

Gestión del material dragado. Novedades introducidas por las Directrices para la gestión del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre.

Dredged material management. New aspects introduced by the Guidelines for the management of dredged material and its relocation within waters of the maritime-terrestrial public domain.

José L. Buceta Miller^{1*}, José Sierra Antiñolo², Manuel Antequera Ramos³, Felipe Martínez Martínez¹, Ana M^a Lloret Capote³, Ricardo Obispo Esteban³ y Antonio Callaba de Roa⁴

Palabras clave

dragados;
vertidos al mar;
gestión del material
dragado;
sedimento no peligroso;

Sumario

En abril de 2014, la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas aprobó las “Directrices para la gestión del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre” que vienen a sustituir a las “Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles”-RGMD- (CEDEX, 1994). Estas nuevas Directrices introducen cambios sustanciales en los procedimientos de caracterización del material, su clasificación y las opciones para su gestión. El presente artículo revisa los principales contenidos de las mismas y las diferencias significativas que introduce respecto a las RGMD.

Keywords

dredging;
disposal at sea;
dredged material
management;
non-hazardous sediment;

Abstract

In April 2014, the Interministerial Commission for Marine Strategies adopted the “Guidelines for the management of dredged material and their relocation in waters of the maritime-terrestrial public domain” which replace the “Recommendations for the management of dredged material in ports of Spain” -RGMD-(CEDEX, 1994). These new Guidelines introduce substantial changes in the methodologies for material characterization, classification and management options. This article reviews its main contents and the main differences with regard the RGMD.

1. INTRODUCCIÓN

Las operaciones de dragado resultan esenciales para el desarrollo de las infraestructuras portuarias y mantenimiento de su operatividad, posibilitando el acceso a los puertos de buques que, cada vez, presentan mayores requerimientos de calado debido al aumento de sus dimensiones.

Los precedentes históricos de los dragados portuarios parecen remontarse hasta los s I y II. con los esfuerzos de Claudio y Trajano por limpiar el puerto de Ostia, aterrado por las arenas de las costas cercanas, si bien no es hasta el s XV cuando surge lo que puede considerarse como primera máquina de dragado, el Krabbelaar, usado ya en Middelburgh (Holanda) en 1435 (Vigueras y Peña, 1996). Aún cuando en siglos posteriores surgieron un elevado número de ingenios para el dragado mecánico entre los que no podemos obviar las innovaciones sobre dragas de rosario

introducidas por nuestro gran ingeniero Agustín de Betancourt, no es hasta finales del s XIX cuando empiezan a desarrollarse las dragas de succión, que hoy en día son las más comúnmente empleadas, tras su presentación por el ingeniero francés Henri Emile Bazin en la Exposición Universal de París de 1867.

En España se conocen referencias de obras de dragado a partir del final del s XVII como la continua limpieza del Mandracho de Cartagena, del puerto de Barcelona o de obras en la ría de Bilbao (Khader, 2010).

Sirvan las pinceladas anteriores para ilustrar el hecho de que los dragados portuarios son actividades que se han venido realizando desde tiempo inmemorial y, de manera tradicional, el vertido al mar de los materiales ha sido su destino habitual. Sin olvidar el hecho de que estos vertidos de naturaleza sólida pueden generar importantes impactos de naturaleza física sobre el medio marino (por ejemplo enterrando comunidades biológicas de importancia o modificando el transporte sólido litoral), es a partir del desarrollo industrial y la utilización de los ríos y la zona costera como sumidero de muchos de los residuos generados cuando los sedimentos portuarios empiezan a contaminarse y su retirada y posterior vertido al mar pueden generar otro tipo de efectos, en este caso de naturaleza química, por la toxicidad, persistencia o bioacumulación de los contaminantes contenidos en el material.

* Corresponding author: jbuceta@magrama.es

¹ División para la protección del Mar. D. G. de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. MAGRAMA, Madrid, España.

² Puertos del Estado, Madrid, España.

³ Centro de Estudios del Puertos y Costas del CEDEX, Madrid, España.

⁴ Subdirección General de Residuos. DG de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. MAGRAMA, Madrid, España.

