Los criterios se deben deducir de estudios de los sedimentos que tienen propiedades geoquímicas similares a las de los materiales dragados y/o los del sistema de recepción. Según la variación natural de la geoquímica de los sedimentos, puede que sea necesario establecer conjuntos individuales de criterios para cada zona en la que se efectúen dragados o vertidos.

3.5 El procedimiento de adopción de decisiones, con respecto al nivel de referencia de base natural y a algunos contaminantes específicos o respuestas biológicas, puede fijar un umbral de referencia superior y otro inferior, dando así origen a tres posibilidades:

- a) los materiales que contienen contaminantes especificados o que causan respuestas biológicas que superan el umbral superior pertinente deben considerarse en general como inadecuados para ser vertidos en el mar;
- b) los materiales que contienen contaminantes especificados o que causan respuestas biológicas por debajo del umbral mínimo pertinente en general se considera que afectan poco al medio ambiente en caso de ser vertidos en el mar;
- c) los materiales de calidad intermedia deben ser sometidos a una evaluación más detallada para determinar si se prestan a ser vertidos en el mar.

3.6 Cuando los criterios y los límites reguladores conexos no se pueden satisfacer (caso a) supra), una Parte Contratante no debe expedir un permiso a menos que un examen detallado de conformidad con la Parte C del Anexo del Protocolo indique que el vertido en el mar es, no obstante, la opción menos nociva, en comparación con otras técnicas de eliminación. Si se llega a esa conclusión, la Parte Contratante debe:

- a) aplicar un programa para la reducción en la fuente de la contaminación que alcanza la zona de dragado, cuando existe una fuente que se puede reducir por medio de ese programa, con miras a satisfacer los criterios establecidos;
- b) tomar todas las medidas prácticas para mitigar la repercusión de la operación de vertido en el medio marino con inclusión, por ejemplo, de la utilización de métodos de contención (capsulado) o de tratamiento;
- c) preparar una hipótesis de la repercusión ambiental marina detallada;
- d) iniciar la vigilancia (actividad de seguimiento) destinada a verificar cualquier efecto adverso previsto del vertido, en particular con respecto a la hipótesis del impacto sobre el medio marino;
- e) expedir un permiso específico;

- f) informar a la Organización sobre el vertido que se ha llevado a cabo, indicando las razones por las que se expidió el permiso correspondiente.

Cuando es poco probable que las técnicas de manejo del dragado alivien los efectos nocivos del material contaminado, puede recurrirse a la separación física sobre la tierra de las fracciones más contaminadas (verbigracia, mediante el empleo de hidrociclones) para reducir al mínimo las cantidades de material para las que se requieren esas medidas.

3.7 Con miras a evaluar la posibilidad de armonizar o consolidar los criterios a que se ha hecho referencia en los párrafos 3.3 a 3.6 supra, con inclusión de cualquier criterio relativo a la calidad de los sedimentos, las Partes Contratantes están obligadas a informar a la Organización de los criterios adoptados, así como de la base científica sobre la que se han elaborado esos criterios.

3.8 Un elemento importante de estas directrices para la realización de las actividades de dragado es la preparación de una hipótesis del impacto sobre el medio marino (véase la Parte B, párrafos 5.1 y 5.2) con respecto a cada operación de vertido marino. Al concluir sus evaluaciones de las repercusiones ambientales de esas operaciones, antes de la expedición de un permiso, las Partes Contratantes deben formular hipótesis sobre el impacto de conformidad con la directriz prevista en la Parte B, párrafos 5.2 a 7.1. Esta hipótesis sobre el impacto constituirá la base principal para la concepción de las actividades de vigilancia posteriores a la operación.

4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y LA COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES DRAGADOS

Características físicas

4.1 Con respecto a todo el material de dragado que se vierta en el mar se debe obtener la información siguiente:

- cantidad de los materiales dragados (en toneladas brutas);
- método de dragado (dragado mecánico, hidráulico o neumático y aplicación de la mejor práctica ambiental);
- determinación preliminar aproximada de las características de los sedimentos (por ejemplo arcilla/limo/arena/grava/roca).

4.2 Para evaluar la capacidad del lugar de recibir materiales de dragado, se deben tomar en consideración tanto la cantidad total de materiales como el ritmo de carga prevista o efectiva en el lugar de vertido.

Características químicas y biológicas

4.3 Se necesitará una caracterización química y biológica para evaluar plenamente el impacto potencial. La información podrá proceder de las fuentes existentes, por ejemplo, de las observaciones sobre el terreno del impacto de materiales similares en lugares análogos, o de los datos de pruebas anteriores relativos a materiales similares puestos a prueba hace no más de cinco años, y del conocimiento de las descargas locales u otras fuentes de contaminación, respaldados por un análisis selectivo en esos casos que puede resultar innecesario para volver a medir los efectos potenciales de materiales similares en las zonas circundantes.

4.4 La caracterización química y, en la forma que proceda, biológica, será necesaria como un primer paso para estimar la carga bruta de contaminantes, especialmente en lo que se

refiere a las nuevas operaciones de dragado. Las prescripciones relativas a los segmentos y compuestos que se han de analizar figuran en la sección 5.

4.5 El objetivo de las pruebas indicadas en la presente sección es determinar si el vertido en el mar de materiales de dragado que contengan contaminantes puede causar unos efectos indeseables, especialmente la posibilidad de efectos crónicos o tóxicos agudos en los organismos marinos o la salud humana, derivados o no de su bioacumulación en los organismos marinos y especialmente en las especies alimenticias.

4.6 Los siguientes procedimientos de pruebas biológicas podrían no resultar necesarios si la caracterización física y química anterior de los materiales de dragado y de la zona receptora, y la disponibilidad de información biológica, permiten una evaluación del impacto ambiental sobre una base científica adecuada.

Sin embargo:

- si el análisis anterior de los materiales muestra la presencia de contaminantes en cantidades que superan el umbral de referencia superior indicado en el párrafo 3.5 a) supra o de sustancias cuyos efectos biológicos no se conocen,
- si existe una preocupación por los efectos antagónicos o sinérgicos de más de una sustancia;
- o si existe alguna duda en cuanto a la composición exacta o propiedades del material,

es necesario aplicar los procedimientos de prueba biológica adecuados.

Estos procedimientos, que deben entrañar especies de bioindicadores pueden incluir los siguientes:

- pruebas de toxicidad aguda;
- pruebas de toxicidad crónica capaces de evaluar los efectos subletales a largo plazo, como los biotests que se extienden a todo un ciclo de vida;
- pruebas para determinar la posibilidad de bioacumulación de la sustancia de que se trate;
- pruebas para determinar la posibilidad de alteración de la sustancia de que se trate.

4.7 Las sustancias contenidas en los materiales de dragado pueden experimentar cambios físicos, químicos y bioquímicos al depositarse en el medio marino. La susceptibilidad de los materiales de dragado a esos cambios deben examinarse a la luz del destino definitivo y los efectos potenciales de los materiales de dragado. Esto se puede reflejar en la hipótesis relativa al impacto y también en un programa de seguimiento.

Exclusiones

4.8 Los materiales de dragado pueden quedar excluidos de las pruebas a que se hace referencia en los párrafos 4.3 y 4.6 de estas directrices si satisfacen alguno de los criterios enumerados más adelante; en esos casos, las disposiciones de las Partes B y C del Anexo del Protocolo (véanse las secciones 6 y 7 *infra*) deben tenerse en cuenta.

- a) los materiales de dragado están constituidos casi exclusivamente por arena, grava o roca; esos materiales se encuentran frecuentemente en zonas de elevadas corrientes o energía del oleaje, como las corrientes con grandes cargas de fondo o zonas costeras con barreras y canales móviles;
- b) los materiales de dragado están integrados por materiales geológicos anteriormente inalterados;
- c) los materiales de dragado están destinados a mantener o restaurar las playas y están compuestos predominantemente por arena, grava o caparzones de moluscos, con partículas de una dimensión compatible con los materiales de las playas de recepción.

En los proyectos de dragado inicial, las autoridades nacionales pueden, teniendo en cuenta la índole del material que se ha de vertir en el mar, excluir a parte de ese material de las disposiciones de las presentes directrices después de haber efectuado una toma de muestras representativa. Sin embargo, el dragado inicial en zonas que pueden contener sedimentos contaminados debería atenerse a la caracterización de conformidad con las presentes directrices, en particular el párrafo 4.4.

5. DIRECTRICES SOBRE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

Toma de muestras a los efectos de expedir un permiso de vertido

5.1 Para los materiales de dragado que requieren análisis detallados (verbigracia, que no estén exceptuados con arreglo al párrafo 4.8 *supra*, las directrices siguientes indican cómo se puede obtener una información analítica suficiente a los efectos de expedir un permiso. La valoración y el conocimiento de las condiciones locales serán esenciales en la aplicación de estas directrices con respecto a cualquier actuación particular (véase el párrafo 5.11).

5.2 Se deberá efectuar un estudio *in situ* de la zona que va a ser objeto de dragado. La distribución y profundidad del muestreo debe reflejar la dimensión de la zona que se va a dragar, el volumen que se ha dragado y la variabilidad prevista en la distribución horizontal y vertical de contaminantes. Para evaluar el número de muestras que se han de analizar, pueden utilizarse diversos enfoques.

5.3 A continuación figuran dos ejemplos de estos enfoques diferentes:

- a. El número de estaciones de muestreo debe ajustarse a la zona que se va a dragar mediante la aplicación de la fórmula $N = \sqrt{X/25}$, donde x es la zona en metros cuadrados y N el número de estaciones de muestreo, siendo $N \geq 4$. Según las características del intercambio de la zona que se va a dragar, el número de estaciones de muestreo debe ser menor para espacios abiertos (véase "Recommendations for the management of dredged material in the port of Spain" (Cedex 1994)).

b. En el cuadro que sigue figura una indicación del número de muestras que se han de analizar en relación con el número de m³ que se han de dragar para obtener resultados representativos, partiendo del supuesto de que en la zona que se va a dragar los sedimentos son razonablemente uniformes.

Cantidad dragada (m³ <i>in situ</i>)	Número de estaciones
Hasta 25 000	3
de 25 000 a 100 000	4 - 6
de 100 000 a 500 000	7 - 15
de 500 000 a 2 000 000	16 - 30
> 2 000 000	10 más por millón de m ³

Se deberían tomar testigos donde la profundidad del dragado y la distribución vertical prevista de contaminantes lo justifique: de no ser posible, una muestra tomada al azar se considera adecuada. El muestreo efectuado a bordo de una draga no es aceptable.

5.4 Normalmente, las muestras de cada ubicación deben analizarse por separado. Sin embargo, si los sedimentos presentan unas características claramente homogéneas con respecto a las características del sedimento (fracciones granulométricas y carga en materia orgánica) y al nivel previsto de contaminación, es posible obtener muestras compuestas de lugares adyacentes, dos o más a la vez, a condición de que se procure que los resultados den un valor medio justificado con respecto a los contaminantes. Las muestras de origen deben conservarse hasta que haya quedado completado el procedimiento para la emisión de un permiso, por si los resultados indicaran que era necesario proceder a otro análisis.

Muestreo en el caso de renovación de un permiso de vertido

5.5 Si un estudio indica que los materiales están esencialmente por debajo del umbral de referencia que figura en el apartado b) del párrafo 3.5 *supra* y no se ha producido ningún nuevo acontecimiento de contaminación que indique que la calidad de los materiales se ha deteriorado, los estudios no tendrán que repetirse.

5.6 Si la actividad de dragado entraña materiales con un contenido contaminante entre los umbrales de referencia superior e inferior que figuran en los apartados a) y b) del párrafo 3.5, puede que sea posible, sobre la base del estudio inicial, reducir sea el número de estaciones de muestreo sea el número de parámetros que se han de medir. No obstante, se debe proporcionar suficiente información para confirmar el análisis inicial para expedir un permiso. Si ese programa de muestreo reducido no confirma el análisis anterior, habrá que repetir todo el estudio. Si el número de parámetros con respecto a las mediciones repetitivas es reducido, es conveniente proceder a un nuevo análisis de todos los parámetros enumerados en el Anexo Técnico I a intervalos adecuados no mayores de cinco años.

5.7 Con todo, en zonas en las que existe una tendencia a que los sedimentos muestren elevados niveles de contaminación, o cuando la distribución de los contaminantes cambia rápidamente como reacción a diversos factores ambientales, el análisis de los contaminantes pertinentes debe ser frecuente y estar vinculado al procedimiento de renovación de los permisos.

Comunicación de datos sobre los aportes

5.8 El plan de muestreo anteriormente descrito aporta información a los efectos de la expedición de permisos. Sin embargo, el plan puede simultáneamente proporcionar una base adecuada para la estimación de los aportes totales y, por el momento en la situación actual, puede ser considerado el criterio más preciso del que se dispone para este fin. En este contexto, se da por supuesto que los materiales no sometidos a análisis representan unos aportes insignificantes de contaminantes y, en consecuencia, no es preciso calcular ni comunicar las cargas de contaminantes.

Parámetros y métodos

5.9 Como los contaminantes se concentran principalmente en la fracción granulométrica fina (≤ 2 mm) e incluso más concretamente en la fracción arcillosa (≤ 2 μ m), el análisis debe efectuarse normalmente sobre la muestra de la fracción granulométrica fina (≤ 2 mm). Será asimismo necesario, para evaluar el probable impacto de los niveles de contaminantes, suministrar información sobre:

- las fracciones granulométricas (% arena, limo, arcilla);
- la carga de materia orgánica;
- la materia seca (% de sólidos).

5.10 Cuando haga falta efectuar un análisis, debe ser obligatorio para las sustancias metálicas enumeradas en el Anexo Técnico I (Determinantes del grupo primario). Con respecto a las sustancias organocloradas, los policlorobifenilos (PCB) deben analizarse caso por caso en los sedimentos no exentos porque siguen siendo contaminantes ambientales importantes. Otros organohalógenos deben medirse igualmente si es probable que estén presentes como resultado de aportaciones locales.

5.11 Además, la autoridad encargada de la expedición de los permisos debe examinar meticulosamente las aportaciones locales concretas, con inclusión de la probabilidad de contaminación por arsénico, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y compuestos orgánicos del estaño. La autoridad debe adoptar disposiciones para proceder al análisis de esas sustancias cuando sea necesario.

A este respecto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- las posibles vías por las que los contaminantes podrían razonablemente introducirse en los sedimentos;
- la probabilidad de contaminación debida a la escorrentía de superficie a partir de tierras agrícolas y urbanas;
- los derrames de contaminantes en la zona que se va a dragar, en particular como resultado de actividades portuarias;
- las descargas de desechos industriales y municipales (en el pasado y actualmente);
- el origen y la utilización anterior de los materiales dragados (por ejemplo, la alimentación de las playas); y
- depósitos naturales importantes de minerales y otras sustancias naturales.

5.12 En los anexos técnicos a las presentes directrices en la forma adoptada y actualizada periódicamente por las Partes Contratantes figuran otras pautas sobre la selección de determinantes y métodos de análisis de los contaminantes en condiciones locales y sobre los procedimientos que se han de utilizar a los efectos de la armonización y la evaluación de la calidad.

6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DONDE SE EFECTÚA EL VERTIDO Y MÉTODO DE DEPÓSITO

6.1 Las cuestiones relacionadas con los criterios de selección del lugar donde se efectúa el vertido se examinan de manera más detallada en los estudios preparados por GESAMP (Informes y Estudios N° 16: Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea, OMI 1982) y por el ICEM (Noveno Informe Anual de la Comisión de Oslo, Anexo 6).

La elección de un lugar para efectuar vertidos en el mar no sólo entraña la consideración de los parámetros ambientales, sino también la viabilidad económica y operacional.

6.2 Para poder evaluar un nuevo lugar de vertidos, las autoridades nacionales tendrán que examinar una información básica sobre sus características en una de las primeras etapas del proceso de adopción de decisiones.

A los efectos de estudiar el impacto, esta información debe incluir las coordenadas geográficas del lugar del vertido (latitud y longitud), la distancia a la costa más cercana así como la proximidad de la zona de vertido a:

- las zonas recreativas;
- las zonas de desove, repoblación y reproducción de peces, crustáceos y moluscos;
- las rutas conocidas de las migraciones de los peces o mamíferos marinos;
- las zonas de pesca comercial o deportiva;
- las zonas de maricultura;
- las zonas de belleza natural o de considerable importancia cultural o histórica;
- las zonas de importancia especial científica, biológica o ecológica;
- las rutas de navegación;
- las zonas reservadas a actividades militares;
- las utilizaciones técnicas del fondo del mar (por ejemplo, la extracción en curso o potencial de minerales de los fondos marinos, el tendido de cables submarinos, la desalinización o los lugares de conversión de la energía).

El vertido de los materiales de dragado no debe interferir ni menoscabar los usos comerciales y económicos legítimos del medio marino. La selección de los lugares de vertido debe tener en cuenta el carácter y la extensión de la pesca comercial y recreativa, así como la existencia de zonas de acuicultura, desove, reproducción y alimentación.

6.3 Dada las incertidumbres en lo que respecta a la difusión de los contaminantes marinos que dan origen a una contaminación transfronteriza, el vertido de los materiales de dragado en el mar abierto **no se considera que es la solución ecológica más adecuada para prevenir la contaminación marina y, en consecuencia, debe evitarse.**

6.4 En lo que respecta a los materiales dragados, los únicos datos que se han de tomar en consideración a estos efectos deben incluir información sobre:

- el método de eliminación (por ejemplo, descarga de buques o gánguiles y otros métodos controlados, como la descarga a través de tuberías);
- el método del dragado (por ejemplo, hidráulico o mecánico), teniendo en cuenta las mejores prácticas ambientales (MPA).

6.5 Para la evaluación de las características de dispersión, la utilización de modelos matemáticos de difusión requiere la recopilación de determinados datos meteorológicos, hidrodinámicos y oceanográficos. Además, se debe disponer de datos sobre la velocidad del buque desde el que se vierten los materiales y el ritmo del vertido.

6.6 La evaluación básica de un lugar ya sea nuevo o anterior, incluye la consideración de los posibles efectos que podrían surgir debido al aumento de determinados componentes o a la interacción (verbigracia, los efectos sinérgicos) con otras sustancias introducidas en la zona, sea a través de otros vertidos, de aportaciones desde los ríos, de descargas desde las zonas costeras, de zonas de explotación, del transporte marítimo o a través de la atmósfera.

La tensión existente en las comunidades biológicas como resultado de esas actividades debe evaluarse antes de proceder a ninguna operación nueva o adicional de vertido.

Los posibles usos futuros de los recursos y atractivos de la zona receptora del mar deben tenerse presentes.

6.7 La información procedente de estudios de referencia y de vigilancia en los vertederos existentes será importante para la evaluación de cualquier nueva actividad de vertido en el mismo lugar o cerca de él.

7. CONSIDERACIONES Y CONDICIONES GENERALES

NATURALEZA, PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA ELIMINACIÓN DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

7.1 Se debe prestar particular atención a los materiales de dragado contaminados por hidrocarburos y que contienen sustancias que tienen una tendencia a flotar después de volver a estar en suspensión en la columna de agua. Esos materiales no deben vertirse de una manera o en un emplazamiento que pueda interferir con la pesca, la navegación, las actividades recreativas u otros usos beneficiosos del medio marino.

7.2 Al elegir los vertederos, se deben evitar los hábitat de especies raras, vulnerables o en peligro, teniendo en cuenta la preservación de la diversidad biológica.

7.3 Además de los efectos toxicológicos y de la bioacumulación de los componentes de los materiales de dragado, se deben tomar en consideración otras repercusiones posibles en la vida marina, como:

- la alteración de las capacidades sensoriales y fisiológicas y del comportamiento de los peces en particular con respecto a los predadores naturales;
- el enriquecimiento en nutrientes;
- el agotamiento del oxígeno;
- el aumento de la turbidez;
- la modificación de la composición de los sedimentos y el recubrimiento del fondo del mar.

Impacto físico

7.4 Todos los materiales de dragado, estén o no contaminados, producen un considerable impacto físico en el punto de eliminación. Este impacto comprende el recubrimiento del lecho del mar y un aumento localizado de los niveles de los sólidos en suspensión.

El impacto físico puede asimismo extenderse a zonas que quedan fuera de la zona de vertido como tal, como resultado del desplazamiento hacia adelante de los materiales vertidos debido a la acción de las olas, las mareas y las corrientes residuales, especialmente cuando se trata de fracciones finas.

En las aguas relativamente cerradas, los sedimentos que consumen oxígeno (por ejemplo, los que son ricos en carbono orgánico) pueden influir negativamente en el régimen de oxígeno de los sistemas receptores. De la misma manera, el vertido de sedimentos con altos niveles de nutrientes puede afectar considerablemente a los flujos de nutrientes y, posteriormente, en casos extremos, contribuir fuertemente a la eutrofización de la zona receptora.

Impacto químico

7.5 El impacto químico de la eliminación de los materiales de dragado sobre la calidad de las aguas marinas y la biota marina se debe principalmente a la dispersión de contaminantes en asociación con partículas en suspensión, y a la liberación de contaminantes de los sedimentos del vertedero.

La capacidad de retención de los contaminantes puede variar considerablemente. La movilidad de los contaminantes depende de varios factores entre los que figuran la forma química del contaminante, su distribución, el tipo de matriz, el estado físico del sistema (verbigracia, PH, T°, ...), las corrientes, la materia en suspensión (materia orgánica), el estado físico-químico del sistema, el tipo de procesos interactivos, como los mecanismos de absorción/desorción o de precipitación/ disolución, y las actividades biológicas.