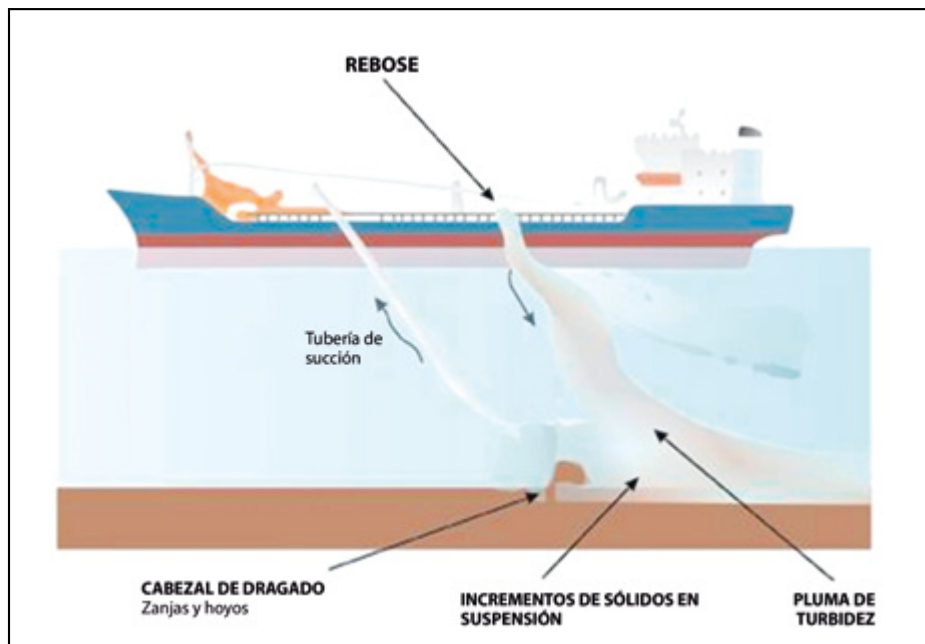


Figura 1. Principales efectos de una draga de succión.

Gran parte del material extraído por las actividades de dragado es vertido en el mar. La mayoría del material, al estar compuesto fundamentalmente por material geológico inerte, presenta niveles de contaminación escasamente significativos (es decir, cercanos a los niveles de fondo naturales), por lo que sus impactos sobre el medio marino en caso de vertido se limitan, como antes comentábamos, a los efectos de naturaleza mecánica. Sin embargo, en determinados proyectos o dentro de un proyecto de dragado en ciertas zonas, algunos materiales están contaminados en unos niveles tales que se deben aplicar limitaciones ambientales en el desarrollo de sus opciones de gestión¹.

En general, al considerar las posibilidades de gestión, la opción preferente debe ser retener el material dragado dentro del mismo sistema sedimentario acuático de donde procede, siempre que sea social, técnica, económica y ambientalmente factible hacerlo. Además, se deben tener en cuenta sus usos beneficiosos. Existen múltiples ejemplos, tanto en el contexto nacional como internacional, sobre usos productivos del material dragado (por ejemplo, para regeneración de playas o rellenos portuarios) que deben resultar la solución preferente para la gestión del mismo, siempre que sus características físicas y ambientales lo hagan posible antes que optarse por su vertido en el mar.

De acuerdo con el Inventario de dragados en los puertos españoles que el CEDEX viene desarrollando para Puertos del Estado, desde que se cuenta con registros históricos de estas operaciones en España (año 1975), el volumen de material dragado en los puertos de nuestro país ha sido de unos 330 millones de metros cúbicos con una media cercana a los 9 millones anuales. De estos volúmenes, el 51% fue

reutilizado y un 11% almacenado en depósito por lo que el volumen de material vertido al mar durante este periodo ha resultado ser de unos 125 millones de metros cúbicos (CEDEX, 2013). La figura 2 muestra la evolución por años de los dragados realizados y la técnica de gestión adoptada y la figura 3 su distribución por las diferentes Autoridades portuarias que conforman el sistema portuario estatal.

Aunque no cabe considerar a España como un país eminentemente dragador comparado con otros países europeos con grandes puertos comerciales ubicados en estuarios o ríos y sometidos, por tanto, a elevadas tasas de sedimentación, se trata de operaciones de una magnitud tal que, en caso de no ejecutarse siguiendo unos criterios ambientales adecuados, pueden llegar a comprometer el estado ambiental del medio marino.

Los tres Convenios para la protección del medio marino de los que España es parte contratante (Londres, OSPAR y Barcelona) han desarrollado y actualizado, en algunos casos de manera muy reciente, directrices específicas para la gestión del material dragado, con el fin de servir de base para que los países desarrollen su propia reglamentación.