Impacto bacteriológico

7.6 Desde el punto de vista bacteriológico, las actividades de dragado y el vertido de los materiales de dragado pueden entrañar la resuspensión de la flora sedimentaria, particularmente las bacterias fecales, que se encuentran atrapadas en los sedimentos. Los estudios realizados muestran que, en particular en los vertederos, existe una importante correlación entre la turbidez y las concentraciones de gérmenes puestos a prueba (coliformes fecales, estreptococos fecales).

Impacto biológico

7.7 La consecuencia biológica inmediata de este impacto físico comprende la sofocación de la flora y fauna bentónicas en la zona de vertido.

No obstante, en algunos casos, después de suspenderse las actividades de vertido, puede producirse una modificación del ecosistema, en particular cuando las características físicas de los sedimentos en los materiales de dragado son muy distintas de las de la zona receptora.

En determinadas circunstancias especiales, la eliminación puede obstaculizar la migración de los peces o crustáceos (por ejemplo, si el vertido se efectúa en los itinerarios de migración costera de los cangrejos).

Por otra parte, el impacto de la contaminación química resultante de la dispersión de contaminantes asociados con materias en suspensión, y de los contaminantes liberados de los sedimentos que se acumulan en el vertedero, puede provocar un cambio en la composición, la diversidad biológica y la abundancia de comunidades bentónicas.

Impacto económico

7.8 Una consecuencia importante de la presencia física del vertido de materiales de dragado es la interferencia con las actividades de pesca y, en algunos casos, con la navegación y las actividades recreativas. El primer aspecto está relacionado con el encubrimiento de zonas que se pueden utilizar para la pesca y las trabas resultantes para los aperos de pesca fijos; el entarquinamiento como resultado de los vertidos puede ocasionar peligros para la navegación y el depósito de arcilla o limo puede causar daños a las zonas recreativas. Estos problemas se agravan a veces cuando a los escombros se acumulan desechos portuarios voluminosos como vigas de madera, fragmentos de metales, trozos de cables, etc.

Métodos de gestión

7.9 La presente sección trata únicamente de las técnicas de gestión para minimizar los efectos físicos de la eliminación de materiales de dragado. Las medidas de control de la contaminación de los materiales de dragado se examinan en otras secciones de las presentes directrices.

7.10 La clave de la gestión reside en la selección meticulosa del lugar (véase la sección 5) y la evaluación de la discrepancia entre los recursos marinos, el medio marino y las actividades. Estas observaciones tienen por finalidad complementar esas consideraciones.

7.11 Para evitar una utilización excesiva de los fondos marinos, el número de lugares se debe reducir lo más posible y cada lugar debe utilizarse al máximo sin obstaculizar la navegación (formación de bajos de arena).

Se deben adoptar cuantas medidas se pueda para facilitar la recolonización una vez que se hayan detenido los depósitos.

7.12 Los efectos se pueden atenuar logrando que, en la medida de lo posible, los sedimentos en los materiales de dragado y en las zonas de recepción sean similares. Localmente, el impacto biológico puede reducirse aún más si la zona de sedimentación está sujeta naturalmente a una agitación física (corrientes horizontales y verticales). Cuando esto no es posible, y los materiales son limpios y finos, se debe recurrir a una forma de vertido deliberadamente dispersiva para reducir el recubrimiento a una pequeña superficie.

7.13 Con el dragado inicial y de mantenimiento, los materiales pueden ser de un carácter diferente de los sedimentos en el lugar de recepción y la recolonización puede verse afectada.

Cuando se depositan materiales voluminosos como rocas y arcilla, la pesca puede quedar obstaculizada, incluso a largo plazo.

7.14 Es posible que haya que imponer restricciones temporales a las actividades de vertido (por ejemplo en el momento de las mareas o en determinadas estaciones). Las trabas a la migración o el desove de los peces o crustáceos o a las actividades de pesca estacionales pueden evitarse imponiendo un calendario para las operaciones de vertido.

Las actividades de cavado de fosas y de relleno pueden también obstaculizar los comportamientos migratorios, por lo que serán necesarias medidas restrictivas similares.

7.15 Cuando proceda, los buques que efectúan los vertidos deben estar dotados de unos sistemas de localización precisos, por ejemplo, sistemas de satélite. Es preciso inspeccionar los barcos que efectúan los vertidos y controlar las operaciones periódicamente para que se respeten las condiciones del permiso de vertido y que la tripulación esté consciente de las responsabilidades que le incumben con arreglo al permiso. Los registros de los buques y los dispositivos automáticos de vigilancia y despliegue (por ejemplo las cajas negras) cuando se han instalado, deben inspeccionarse para asegurarse de que el vertido se efectúa en el lugar especificado.

Cuando los desechos sólidos constituyen un problema, puede ser necesario que el buque que efectúa los vertidos (o la draga) esté dotado de una rejilla para facilitar su retirada con miras a la eliminación (o recuperación) en tierra, en lugar de que se vierta en el mar.

7.16 La vigilancia es un componente esencial de la gestión (véase la Parte B).

8. TÉCNICAS DE MANEJO DE LAS ELIMINACIONES

8.1 Por último, el problema de la eliminación de los materiales de dragado contaminado sólo puede resolverse con eficacia mediante la aplicación de programas y la adopción de medidas para la eliminación progresiva de las descargas de contaminantes en las aguas de las que se toman los materiales de dragado.

Hasta que se alcance este objetivo, los problemas causados por materiales de dragado contaminados podrían resolverse recurriendo a técnicas adecuadas de manejo de las eliminaciones.

8.2 Las "técnicas de manejo de las eliminaciones" están constituidas por medidas y procedimientos que permiten reducir la repercusión de las sustancias potencialmente tóxicas y persistentes contenidas en los materiales de dragado o para mantenerlas a un nivel que no constituya un riesgo para la salud humana, ni cause daños a los recursos vivos y a la vida marina o a los lugares de esparcimiento ni obstaculice otros usos legítimos del mar.

8.3 En cualquier caso, esas técnicas deben utilizarse en plena conformidad con las consideraciones pertinentes que figuran en el anexo al Protocolo sobre Vertidos como la evaluación comparativa de diversas opciones de eliminación y deben siempre ir asociadas con una vigilancia posterior a la eliminación (seguimiento ecológico) para evaluar la eficacia de las técnicas y la necesidad de cualesquiera otras medidas de gestión complementarias.

9. PERMISOS

9.1 Todo permiso que autorice la eliminación en el mar indicará las condiciones en que se puede efectuar la eliminación así como un marco para evaluar y garantizar el cumplimiento.

9.2 Las condiciones del permiso deben redactarse en términos sencillos y claros y tendrán por objeto velar por que:

- a) sólo se viertan los materiales que se hayan considerado por sus características aceptables para ser eliminados en el mar, sobre la base de la evaluación del impacto;
- b) el materia sólo se deposite en el vertedero elegido;
- c) se apliquen todas las técnicas necesarias de manejo de la eliminación determinadas durante el análisis del impacto; y
- d) se cumplan los requisitos de vigilancia y se comuniquen los resultados a la autoridad que otorga el permiso.

10. INFORMES

10.1 Las Partes Contratantes deben comunicar a la organización que ha extendido los permisos la cantidad total de material dragado y las cargas de contaminantes. Deben también informar a la organización de sus actividades de vigilancia (véase la parte B).

10.2 La comunicación a la organización de los materiales excluidos del análisis será voluntaria.

PARTE B

VIGILANCIA DE LAS OPERACIONES DE VERTIDO DE MATERIALES DRAGADOS

1. DEFINICIÓN

1.1 En el contexto de la evaluación y regulación de las operaciones de vertido de materiales dragados que afectan al medio ambiente y a la salud humana, la vigilancia se define como el conjunto de medidas que tienen por objeto determinar, a partir de la medición repetida de un contaminante o efecto, ya sea directo o indirecto, de la introducción de este contaminante en el medio marino, las modificaciones espaciales y temporales que se producen en la zona de recepción como resultado de la actividad objeto de examen.

2. FUNDAMENTO LÓGICO

2.1 La vigilancia de las operaciones de vertido de los materiales dragados suele responder a las razones siguientes:

- i) comprobar si se han respetado las condiciones del permiso - control de la conformidad - y si se han evitado, en consecuencia, como estaba previsto, los efectos adversos en la zona de recepción como consecuencia del vertido;
- ii) mejorar la base sobre la que se valoran las solicitudes de permiso mediante el mejoramiento de los conocimientos de los efectos sobre el terreno de descargas importantes que no pueden estimarse directamente por medio de una evaluación de laboratorio o de la documentación;
- iii) aportar las pruebas necesarias para demostrar que, en el marco del Protocolo, las medidas de seguimiento aplicadas bastan para garantizar que las capacidades de dispersión y asimilación del medio marino no se han excedido y, por tanto, que no se causan daños al medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 Los objetivos de la vigilancia son determinar los niveles de contaminantes en todos los sedimentos por encima del umbral de referencia menor que figura en el apartado b) del párrafo 3.5 de las directrices y en los organismos bioindicadores, los efectos biológicos y las consecuencias para el medio marino del vertido de los materiales dragados y, por último, para ayudar a los gestores a combatir la exposición de los organismos a los materiales de dragado y contaminantes conexos.

4. ESTRATEGIA

4.1 Las actividades de vigilancia son caras puesto que requieren considerables recursos tanto para ejecutar los programas de medición y muestreo en el mar como para la labor analítica posterior de las muestras.

Para abordar el programa de vigilancia de una manera eficaz en función de los recursos, es esencial que el programa persiga objetivos claramente definidos, que las mediciones efectuadas correspondan a esos objetivos y que los resultados se examinen a intervalos regulares en relación con los objetivos.

Como los efectos del vertido de materiales de dragado es probable que sean similares

en muchas zonas, no parece que esté muy justificado vigilar todos los lugares, particularmente los que reciben pequeñas cantidades de materiales dragados. Sería más eficaz llevar a cabo investigaciones más detalladas en unos pocos lugares cuidadosamente elegidos (por ejemplo, los que reciben grandes aportes de materiales de dragado) para obtener una mejor comprensión de sus procesos y efectos.

En zonas que presentan las mismas características físicas, químicas y biológicas, o casi las mismas características, existen fuertes presunciones de que los efectos del vertido de materiales de dragado son similares. En los planos científico y económico, es muy difícil justificar la vigilancia de todos los lugares, particularmente de los que reciben pequeñas cantidades de materiales de dragado (por ejemplo, menos de 25.000 toneladas al año). En consecuencia, es más adecuado y rentable concentrarse en investigaciones detalladas en unos pocos lugares cuidadosamente seleccionados (por ejemplo, los que están sometidos a grandes aportes de materiales de dragado) para obtener una mejor comprensión de los procesos y efectos correspondientes.

5. HIPÓTESIS SOBRE EL IMPACTO

5.1 Para establecer esos objetivos, es primeramente necesario deducir una hipótesis sobre la repercusión que describa los efectos previstos en el medio físico, químico y biológico tanto de la zona de vertido como de las zonas externas. La hipótesis sobre la repercusión constituye la base para determinar el programa de vigilancia sobre el terreno.