En el caso de España, en el año 1994 el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) publicó las “Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles” (RGMD), que fueron acordadas por los diferentes centros directivos y organismos de la Administración General del Estado competentes en los procedimientos de aprobación y autorización de las obras de dragado y su vertido en el mar (Puertos del Estado, Dirección General de la Marina Mercante, Instituto Español de Oceanografía y las entonces Secretaría General de Pesca Marítima, Dirección General de Costas y Dirección General de Política Ambiental). Por diferentes razones, las mencionadas RGMD no llegaron a tener carácter normativo. No obstante, han venido siendo aplicadas en la totalidad de los proyectos estatales de dragado y en la mayor parte de las actuaciones promovidas por los puertos dependientes de las CCAA.

¹ Cabe entender como gestión del material dragado el conjunto de operaciones a realizar antes, durante y posteriormente a la ejecución del proyecto. Se reconoce, en general, que comprende 6 etapas: definición del problema, desarrollo de objetivos y criterios, identificación de alternativas, evaluación y comparación de alternativas, selección de la mejor alternativa y, por último, control y vigilancia durante la ejecución de la actuación y sus efectos a medio-largo plazo.

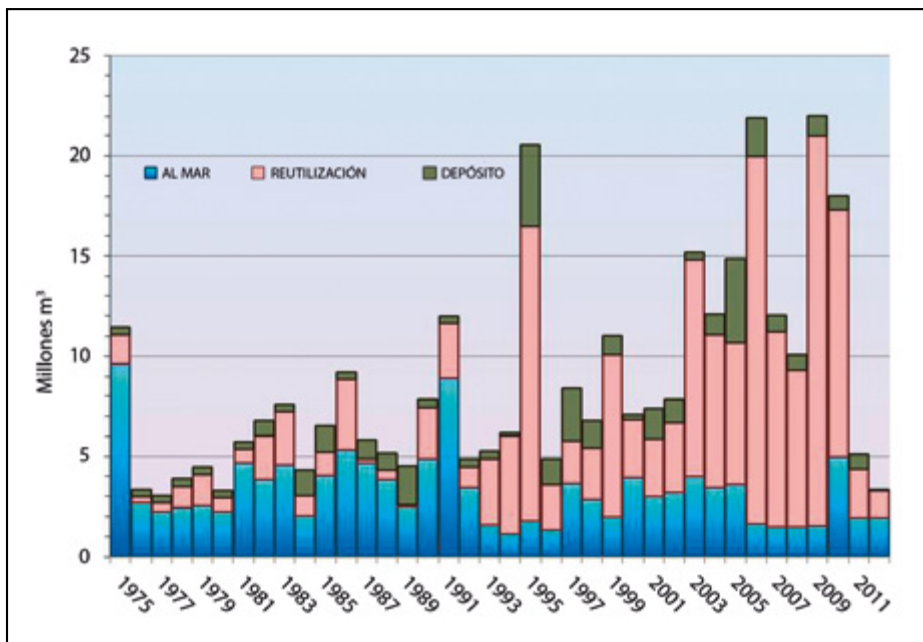


Figura 2. Evolución del destino de los materiales de dragado en los puertos españoles en los últimos 35 años.