5.2 El objetivo de una hipótesis sobre la repercusión es facilitar, sobre la base de la información disponible, un análisis científico conciso de los efectos potenciales de la operación propuesta sobre la salud humana, los recursos vivos, la vida marina, las zonas recreativas y otras utilidades legítimas del mar. Con este fin, la hipótesis sobre el impacto debe incorporar información sobre las características del material dragado y sobre las condiciones del vertedero propuesto. Debe abarcar escalas temporales y espaciales de los efectos potenciales.

Uno de los principales requisitos de la hipótesis sobre el impacto es que se han de elaborar criterios que describan los efectos ambientales concretos de las actividades de vertido, teniendo en cuenta que esos efectos han de evitarse fuera de las zonas de dragado y vertido designadas (véase la parte A, sección 3).

6. EVALUACIÓN PRELIMINAR

6.1 La evaluación preliminar debe ser lo más completa posible. Se deben identificar las zonas principales del impacto potencial así como las que se considera que sufren las consecuencias más graves para la salud humana y el medio ambiente. A menudo se consideran prioridades a este respecto las alteraciones del medio físico, los riesgos para la salud humana, la reducción del valor de los recursos marinos y el obstáculos de otras utilidades legítimas del mar.

6.2 Las consecuencias previstas del vertido (metas) pueden describirse en función de los hábitat, los procesos, las especies, las comunidades y los usos afectados por el vertido. El carácter preciso del cambio, la reacción o el obstáculo (efecto) previsto pueden describirse a continuación. La meta y el efecto pueden describirse (cuantificados) junto con el suficiente lujo de detalles para eliminar cualquier duda en cuanto a los parámetros que se han de medir durante la vigilancia posterior a la actividad sobre el terreno. En este último contexto, podría ser esencial determinar "dónde" y "cuándo" cabe prever las repercusiones.

7. BASE DE REFERENCIA

7.1 Para elaborar una hipótesis sobre el impacto, puede ser necesario realizar un estudio de base que describa no sólo las características ambientales, sino también la variabilidad del medio ambiente. Puede ser igualmente útil elaborar modelos sobre el transporte de los sedimentos, la hidrodinámica y otros modelos posibles para determinar los posibles efectos del vertido.

Dondequiera que se esperen efectos físicos o químicos en el fondo del mar, será necesario examinar la estructura de la comunidad bentónica en zonas en las que se dispersa el material de dragado. Si se trata de efectos químicos, puede ser asimismo necesario examinar la calidad química de los sedimentos y la biota (con inclusión de los peces), en particular el contenido de los principales contaminantes.

Para evaluar la repercusión de la actividad propuesta en el entorno circundante, será necesario comparar la calidad física, química y biológica de las zonas afectadas con los lugares de referencia situados fuera de las rutas de vertido de los materiales de dragado. Esas zonas se pueden identificar durante las primeras etapas de la evaluación del impacto.

8. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS SOBRE EL IMPACTO: DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA

8.1 Se debe encomendar al programa de medición la misión de comprobar que los cambios físicos, químicos y biológicos en el entorno receptor corresponden a los proyectados y no superan a la hipótesis sobre la repercusión prevista.

El programa de medición debe tener por objeto determinar:

- a) si la zona de impacto difiere de la proyectada; y
- b) si la amplitud de los cambios fuera de la zona de impacto directo corresponde a la escala prevista.

Cabe responder a la primera pregunta concibiendo un orden de mediciones en el espacio y en el tiempo que circunscriba la zona proyectada del impacto para que no se supere la escala espacial proyectada del cambio.

A la segunda pregunta se puede contestar efectuando mediciones físicas, químicas y biológicas que aporten información sobre la extensión del cambio que se produce fuera de la zona de impacto, una vez que se han efectuado las operaciones de vertido (verificación de una hipótesis nula).

A continuación, antes de que se elabore cualquier programa y se tomen mediciones, habrá que abordar las preguntas siguientes:

- i) ¿qué hipótesis comprobables se pueden deducir de la hipótesis sobre el impacto?
- ii) ¿con qué grado de exactitud se deben efectuar las mediciones para poner a prueba esas hipótesis sobre el impacto?
- iii) ¿en qué sector o en qué emplazamientos se pueden efectuar las mediciones con mayor eficacia?
- iv) ¿cuánto tiempo deben proseguir las mediciones para alcanzar el objetivo inicial?

- v) ¿cuál debe ser la escala temporal y espacial de las mediciones?
- vi) ¿cómo se deben procesar e interpretar los datos?

8.2 Se recomienda que la elección de los contaminantes que se han de vigilar dependa principalmente de los objetivos últimos de la vigilancia. Es evidente que no es necesario vigilar con regularidad todos los contaminantes en todos los lugares y tampoco debe ser necesario utilizar más de un substrato o efecto para alcanzar cada objetivo.

9. VIGILANCIA

9.1 El vertido de materiales de dragado produce su primer impacto en el fondo del mar. En consecuencia, aunque no cabe descartar un examen de los efectos en la columna de agua en las primeras etapas de la planificación de la vigilancia, suele ser posible limitar la vigilancia posterior al fondo del mar.

9.2 Cuando se considera que los efectos serán en gran parte físicos, la vigilancia puede basarse en métodos telemétricos como el sonar de exploración lateral, para determinar los cambios en el carácter del fondo del mar, y en técnicas batimétricas (por ejemplo, el ecosondeo) para conocer las zonas de acumulación del material de dragado. Ambas técnicas requerirán cierta cantidad de muestras de sedimentos para establecer la verdad sobre el terreno. Además, se puede recurrir a la exploración multiespectral para vigilar la dispersión de los materiales en suspensión (plumas, etc.)

9.3 Las pruebas de rastreo pueden resultar también útiles para seguir la dispersión de los materiales de dragado y para evaluar cualquier pequeña acumulación de material no detectado por los estudios batimétricos.

9.4 Cuando, en relación con la hipótesis sobre el impacto, no se prevén efectos físicos ni químicos en el fondo del mar, será necesario examinar la estructura de la comunidad bentónica en las zonas donde se dispersan los materiales de dragado. Si se trata de efectos químicos, puede ser asimismo necesario examinar la calidad química de la biota (con inclusión de los peces).

9.5 La extensión espacial del muestreo tendrá que tener en cuenta la superficie de la zona designada para el vertido, la movilidad de los materiales de dragado vertidos y los movimientos del agua que determinan la dirección y amplitud del transporte de sedimentos. Debe ser posible limitar el muestreo dentro del propio vertedero, si los efectos en esta zona se consideran aceptables y su definición detallada innecesaria. No obstante, se deberá proceder a cierto muestreo para ayudar a determinar el tipo de efecto que cabe prever en otras zonas y en aras del rigor científico.

9.6 La frecuencia de los estudios dependerá de cierto número de factores. Cuando se ha realizado una operación de vertido durante varios años, quizá sea posible determinar el efecto en condiciones constantes de aporte y los estudios repetidos únicamente serían necesarios si se introducen cambios en la operación (cantidades o tipo de material de dragado vertido, método de eliminación, etc.).

9.7 Si se decide vigilar la recuperación de una zona que ya no se utiliza para el vertido de materiales de dragado, podrían ser necesarias mediciones más frecuentes.

10. NOTIFICACIÓN

10.1 Las Partes Contratantes deben informar a la Organización de sus actividades de vigilancia.

Se deben preparar y transmitir a la Organización informes concisos sobre las actividades de vigilancia tan pronto como se disponga de ellos, de conformidad con el Artículo 26 del Convenio de Barcelona.

Los informes deben indicar las mediciones efectuadas, los resultados obtenidos y la relación de estos datos con los objetivos de la vigilancia, y confirmar su hipótesis sobre el impacto. La frecuencia de la presentación de informes dependerá del volumen de la actividad de vertido, la intensidad de la vigilancia y los resultados obtenidos.

11. UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

11.1 La información adquirida gracias a la vigilancia sobre el terreno (y/u otras investigaciones conexas) puede utilizarse para:

- a) modificar o, en el mejor de los casos, concluir el programa de vigilancia sobre el terreno;
- b) modificar o revocar el permiso;
- c) mejorar la base sobre la que se evalúan las solicitudes de permiso.

SUPLEMENTOS TÉCNICOS A LAS DIRECTRICES PARA EL MANEJO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

ANEXO TÉCNICO 1

REQUISITOS ANALÍTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

1. El presente anexo amplía los requisitos analíticos establecidos en los párrafos 5.9 a 5.12 de las directrices para el manejo de los materiales de dragado.
 2. Es esencial un enfoque integrado, que comprende tres elementos que se deben evaluar sucesivamente:
 - las propiedades físicas;
 - las propiedades químicas;
 - las propiedades y los efectos biológicos.
- En cada elemento habrá que determinar si se cuenta con una información suficiente para que se pueda adoptar una decisión de gestión o si se requieren más análisis. En cada elemento se puede añadir una información complementaria determinada por las circunstancias locales.
3. Como etapa preliminar de este plan de análisis, se dispondrá de la información requerida con arreglo a la sección 4.1 de las directrices. A falta de unas fuentes apreciables de contaminación y si la determinación visual de las características del sedimento lleva a la conclusión de que los materiales de dragado satisfacen uno de los criterios de exclusión con arreglo al párrafo 4.8 de las directrices, el material no requerirá otros análisis.
 4. Conviene que en cada etapa el procedimiento de evaluación tenga en cuenta el método de análisis.
 5. Los análisis deben efectuarse sobre una fracción del sedimento (≤ 2 mm).

PRIMER ELEMENTO: PROPIEDADES FÍSICAS

Además de la evaluación preliminar de las características de los sedimentos que exige el párrafo 4.1 de las presentes directrices, se recomienda encarecidamente que se determine lo siguiente:

- la granulometría (% de arena, limo y arcilla);
- la relación de humedad (%);
- la cantidad de materia orgánica.

SEGUNDO ELEMENTO: PROPIEDADES QUÍMICAS

1. Determinantes del grupo primario:

En todos los casos en que se requiera un análisis químico, habrá que determinar las concentraciones de los siguientes metales trazas:

Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)
Cobre (Cu)	Plomo (Pb)
Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)
Zinc (Zn)	Estaño (Sn)

En algunos casos el análisis puede incluir asimismo otros contaminantes metálicos. En el caso del mercurio, se debe prestar particular atención a la especiación.

Cuando hace falta analizar la materia seca, hace falta tener en cuenta la relación peso fresco/peso seco y el análisis tiene que efectuarse en el agua de los intersticios.

Al examinar las tendencias tóxicas del sedimento dragado contaminado, el análisis debe incluir igualmente el agua de lixiviación antes de la operación de vertido. Por último, se debe medir el carbono orgánico total.

Con respecto a los contaminantes orgánicos, se debe calcular el contenido total de BPC. Si las circunstancias locales lo requieren, el análisis debe ampliarse a familias de congéneres.

En cualquier caso, el análisis debe realizarse sobre la fracción del sedimento (≤ 2 mm).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y los compuestos de tributilestaño y sus productos de degradación deben asimismo medirse.

La medición de los BPC, los HAP y los compuestos de tributilestaño no son necesarios cuando:

- se posee suficiente información de investigaciones anteriores que indica la ausencia de contaminación;
- no existen fuentes conocidas (puntos de difusión) de contaminación ni de aportes históricos;
- los sedimentos son predominantemente gruesos; y
- los niveles de carbono orgánico total son reducidos.

2. Determinantes del grupo secundario:

Sobre la base de información local sobre las fuentes de contaminación (punto o fuente de difusión) o de los aportes históricos, puede ser necesario medir otros determinantes, por ejemplo, el arsénico, los plaguicidas organofosforados, los plaguicidas organoclorados, los compuestos orgánicos del estaño, las dibenzodioxinas policloradas y los dibenzofuranos policlorados.

TERCER ELEMENTO: PROPIEDADES Y EFECTOS BIOLÓGICOS

En un número considerable de casos las propiedades físicas y químicas no permiten medir directamente el impacto biológico. Además, no ponen adecuadamente al descubierto las perturbaciones físicas ni los componentes asociados con los sedimentos presentes en los materiales de dragado.

Si la repercusión potencial de los materiales de dragado que se van a vertir no se puede evaluar de manera adecuada sobre la base de las características químicas y físicas, habrá que efectuar mediciones biológicas.

1. Bioensayos de toxicidad

El objetivo primordial de los bioensayos biológicos es aportar unas mediciones directas de los efectos de todos los componentes de los sedimentos que actúan juntos, teniendo en cuenta su biodisponibilidad. Para clasificar la toxicidad aguda de los sedimentos de los puertos antes del dragado de mantenimiento, los bioensayos de breve duración pueden a menudo bastar como un instrumento de cribado:

- Para evaluar los efectos de los materiales de dragado, se pueden realizar bioensayos de la toxicidad aguda con agua porosa sobre la decantación o sobre todo el sedimento. En general, se recomienda una serie de dos a cuatro bioensayos con organismos de diferentes grupos taxonómicos (verbigracia, crustáceos, moluscos, poliquetos, bacterias o equinodermos);
- En la mayor parte de los bioensayos, la supervivencia de las especies de la prueba se utiliza como un último punto de referencia. Los bioensayos crónicos con puntos de referencia subletales (crecimiento, reproducción, etc.) que abarcan una parte importante del ciclo de vida de la especie sometida a prueba puede aportar predicciones más precisas de las repercusiones potenciales de las operaciones de dragado. No obstante, los procedimientos de análisis normalizados siguen en fase de elaboración.

El resultado de los bioensayos de los sedimentos puede estar indebidamente influido por factores distintos de las sustancias químicas asociadas con el sedimento. Factores que pueden producir confusión como el amoníaco, el sulfuro de hidrógeno, la granulometría, el contenido de oxígeno y el pH deben determinarse, en consecuencia, durante los bioensayos.

Directrices sobre la selección de los organismos de prueba adecuados, la utilización e interpretación de los bioensayos de los sedimentos se encuentran, por ejemplo, en EPA/CE (1991/1994) e IADC/CEDA (1997) mientras que ASTM (1994), por ejemplo, da pautas sobre el muestreo de los sedimentos destinados a los análisis toxicológicos.

2. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos pueden dar la alerta de efectos más sutiles (bioquímicos) a niveles reducidos y sostenidos de contaminación. La mayor parte de los indicadores biológicos siguen en fase de elaboración, pero algunos ya se pueden aplicar en forma rutinaria con los materiales de dragado (por ejemplo, uno que mide la presencia de compuestos similares a la dioxina - Murk *et al.*, 1997) u organismos recogidos sobre el terreno (por ejemplo, los filamentos /rupturas del ADN en la platija).

3. Experimentos en el microcosmos

Existen unas pruebas de corta duración en el microcosmos para medir la tolerancia de la comunidad a los tóxicos, por ejemplo, la tolerancia de la comunidad a la contaminación inducida (Gustavson y Wangberg, 1995).

4. Experimentos en el mesocosmos

Debido a los costos y el tiempo que entrañan estos experimentos, no se pueden utilizar para expedir permisos, pero son útiles en casos en los que la extrapolación de las pruebas de laboratorio a las condiciones sobre el terreno resulta complicada o cuando las condiciones ambientales son muy variables y obstaculizan la identificación de efectos tóxicos como esos. Los resultados de estos experimentos estarán a disposición para la adopción de las futuras decisiones sobre los permisos.

5. Observaciones sobre el terreno de las comunidades bentónicas

La vigilancia *in situ* de las comunidades bentónicas (peces, invertebrados bentónicos) en la zona del lugar de eliminación puede aportar importantes indicaciones sobre el estado de los sedimentos marinos. Las observaciones sobre el terreno permiten percibir la repercusión conjunta de las perturbaciones físicas y la contaminación química. Aportan directrices sobre la vigilancia de las comunidades bentónicas, por ejemplo, la Convención de París (1992) y el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM).

6. Otras propiedades biológicas

Cuando proceda, se podrán aplicar otras mediciones biológicas para determinar, por ejemplo, la posibilidad potencial de bioacumulación y de infición.

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

La necesidad de esta información vendrá determinada por las circunstancias locales y es posible que constituya una parte esencial de la decisión de gestión. Los datos adecuados podrían incluir: potencial de oxidación-reducción (potencial redox), demanda de oxígeno de los sedimentos, nitrógeno total, fósforo total, hierro, manganeso, información mineralógica o parámetros de normalización de los datos sobre los metales trazas (por ejemplo, aluminio, litio, escandio, véase el Anexo Técnico 2).

ANEXO TÉCNICO 2

TÉCNICAS DE NORMALIZACIÓN PARA LOS ESTUDIOS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS CONTAMINANTES ¹

1. Introducción

En el presente debate la normalización se define como un procedimiento destinado a compensar la influencia de los procesos naturales en la variabilidad medida de la concentración de contaminantes en los sedimentos. La mayor parte de los contaminantes (metales, plaguicidas, hidrocarburos) muestran una gran afinidad con la materia en partículas y, en consecuencia, se enriquecen en los sedimentos del fondo de los estuarios y las zonas costeras.

En la práctica las sustancias naturales y antropogénicas que forman parte del sistema marino están sometidas a diversos procesos biogeoquímicos. Como resultado de ello, se asocian con sólidos en suspensión de granulometría fina y con partículas coloidales orgánicas e inorgánicas.

El destino final de estas sustancias viene determinado en gran medida por la dinámica de las partículas. Por consiguiente, tienden a acumularse en zonas de escasa energía hidrodinámica en las que se deposita de preferencia el material fino. En zonas de energía superior, estas sustancias son "diluidas" por los sedimentos más gruesos de origen natural y de escaso contenido de contaminantes.

Es evidente que la granulometría es uno de los factores más importantes que determinan la distribución de los componentes naturales y antropogénicos en los sedimentos. Por esa razón, es esencial normalizar los efectos de la granulometría con el fin de crear una base para hacer comparaciones significativas de la aparición de sustancias en los sedimentos de diversa granulometría y textura dentro de cada zona o entre las zonas. Los niveles excesivos, superiores a los valores de base normalizados, pueden utilizarse luego para establecer la calidad de los sedimentos.

Para efectuar cualquier estudio de los sedimentos hace falta un volumen básico de información sobre sus características físicas y químicas antes de que se pueda hacer una evaluación de la presencia o ausencia de concentraciones de contaminantes anómalas. La concentración a la que puede detectarse una contaminación depende de la estrategia de muestreo y del número de variables físicas y químicas que se determinan en las muestras individuales.

Los diversos métodos granulométricos y geoquímicos utilizados para la normalización de los datos sobre los elementos trazas, así como para la identificación de los sedimentos contaminados en los sedimentos costeros han sido ampliamente examinados por Loring (1988).

Se han elegido dos criterios de normalización ampliamente utilizados en la oceanografía y en las ciencias atmosféricas. El primero es puramente físico y consiste en determinar las características del sedimento mediante la medición de su contenido de materia fina. El segundo criterio es de carácter químico y se basa en que la fracción de pequeño tamaño suele ser rica en minerales arcillosos, hierro y oxihidróxidos de manganeso y materia orgánica. Además, estos componentes a menudo presentan una alta afinidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos y son la causa de su enriquecimiento en la fracción fina. Los parámetros químicos (verbigracia, Al, Sc y Li) que representan a estos componentes pueden utilizarse de ese modo para caracterizar a la fracción pequeña en condiciones naturales.

Se insta encarecidamente a que se utilicen varios parámetros en la evaluación de la calidad de los sedimentos. Los tipos de información que se pueden obtener por medio de la utilización de estos diversos parámetros son frecuentemente complementarios y sumamente

¹ Extraído del informe del CACM de 1989 (Sección 14) CIEM Coop. Res. Rep. 167, págs. 68-75.

útiles dada la complejidad y diversidad de situaciones que se dan en el entorno sedimentario. Por otro lado, las mediciones de la normalización de los parámetros elegidos son bastante sencillas y baratas.

Este informe presenta directrices generales para la preparación de la muestra, los procedimientos analíticos y la interpretación de los parámetros físicos y químicos utilizados para la normalización de los datos geoquímicos. Su objetivo es demostrar cómo se pueden recopilar datos suficientes para normalizar el efecto granulométrico y facilitar la detección, en diversos niveles, de concentraciones anómalas de contaminantes dentro de los sedimentos costeros.

2. Estrategia de muestreo

Teóricamente una estrategia de muestreo se debe basar en el conocimiento de la fuente de contaminantes, las rutas de transporte de la materia en suspensión y los índices de acumulación de los sedimentos en la región que interesa. Sin embargo, los datos existentes a menudo son demasiado reducidos para determinar un plan ideal de muestreo. Como los contaminantes se concentran principalmente en la fracción fina, el muestreo debe dar prioridad a zonas que contengan materia fina que corresponden habitualmente a zonas de sedimentación.

La alta variabilidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sedimentos implica que toda evaluación de la calidad del sedimento en una zona dada debe basarse en un número suficiente de muestras. Este número se puede evaluar por medio de un análisis estadístico adecuado de la varianza dentro y entre las muestras. Para poner a prueba la representatividad de un único espécimen de sedimento en una localidad determinada, se deben tomar varias muestras en una o dos estaciones.

La metodología de muestreo y análisis debe seguir las recomendaciones esbozadas en las "Guidelines for the Use of Sediments as a Monitoring Tool for Contaminants in the Marine Environment" (Directrices para la utilización de sedimentos como instrumento de vigilancia de los contaminantes en el medio marino) (CIEM 1987). En la mayoría de los casos la capa superior de los sedimentos recogida con un rastreador de muestras herméticamente cerrado (Nivel I en las Directrices) basta para proporcionar la información relativa a la contaminación de los sedimentos de una zona determinada en comparación con los sedimentos de emplazamientos no contaminados u otro material de referencia.