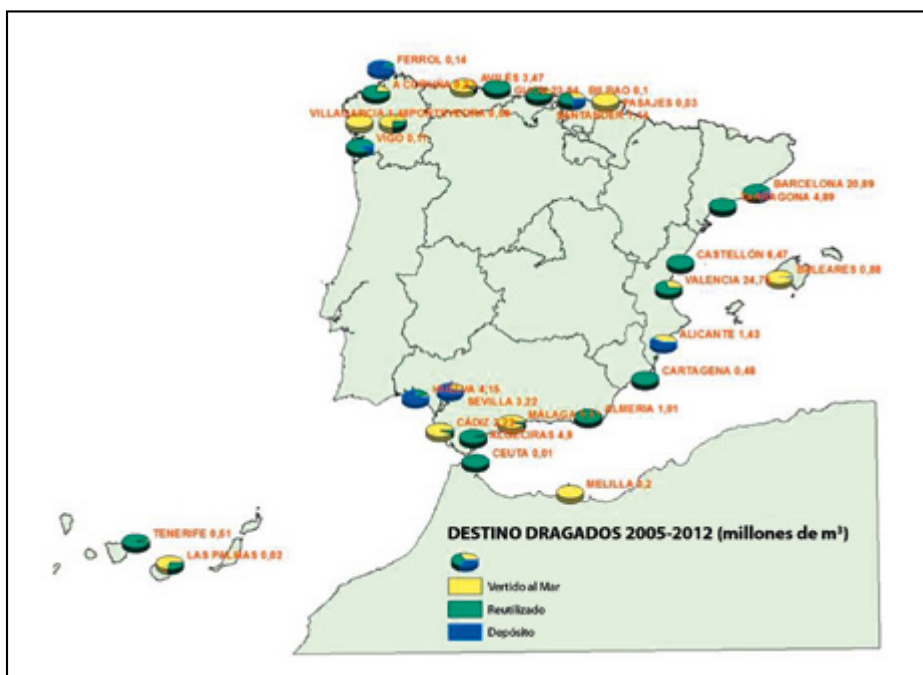


Figura 3. Gestión del material dragado en las diferentes Autoridades portuarias.

Las RGMD establecían el procedimiento general a seguir en la caracterización del material dragado, incluyendo la definición provisional de los umbrales de contaminación para evaluar la aceptabilidad ambiental de su vertido al mar (niveles de acción), los estudios necesarios para la selección de la zona de vertido y los programas de vigilancia ambiental que debían desarrollarse. Sin embargo, los avances producidos desde su publicación tanto en el ámbito de los Convenios Internacionales para la protección del medio marino como en la legislación comunitaria y en el conocimiento científico hicieron imprescindible su actualización, que se ha aprovechado también para clarificar algunos aspectos de las RGMD referidos, fundamentalmente, a la interpretación de los resultados analíticos, así

como la inclusión de anejos técnicos en los que se detallan, entre otros aspectos, la metodología para la adquisición y conservación de las muestras y la realización de los análisis y ensayos.

Tras la creación de un grupo de trabajo en el seno de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas para trabajar sobre una propuesta preparada por el CEDEX en 2012, este órgano ha aprobado en Abril de 2014 las “Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre” que vienen a sustituir a las RGMD de 1994 y constituyen el mecanismo para evaluar la aceptabilidad ambiental de las operaciones de dragado, establecer los procedimientos para su adecuada caracterización y servir de guía con vistas

a alcanzar el procedimiento de gestión más conveniente, incluyendo los criterios y estudios necesarios para la selección de la zona de vertido en el mar cuando esta sea la opción seleccionada. Uno de los aspectos de mayor relevancia en este nuevo marco es el establecimiento de criterios para la consideración del material como “sedimento no peligroso” que viene a resolver la incertidumbre en la interpretación del artículo 2.3 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, por cuanto en el mismo se exceptúa de su ámbito de aplicación a *“los sedimentos reubicados en el interior de las aguas superficiales a efectos de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones y de las sequías, o de creación de nuevas superficies de terreno, si se demuestra que dichos sedimentos son no peligrosos”*.

Llegados a este punto parece necesario detenerse en el análisis del propio título de las Directrices, que se redactan, entre otros aspectos, como guía para la “caracterización del material dragado” - y hasta aquí no ofrecen novedades respecto a las RGMD, salvo en lo que más tarde se detallará -, pero también “para su reubicación en aguas del DPMT”, es decir, que su título ya ofrece una pista inequívoca de su vocación de resolver la incertidumbre de la legislación de residuos. Desde este punto de vista las Directrices resultan novedosas en relación con los instrumentos que se han desarrollado hasta ahora en otros países de la Unión Europea, afectados al igual que España por la indefinición conceptual del término “sedimento no peligroso” utilizado en la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. El tratamiento de este tema en otros países europeos va desde considerar siempre que el material dragado es un residuo y debe someterse en todos los casos a los ensayos de caracterización establecidos para los mismos (códigos H del Anejo III de la propia Directiva) hasta considerar que el material dragado no es un residuo o que la Directiva de residuos no les resulta de aplicación en caso de no gestionarse en tierra y su caracterización puede realizarse mediante otro tipo de análisis o ensayos.

En las definiciones contenidas en las Directrices se clarifica que el término “reubicación” incluye dos tipos de gestión independientes para el material: “vertido” o “colocación” en las aguas del DPMT, tal y como vienen establecidos en el Título IV de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.