Otra ventaja digna de destacar del empleo de sedimentos como dispositivos de vigilancia es que han registrado la evolución histórica de la composición de la materia en suspensión depositada en la zona que interesa. En condiciones favorables, el grado de contaminación puede estimarse mediante la comparación de los sedimentos de superficie con muestras más profundas, tomadas por debajo de la zona de mezcla biológica. Las concentraciones de elementos trazas en los sedimentos más profundas pueden representar un nivel de base natural en la zona de que se trate y pueden definirse como valores de referencia. Este método requiere una toma de muestras con una perforadora o una perforadora de gravedad (Niveles II y III de las Directrices).

3. Procedimientos analíticos

En la figura 2 se esbozan los procedimientos analíticos típicos que se han de seguir. El número de etapas elegidas dependerá de la índole y extensión de la investigación.

3.1 Fracciones granulométricas

Se recomienda que por lo menos se determine la cantidad de material $<63 \mu\text{m}$, que corresponde al límite de la clasificación arena/limo. El cribado de la muestra a $63 \mu\text{m}$, sin embargo, a menudo no es suficiente, especialmente cuando los sedimentos están constituidos

predominantemente por una fracción fina. En esos casos, es preferible la normalización con unos umbrales granulométricos menores puesto que los contaminantes se concentran principalmente en la fracción $<20 \mu\text{m}$ e incluso más concretamente en la fracción de arcilla ($\leq 2 \mu\text{m}$). Se propone, por lo tanto, que se determine, en una submuestra, la fracción granulométrica $\leq 20 \mu\text{m}$, así como la de $\leq 2 \mu\text{m}$ con la ayuda de una pipeta de sedimentación por elutriación. Varios laboratorios ya han comunicado sus resultados relativos al contenido de las fracciones finas de varias magnitudes y esos resultados pueden ser útiles para efectuar comparaciones entre las zonas.

3.2 Análisis de contaminantes

Es esencial analizar el contenido total de contaminantes en los sedimentos, si la meta del estudio es una evaluación de calidad, por lo que se recomienda que se analice en su totalidad la muestra no fraccionada ($\leq 2 \mu\text{m}$). El contenido total de elementos se puede determinar sea por métodos no destructivos, como la fluorescencia con rayos X o la activación neutrónica, sea mediante la digestión completa de los sedimentos (lo que entraña la utilización de ácido fluorhídrico (HF)) seguido de métodos como la espectrofotometría de absorción atómica o la espectroscopia de emisión. De la misma manera, deben extraerse los contaminantes orgánicos del sedimento total con el disolvente orgánico adecuado.

De ser necesario, se puede utilizar una fracción granulométrica dada del sedimento total para efectuar análisis posteriores, con el fin de determinar las concentraciones absolutas de contaminantes en esa fracción, a condición de que su contribución al total se mantenga en perspectiva al interpretar los datos. Esa información sobre la fracción granulométrica podría ser útil para seguir la dispersión regional de los metales asociados con fracciones granulométricas específicas, cuando la procedencia del material no cambia. Sin embargo, el fraccionamiento de las muestras es un procedimiento fastidioso que presenta considerables riesgos de contaminación y pérdidas potenciales de contaminantes por lixiviación. La aplicabilidad de este método es, por tanto, limitada.

4. Procedimientos de normalización

4.1 Normalización granulométrica

Como los contaminantes suelen concentrarse en la fracción fina de los sedimentos, las correlaciones entre las concentraciones totales de contaminantes y el porcentaje ponderal de la fracción fina, determinado por separado en una submuestra del sedimento mediante el tamizado o sedimentación por gravedad, constituye un método de normalización sencillo pero eficaz. A menudo se dan relaciones lineales entre la concentración y el porcentaje ponderal de la fracción fina en cuyo caso es posible extrapolar las relaciones al 100% de la fracción estudiada o caracterizar la dependencia en relación con la granulometría siguiendo la pendiente de la línea de regresión.

4.2 Normalización geoquímica

La normalización granulométrica por sí sola no basta para explicar toda la variabilidad natural de las trazas en los sedimentos. Para interpretar mejor la variabilidad de la composición de los sedimentos, es también necesario tratar de hacer una distinción entre los componentes sedimentarios con los que están asociados los contaminantes a lo largo del conjunto del espectro granulométrico. Como es sumamente difícil efectuar la separación y el análisis de los componentes individuales de los sedimentos, esas asociaciones deben basarse en las pruebas indirectas de esas relaciones.

Como los contaminantes se asocian principalmente con los minerales arcillosos, el hierro y los oxihidróxidos de hierro y manganeso y materia orgánica abundante en la fracción fina

de los sedimentos, se puede obtener más información midiendo las concentraciones de los elementos representativos de esos componentes en las muestras.

Puede elegirse como indicador de esa fracción un elemento inerte como el aluminio, que es un componente importante de los minerales arcillosos. Las concentraciones normalizadas de los elementos trazas con respecto al aluminio se utilizan por lo común para caracterizar las diversas partículas sedimentarias (véase más adelante). Se puede considerar como un elemento estable importante, que no se ve afectado considerablemente, por ejemplo, por los procedimientos diagenéticos precoces y los fuertes efectos de oxidación-reducción observados en los sedimentos.

En el caso de los sedimentos derivados de la erosión glacial de rocas volcánicas, se ha descubierto que las relaciones contaminante/A no son adecuadas para normalizar la variabilidad granular (Laringe, 1988). El litio, sin embargo, parece ser un elemento ideal para normalizar el efecto granulométrico en este caso y tiene la ventaja adicional de ser igualmente aplicable a sedimentos no glaciales.

Además de los minerales arcillosos, a menudo suelen encontrarse compuestos de Mn y Fe en la fracción fina, donde presentan propiedades de absorción que favorecen mucho la incorporación de diversos contaminantes. Mn y Fe se analizan fácilmente por espectrometría de absorción atómica a la llama y su medición puede permitir conocer el comportamiento de los contaminantes.

La materia orgánica desempeña asimismo una importante función como depuradora de contaminantes y controla, en grado importante, las características de oxidación-reducción del entorno sedimentario.

Por último, el contenido de carbonato de los sedimentos es fácil de determinar y aporta información adicional sobre el origen y las características geoquímicas de los sedimentos. Los carbonatos suelen contener cantidades insignificantes de metales trazas y actúan principalmente como diluentes. En determinadas circunstancias, no obstante, los carbonatos puede fijar contaminantes como el cadmio y el cobre. En el cuadro 1 figura un resumen de los factores de normalización.

4.3 Interpretación de los datos

El criterio más sencillo en la normalización geoquímica de las sustancias en los sedimentos consiste en expresar la relación de la concentración de una sustancia dada con la del factor normalizador.

La normalización de la concentración de los elementos trazas con respecto al aluminio (o al escandio) se ha utilizado ampliamente y se han establecido valores de referencia a escala mundial para los elementos trazas en diversos compartimentos: rocas de la corteza, suelos, partículas atmosféricas, materiales transportados por los ríos, arcillas marinas y materia en suspensión marina (cf., por ejemplo, Martin y Whitfield, 1983; Buat-Menard y Chesselet, 1979).

Esta normalización permite asimismo definir el factor de enriquecimiento de un elemento dado con respecto a un compartimento dado. El nivel de referencia de la composición más comúnmente utilizado es la abundancia mundial media normalizada del elemento en las rocas de la corteza (valor Clarke). El factor de enriquecimiento FE viene dado por:

$$FE \text{ corteza} = (X/Al) \text{ sed} / (X/Al) \text{ corteza}$$

donde X/Al se refiere a la relación de la concentración del elemento X con el de Al en el compartimento dado.

Sin embargo, las estimaciones del grado de contaminación y las tendencias cronológicas de la contaminación en cada emplazamiento de muestreo pueden mejorar haciendo una comparación con los niveles de los metales en los sedimentos de origen y textura equivalentes.

Estos valores se pueden comparar con los valores normalizados obtenidos de los sedimentos de una zona determinada. Un gran desvío de estos valores medios indica la contaminación del sedimento o anomalías locales de mineralización.

Cuando se utilizan otras variables (Fe, Mn, materia orgánica y carbonatos) para caracterizar el sedimento, el análisis de regresión de las concentraciones de contaminantes con estos parámetros a menudo produce una información útil sobre la fuente de contaminación y sobre la fase mineralógica asociada con el contaminante.

A menudo se ha observado una relación lineal entre la concentración de los elementos trazas y la del factor de normalización (Windom *et al.*, 1989). En este caso y si se puede determinar la población geoquímica natural de un elemento dado en relación con el factor de normalización, se detectan fácilmente muestras con concentraciones normalizadas anómalas lo que puede indicar la existencia de aportes antropogénicos.

Según este método, la pendiente de la ecuación de regresión lineal se puede utilizar para distinguir el grado de contaminación de los sedimentos en una zona determinada. Este método puede también utilizarse para indicar el cambio de la carga de contaminantes en una zona, si el método se utiliza en muestras tomadas a intervalos de algunos años (Cato, 1986).

Un estudio de elementos/componentes múltiples en el que se hayan medido los principales metales y los metales trazas, paralelamente a la granulometría y al contenido de carbono orgánico, permite establecer las interrelaciones entre las variables en forma de una matriz de correlación. De esa matriz se puede deducir la relación más significativa entre los metales trazas y los parámetros pertinentes y utilizarse para identificar a los vectores de metales, y con miras a la normalización y a la detección de los valores de metales trazas anómalos. Los análisis de los factores permiten clasificar todas las variables en grupos (factores) que son asociaciones de variables fuertemente correlacionadas, de manera que del conjunto de los datos se pueden deducir los factores específicos y/o no específicos estructurales, mineralógicos y químicos que controlan la variabilidad de los metales trazas.

Los niveles naturales del medio ambiente se pueden también evaluar a escala local mediante el examen de la distribución vertical de los componentes de interés en la columna sedimentaria. Este método requiere, sin embargo, que se den varias condiciones favorables: una composición constante de los sedimentos naturales no contaminados; el conocimiento de los procesos de mezcla físicos y biológicos dentro de los sedimentos; la falta de procesos diagenéticos que afecten a la distribución vertical del componente de interés. En esos casos, la normalización granulométrica y geoquímica permite compensar la variabilidad local y temporal de los procesos de sedimentación.

5. Conclusiones

La utilización de las mediciones granulométricas y de las relaciones entre componentes/elementos de referencia son métodos útiles para completar la normalización de las variaciones granulares y mineralógicas y poner al descubierto concentraciones anómalas de contaminantes en los sedimentos. Su empleo exige que se reúna una gran cantidad de datos analíticos de calidad y que se den unas condiciones específicas geoquímicas para que se tenga en cuenta toda la variabilidad natural y se puedan detectar los niveles de contaminantes anómalos. No obstante, los niveles anómalos de metales no siempre se pueden atribuir a la contaminación sino que podrían fácilmente reflejar las diferencias de procedencia de los sedimentos.