El texto de las Directrices se acompaña de diversos anejos técnicos, a modo de guías metodológicas, que sirven de referencia a los encargados de la realización práctica de la toma de muestras, determinaciones analíticas, ensayos de laboratorio o estudios de campo necesarios para la caracterización de los materiales o los procesos de decisión para determinar la técnica de gestión más adecuada.

Las condiciones establecidas en las Directrices resultan de aplicación en las operaciones de dragado y de reubicación de sedimentos que se lleven a cabo en las aguas del dominio público marítimo-terrestre, incluyendo el dominio público portuario (DPP). No son aplicables en las actuaciones de explotación de yacimientos submarinos de áridos fuera de la zona I de los puertos para la obtención de materiales para su aporte a playas o para rellenos portuarios, operaciones que se regularán por sus directrices específicas.

2. EL DRAGADO Y LA ZONA A DRAGAR

Toda actuación de dragado tiene la consideración de obra marítima y requiere del correspondiente proyecto, que deberá incorporar la justificación de la necesidad de su ejecución, la caracterización de la zona así como un estudio de la gestión del material dragado, que se realizarán de acuerdo con las Directrices.

Es de destacar, a este respecto, el principio de que se minimizará, en la medida en que resulte técnicamente posible y económicamente viable el volumen de material a dragar, el volumen de material a verter al mar y, en general, las superficies afectadas por el dragado y el vertido.

Con anterioridad a la caracterización de los materiales, el promotor de la actuación deberá recopilar, sobre la base de los datos existentes, la información básica necesaria para redactar el proyecto y decidir el nivel de detalle de los estudios que resultará necesario realizar para evaluar ambientalmente la actuación. Tal información comprende:

- Tipo y fuentes de contaminación significativa en la zona a dragar
- Estimación de los objetos o materiales de origen antrópico que pudiera contener el material a dragar.
- Existencia de algún programa de control sobre las fuentes de contaminación, o intervención ambiental relevante en relación con los vertidos a la zona.
- Composición granulométrica esperada.
- Características batimétricas de la zona.
- Características biológicas de la zona de dragado.
- Resultados de los programas existentes de seguimiento de calidad de las aguas.
- Localización de áreas amparadas por cualquier figura de protección ambiental.
- Identificación de otros usos legítimos del mar que concurren sobre la zona.

En aquellas actuaciones con un volumen a dragar superior a 100.000 m³ y con zonas de baño, de cultivos marinos, tomas de agua o cualquier figura de protección ambiental marina o marítimo-costera situada a una distancia igual o inferior a 2 millas náuticas de la zona de dragado, será preceptiva la realización de un estudio de transporte y dispersión que permita conocer la posible afección de la actuación.

3. PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DEL MATERIAL DRAGADO

El esquema general para la clasificación y gestión del material a dragar según las Directrices es el incluido en la figura 4, estableciéndose en el mismo los diferentes pasos sucesivos que deben abordarse.

En ausencia de fuentes apreciables de contaminación quedarán exentas de caracterización aquellas actuaciones de volumen inferior a 10.000 m³ de las que se tenga información local acerca de la calidad del sedimento que permita asegurar razonablemente que el material no esté contaminado. Asimismo, quedarán exentas de caracterización aquellos materiales constituidos exclusivamente por material geológico consolidado o no consolidado de tamaño superior a 2 mm.

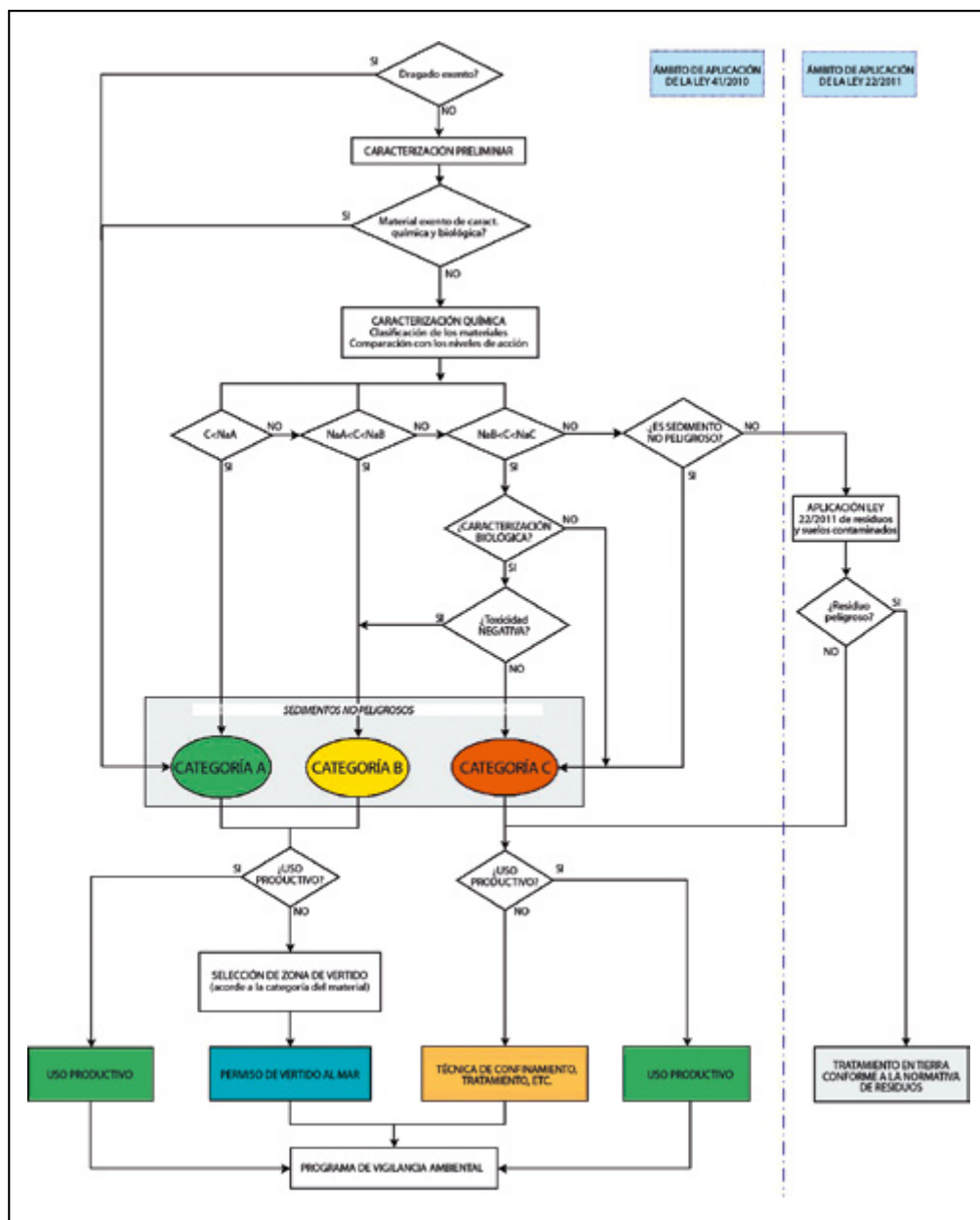


Figura 4. Diagrama para la clasificación y gestión del material a dragar.

El resto del material a dragar estará sujeto a una caracterización preliminar y, en su caso, química y biológica que permitirán definir los procesos posteriores de su gestión.

4. TOMA DE MUESTRAS DE LOS MATERIALES A DRAGAR

Al igual que en las RGMD se establece que para dragados de pequeño espesor bastará con la adquisición de muestras superficiales y para los de elevada potencia se requerirán muestras profundas si bien las nuevas Directrices indican cuando es necesario realizar este tipo de muestreo (espesor superior a 1 metro), el número de este tipo de estaciones (una tercera parte del número total) y que cada muestra profunda debe ser dividida en muestras individuales cada 50 cm (en las RGMD era cada 25 cm). Se introduce también la excepción para los dragados de mantenimiento, en los que al tratarse de materiales de reciente depósito en los que no debería existir gradiente vertical de

contaminación, bastará con la adquisición de muestras superficiales con independencia del espesor de dragado.

La expresión general para el cálculo del número de estaciones de muestreo se mantiene invariable respecto a las RGMD y es el definido por la expresión:

$$N = \frac{S}{25\sqrt{S}}$$

Donde S es la superficie (expresada en m²) de la zona a dragar.