Los estudios geoquímicos que implican la determinación de los metales principales y de los metales trazas, los contaminantes orgánicos, los parámetros granulométricos, la materia orgánica, el carbonato y la composición mineralógica de los sedimentos son más idóneos para determinar los factores que controlan la distribución de los contaminantes que la medición de las concentraciones absolutas en fracciones granulométricas concretas o la utilización únicamente de relaciones potenciales entre contaminantes y metales de referencia. Por esa razón, son más adecuados para hacer la distinción entre los sedimentos no contaminados y los contaminados. Esto se debe a que esos estudios pueden determinar los factores que controlan la variabilidad de la concentración de los contaminantes en los sedimentos.

6. Bibliografía

- Buat-Menard, P. y R. Chesselet (1979), Variable influence of atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth Planet.Sc.Lett.*, 42:399-411
- Cato, I., J. Mattsson y A. Lindskog (1986), Tungmetaller och petrogena kolväten i Brofjordens botten sediment 1984, samt förändringar efter 1972. / Heavy metals and petrogenic hydrocarbons in the sediments of Brofjorden in 1984, and changes after 1972. / Universidad de Göteborg, Departamento de Geología Marina, Report No. 3, 95 págs. (resumen en inglés)
- ICES (1987), Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution, 1986. ICES Coop. Res. Report No. 142, págs. 72 a 75
- Gustavson, K. y S.A. Wangberg (1995), Tolerance induction and succession in microalgae communities exposed to copper and atrazine. *Aquat.Toxicol.*, 32:283-302
- Loring, D.H. (1988), Normalization of trace metal data. Report of the ICES Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. ICES, Doc. C.M.1988/E:25, Annex 3
- Martin, J.M. y M. Whitfield (1983), River input of chemical elements to the ocean. En: Trace Metals in Sea-Water, redactado por C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton y E.D. Goldberg. Plenum Press, Nueva York y Londres, págs. 265 a 296
- Windom, H.L., S.T. Schropp, F.D. Calder, J.D. Ryan, R.G. Smith Jr., L.C. Burney, F.G. Lewis, y C.H. Rawlinson (1989), Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States. *Environ.Sci.Tech.*, 23:314-320

ANEXO TÉCNICO 3

CONSIDERACIONES QUE SE HAN DE TOMAR EN CUENTA AL ADOPTAR UNA DECISIÓN DE OTORGAR UN PERMISO DE VERTIDO

Este anexo técnico se preparó teniendo presente que, aunque las directrices sólo se aplican estrictamente a la eliminación de los materiales de dragado, se insta a las Partes Contratantes a que consideren la conveniencia de aplicar otros métodos de eliminación distintos del vertido (por ejemplo, eliminación en tierra), y explorar todas las posibles utilidades beneficiosas de los materiales de dragado antes de adoptar cualquier decisión con respecto a la concesión de un permiso de vertido (véase la Parte A, párr. 3). El objetivo de este anexo técnico no es investigar todas las posibilidades que brindan las distintas técnicas, sino dar algunas indicaciones acerca de ellas.

I. UTILIZACIONES PROVECHOSAS DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

Los materiales procedentes de los dragados iniciales se utilizan a menudo con fines de construcción. Con todo, esto no es habitual cuando los materiales de dragado proceden de dragados de mantenimiento. Sea como sea, si los materiales de dragado están limpios o ligeramente contaminados, podrían considerarse como un recurso valioso y, en consecuencia, de utilización provechosa. No obstante, antes de elegir una utilización provechosa concreta, es necesario efectuar un análisis costo/beneficios para comprobar que el costo de esa opción no es prohibitivo (principio BATNEEC: Best available techniques not entailing excessive costs).

Según su composición y la distribución granulométrica de los materiales de dragado, cabría utilizarlos de manera provechosa para la construcción o para mejorar el medio ambiente.

Utilizaciones con fines de construcción

En general se procede a estas utilidades en las zonas costeras o adyacentes a las zonas costeras o en las orillas de los cursos de agua. Sirvan de ejemplos la creación de terrenos, el sustento de las playas, la formación de bermas adecuadas a lo largo de las costas, la construcción de diques o presas, el relleno de reemplazamiento (restablecimiento de lugares de excavación anteriores de materiales de construcción, canales y muelles anticuados, ...).

Mejoramiento del medio ambiente

Se pueden prever numerosas aplicaciones de los materiales de dragado para el mejoramiento del medio ambiente, que van desde la restauración y el establecimiento de marismas hasta la preparación de lugares para fines múltiples, con inclusión de la restauración y el establecimiento de hábitat terrestres, islas destinadas a la nidificación y pesquerías. Incluye asimismo la construcción de arrecifes artificiales, particularmente si los materiales de dragado son voluminosos (por ejemplo, rocas). (Cualquier construcción de un arrecife artificial, sin embargo, debe ir precedida de un estudio concreto de la repercusión de la estructura en el medio ambiente natural; en este caso, es esencial contar con el asesoramiento de biólogos especializados en pesquerías). En cualquier caso, durante y después de la ejecución del proyecto, la repercusión y los resultados de la utilización beneficiosa deben ser objeto de seguimiento.

Para evaluar las posibilidades de la utilización provechosa de los materiales en una situación concreta, habrá que tomar en consideración los parámetros siguientes: caracterización física, estado de los contaminantes, opciones de utilidades beneficiosas, selección del lugar, viabilidad técnica, aceptabilidad en el plano reglamentario y análisis costo/beneficios.

Al analizar las posibilidades distintas del vertido, si no se encuentra ninguna solución de utilización beneficiosa aceptable, la eliminación en tierra y/o el tratamiento son las otras opciones.

II. ELIMINACIÓN EN TIERRA

Cuando no son adecuadas la relocalización sostenible ni las opciones de utilización beneficiosas, la eliminación en tierra basada en instalaciones de eliminación confinadas suele ser la única opción que queda.

En principio, los lugares de eliminación confinados en tierra se prefieren para los materiales de dragado contaminados que no se prestan a la eliminación en aguas abiertas.

Son posibles diversas configuraciones, pero ninguna presenta una protección completa contra el riesgo de la contaminación ambiental. Las posibles vías que producen riesgos son: los efluentes expelidos de los lugares de eliminación durante y después de ésta; la lixiviación y el transporte de contaminantes en los terrenos circundantes y en la superficie del agua; la ingestión de animales y plantas, las emisiones de polvo y gases, y las excavaciones.

Los efectos potenciales de esos lugares dependen, por consiguiente, tanto de las características del lugar y de sus alrededores (principalmente en lo que respecta a la situación de la capa freática) como de las características de los materiales de dragado, incluidos los contaminantes que contienen.

Para reducir al mínimo el traslado de contaminantes a la capa freática y aguas de superficie circundante por medio de procesos de advección y difusión podría considerarse la aplicación de capas de aislamiento o la ordenación hidrológica. El tratamiento de las aguas de superficie resultante de la expulsión del agua de los materiales de dragado comprimidos, podría también tomarse en consideración.

III. TRATAMIENTO DE LOS MATERIALES DE DRAGADO

El tratamiento se define como un proceso que tiene por objeto reducir la cantidad de material contaminado (por ejemplo, por separación) o de reducir la contaminación para respetar las normas y los criterios reglamentarios.

Los procedimientos utilizables para el tratamiento se pueden clasificar en general como sigue:

- Pretratamiento cuya meta es reducir el volumen de los materiales de dragado que requieren un nuevo tratamiento o eliminación y mejorar la calidad física del material para su manipulación o tratamiento posterior; las principales categorías de pretratamiento son: deshidratación; separación granulométrica; lavado; separación por densidad; separación magnética.
- Tratamiento biológico (degradación de las sustancias orgánicas por microorganismos).
- Tratamiento químico (ajuste del pH, oxidación, intercambio de iones, etc.); las categorías de tratamiento químico son: destrucción de los compuestos orgánicos; extracción de los compuestos orgánicos; extracción de metales.
- Tratamiento térmico (desorción térmica, incineración, reducción térmica y vitrificación). (La mayoría de las tecnologías de esta categoría crean un producto como grava o ladrillos que se pueden utilizar como materiales de construcción).

- Tratamiento de inmovilización (ligando químicamente los contaminantes a las partículas sólidas - fijación - o impidiendo físicamente el movimiento a los contaminantes - solidificación).
- Pretratamiento del exceso de agua.

El costo del tratamiento suele ser mayor, a veces considerablemente mayor, que el costo de la eliminación. La relación costo/eficacia es una de las cuestiones más importantes a la que tienen que hacer frente las autoridades nacionales de control.

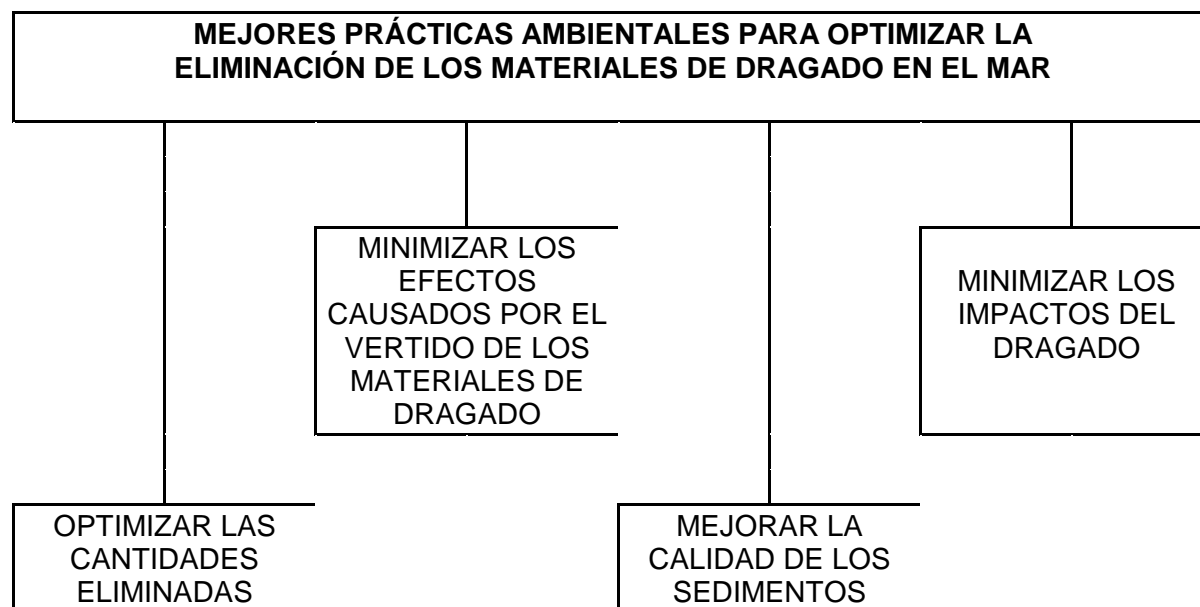
ANEXO TÉCNICO 4

MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA) DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO

El presente anexo técnico se preparó teniendo presente que, aunque las directrices sólo se aplican estrictamente a la eliminación de los materiales de dragado, se alienta también a las Partes Contratantes a ejercer el control sobre las operaciones de dragado.