No obstante, a diferencia de las RGMD, se establecen cuatro tipos de zonas:

- Zonas Tipo M, la que bordea los muelles, en las que se ubicará al menos una estación de muestreo cada 100 metros lineales.
- Zonas Tipo G, dársenas portuarias, en las que se aplicará la expresión general para el cálculo del número de estaciones de muestreo.

- Zonas Tipo C, canales de navegación, en las que el número de estaciones podrá ser hasta 1/3 del resultante de aplicar la expresión general.
- Otras zonas. En caso de que el proyecto incluyese zonas diferentes a las anteriores, se aplicará para la misma la expresión general.

El número mínimo de estaciones de muestreo, dentro del área proyectada para la realización del dragado, deberá ser de 3 (en lugar de las 4 establecidas como mínimo en las RGMD) y, en proyectos en los que resulte preceptiva la adquisición de muestras profundas, se procederá al menos a su toma en una de las estaciones de muestreo.

Novedades importantes de las Directrices son la recomendación de un protocolo específico para la adquisición y conservación de las muestras y el establecimiento de unos plazos máximos para la realización de los análisis de tres semanas para determinaciones químicas o, en su caso, bioensayos, si bien se aconseja que éstos se inicien dentro de la semana siguiente a la adquisición de las muestras.

Al objeto de optimizar el coste y plazo de las determinaciones analíticas, se mantiene la posibilidad de componer muestras (mezcla de partes alícuotas de las muestras individuales) si bien se fijan como condiciones para poder realizar tal composición que se correspondan con estaciones de muestreo contiguas en la horizontal o en la vertical, que presenten unas similares características organolépticas y que no sea esperable un gradiente de contaminación. Se fija el número máximo de muestras individuales que pueden componerse, que resulta ser de 2 en zonas tipo M o C y de 4 en zonas tipo G. En los casos en que se opte por la composición, el número total de muestras a analizar (muestras individuales más muestras compuestas) no podrá ser, en caso alguno y para cada uno de los tipos de zona, inferior al 50% del número mínimo de estaciones de muestreo.

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Una vez las muestras en laboratorio, se procederá a la caracterización de los materiales, lo que incluye tres etapas consecutivas que será necesario abordar o no en función de los resultados obtenidos en la etapa anterior.

5.1. Caracterización preliminar

Esta primera etapa resultará preceptiva para todas las muestras (individuales o compuestas) e incluirá las siguientes determinaciones:

- Granulometría.
- Concentración de sólidos.
- Contenido en Carbono Orgánico Total (COT).
- Test previo de toxicidad (TPT).
- Parámetros indicadores de contaminación fecal cuando el contenido en COT resultase superior al 2,5% y la zona de dragado o la prevista para la reubicación del material esté próxima a zonas de baño, de cultivos marinos, de extracción de recursos marisqueros o de captación de agua para consumo humano o para acuicultura.

La principal novedad que introducen las Directrices para esta fase de caracterización de los materiales es la realización

del ensayo TPT, puesto a punto por el CEDEX específicamente para la caracterización del material dragado sobre la base del método de Campisi et al (2005). El ensayo se basa en la inhibición de la luminiscencia de la bacteria *Vibrio fischeri* poniendo en contacto directo suspensiones de sedimento de concentraciones conocidas con una alícuota constante de reactivo bacteriano y sus resultados se expresan como concentración CE50, es decir, como concentración que produce un 50% de disminución de la bioluminiscencia en mg de sedimento por litro de suspensión.

Los resultados obtenidos en la caracterización preliminar determinarán si ésta resulta suficiente o si, por el contrario, resulta necesario abordar la caracterización química o, en su caso, biológica ya que el material será clasificado directamente como de Categoría A y exento de estas fases subsiguientes cuando presenta un contenido de finos (tamaño menor de 63 μm) inferior al 10%, una concentración de COT inferior al 2% y el resultado del TPT indique una concentración CE50 superior a 2.000 mg/l, siempre y cuando la zona de dragado se encuentra alejada de cualquier fuente de contaminación pasada o presente.

5.2. Caracterización química

Las RGMD establecían los niveles de acción como concentraciones de contaminantes sobre la fracción fina (menor de 63 μm) y, consecuentemente, la realización de los análisis se debía realizar sobre dicha fracción. Esto obligaba a su separación mediante tamizado en vía húmeda, procedimiento que puede alterar de manera significativa el contenido en contaminantes de las muestras o incluso resultar inviable en los casos en que dicha fracción fina fuese escasa en el sedimento. Si se disponía de análisis realizados sobre la fracción no gruesa (menor de 2 mm) resultaba necesaria la normalización matemática de los resultados obtenidos lo que ha generado, con cierta frecuencia en estos años, algunos problemas de interpretación.