El anexo tiene por objeto proporcionar pautas a las autoridades reguladoras nacionales, a los explotadores de buques de dragado y a las autoridades portuarias sobre la manera de reducir al mínimo los efectos en el medio ambiente de las operaciones de dragado y eliminación. Es preciso evaluar y planificar meticulosamente las operaciones de dragado para minimizar las repercusiones en las especies y hábitat marinos.

Los elementos que se indican como MPA en los diferentes capítulos del presente anexo técnico se dan a título de ejemplo. Su aplicabilidad variará en general según las circunstancias particulares de cada operación y es evidente que diferentes métodos pueden resultar adecuados. En la Guía 4 de la Serie de Aspectos Ambientales de las Operaciones de Dragado (Serie de IADC/CEDA) se da información más detallada sobre las técnicas y procedimientos de dragado.



Punto A - La reducción al mínimo de los efectos causados por la eliminación de los materiales de dragado se describe de manera muy completa en el cuerpo principal de las presentes directrices

Punto B - Optimización de las cantidades eliminadas; **Punto C** - "mejoramiento de la calidad de los sedimentos"; y **Punto D** - "minimizar los impactos de los dragados" no corresponden rigurosamente al Protocolo, pero conciernen a la prevención de la contaminación del medio marino resultante del vertido de materiales de dragado.

Figura 1: DIAGRAMA DE FLUJOS INDICATIVO

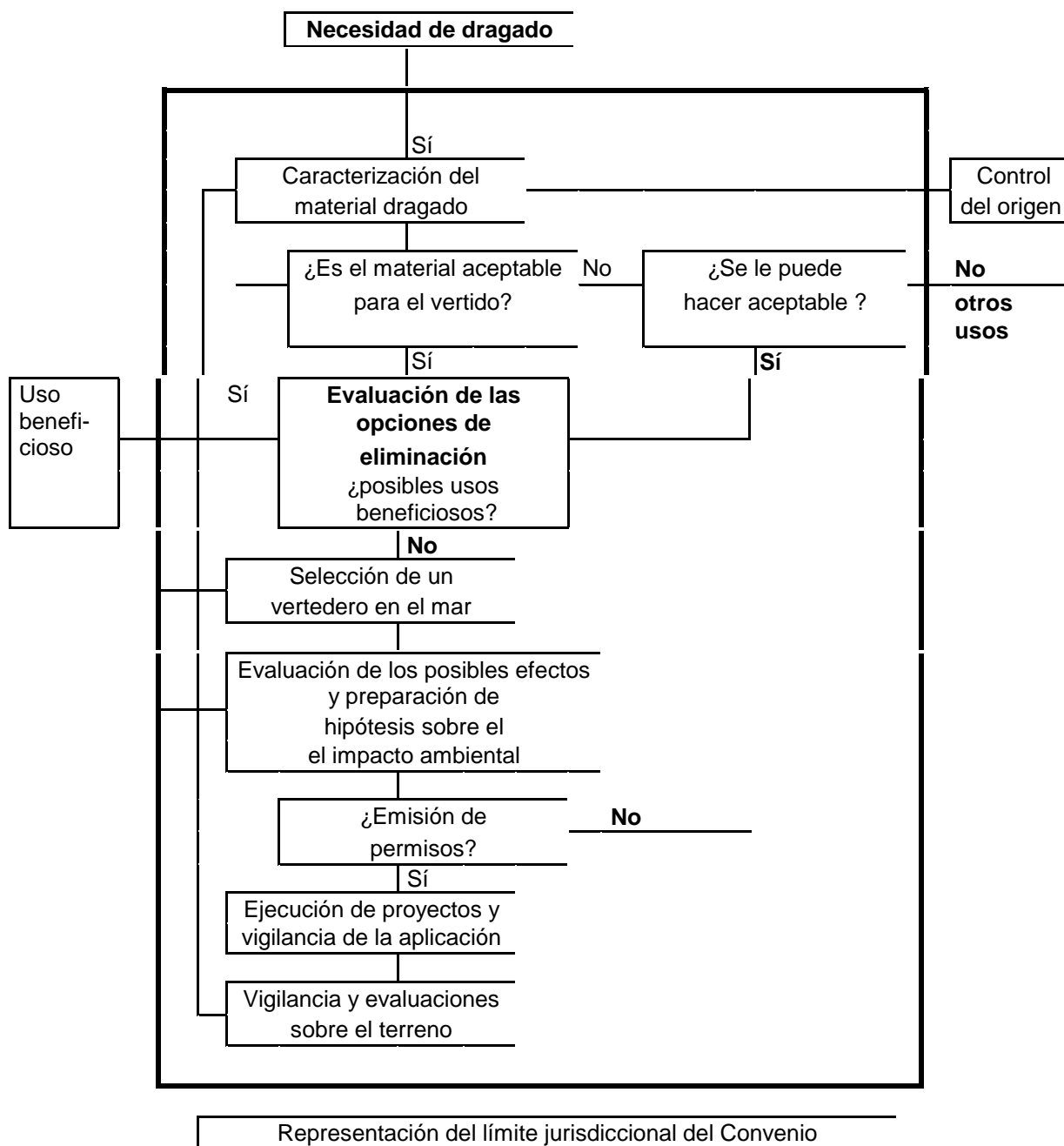
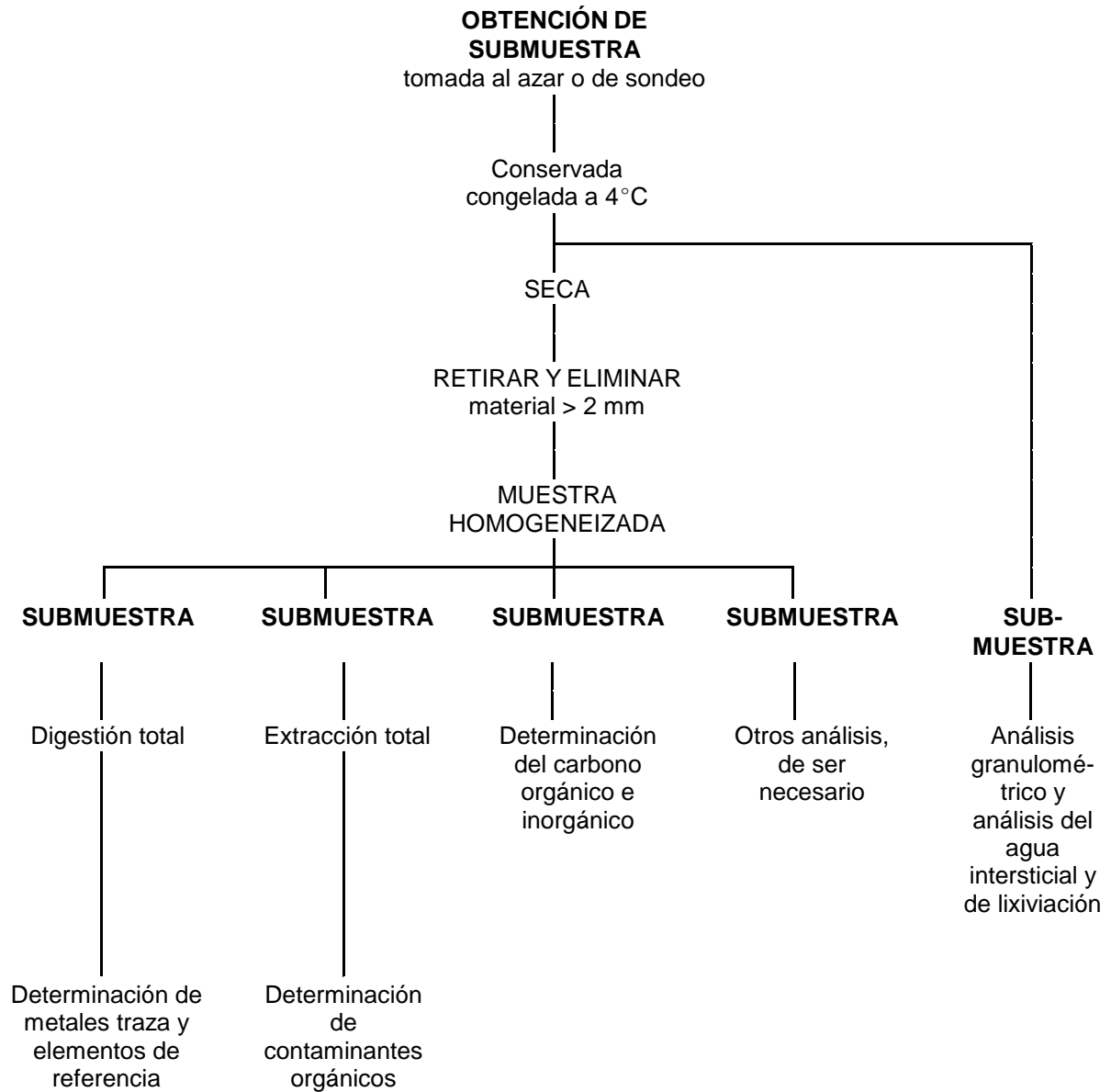


Figura 2: ENFOQUE TÍPICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS SEDIMENTOS MARINOS



Cuadro 1: RESUMEN DE LOS FACTORES DE NORMALIZACIÓN

FACTOR DE NORMALIZACIÓN	DIMENSIÓN DE LA PARTÍCULA (μm)	INDICADOR	FUNCIÓN
<u>Textura</u>			Determina la clasificación física y la estructura deposicional de los metales
Arena	2000 a 63	Minerales/compuestos de grano grueso y pobres en metales	Habitualmente diluyente de concentraciones de metales traza
Lodo	< 63	Minerales/compuestos metalíferos de dimensión de la arcilla y el limo	Habitualmente concentrador total de metales traza
Arcilla	< 2	Minerales arcillosos ricos en metales	Habitualmente acumulador de granos finos de metales traza
<u>Composición química</u>			
Si		Cantidad y distribución de cuarzo pobre en metales	Diluidor de grano grueso de contaminantes
Al		Todos los silicatos, pero utilizados para explicar las variaciones de los silicatos de aluminio de tamaño de arcilla y limo fino ricos en metales	Trazador químico de silicatos de aluminio, particularmente los minerales arcillosos
Li, Sc		Minerales arcillosos y micas estructuralmente combinados	Trazador de minerales arcillosos, particularmente en sedimentos que contengan silicatos de aluminio en fragmentos de todos los tamaños
Carbono orgánico		Materia orgánica de grano fino	Trazador de contaminantes orgánicos. A veces acumulador de metales traza como mercurio y cadmio
Fe, Mn		Minerales arcillosos ferríferos con finura de arcilla y limo ricos en metales. Minerales pesados ferríferos y óxidos hidratados de hierro y manganeso	Trazador químico de fracciones con partículas menores de 2 micrómetros ricas en hierro. Alta capacidad de absorción de contaminantes orgánicos e inorgánicos
Carbonatos		Sedimentos marinos biogénicos	Diluidor de contaminantes. Algunas veces acumula metales traza como cadmio y cobre