Las Directrices vienen a solventar estos problemas ya que, al igual que en la inmensa mayoría de los países de nuestro entorno (Röper & Netzbund, 2011), establecen que los análisis de esta etapa se llevarán a cabo sobre la fracción no gruesa del sedimento.

Los contaminantes a analizar en esta fase son los siguientes:

- Arsénico (As)
- Cadmio (Cd)
- Cobre (Cu)
- Cromo (Cr)
- Mercurio (Hg)
- Níquel (Ni)
- Plomo (Pb)
- Zinc (Zn)
- Policlorobifenilos (PCBs), determinando de manera individual los congéneres IUPAC 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), determinando de manera individual la concentración de los siguientes compuestos: Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno (1,2,3-cd) pireno, Pireno y Fenantreno.

- Tributilestaño (TBT) y sus productos de degradación (Dibutilestaño –DBT– y Monobutilestaño –MBT–).
- Hidrocarburos (C10-C40).

La determinación de PCBs, HAPs, TBTs e hidrocarburos puede no resultar preceptiva cuando exista información suficiente de investigaciones o estudios de vigilancia previos, en los 5 años anteriores, que indiquen la ausencia de contaminación significativa por este tipo de compuestos o, en ausencia de fuentes conocidas de contaminación (puntuales o difusas), las muestras presenten un porcentaje de finos inferior al 10% y un contenido en COT inferior al 1,5%.

Basándose en la información local de las fuentes de contaminación podrá resultar necesario el análisis de otros contaminantes tales como otros Policlorobifenilos, Pesticidas organoclorados (con especial atención a DDT y sus productos de degradación, pentaclorobenceno, hexaclorobenceno y hexaclorociclohexanos), Pesticidas organofosforados, otros compuestos orgánicos del Estaño, otros agentes anti-fouling o Dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDDs y PCDFs).

Los contaminantes incluidos en la caracterización química son los recomendados por OSPAR en la última revisión de sus Directrices (OSPAR, 2014). La única diferencia respecto a estas estriba en la determinación obligatoria de los Hidrocarburos debido al procedimiento de evaluación sobre la no peligrosidad del sedimento que más tarde se detalla (en OSPAR están incluidos en la denominada “lista secundaria”, que incluye los contaminantes de determinación no obligatoria y que deberán analizarse o no en función de las fuentes de contaminación existentes en la zona).

Con independencia de la fracción granulométrica a analizar, la principal novedad que introducen las Directrices respecto a las RGMD es la inclusión como contaminantes de determinación obligatoria (salvo en los casos a los que se ha hecho referencia) de Arsénico², HPA, TBTs e Hidrocarburos. Asimismo, las Directrices resuelven diferentes problemas que se han venido detectando en la aplicación de las RGMD respecto a la metodología analítica utilizada y los límites de cuantificación requeridos para cada contaminante concreto ya que no se incluía recomendación alguna sobre estos aspectos. Todo lo anterior implica una clara mejora ya que la clasificación del material se realiza atendiendo a las concentraciones medias y el cálculo de este valor requiere concentraciones concretas, resultando imposible cuando, en ausencia de criterios como era el caso hasta ahora, la concentración se expresaba como un “menor que” cierto umbral.

Los límites de cuantificación requeridos son los que se incluyen en la tabla 1. Se indica, además, que a efectos de cálculo de las concentraciones medias no podrán considerarse aquellas muestras para las que no se cuente con resultados analíticos y que en caso de resultar el mismo inferior al límite de cuantificación se utilizará como resultado de la medición la mitad de dicho valor.

Tabla 1. Límites de cuantificación establecidos para los diferentes contaminantes

Contaminante	Límite de cuantificación (sms)
Arsénico (As)	7 mg/kg
Cadmio (Cd)	0,24 mg/kg
Cobre (Cu)	14 mg/kg
Cromo (Cr)	28 mg/kg
Mercurio (Hg)	0,17 mg/kg
Níquel (Ni)	6 mg/kg
Plomo (Pb)	16 mg/kg
Zinc (Zn)	41 mg/kg
Policlorobifenilos (PCBs)	0,002 mg/kg para cada congénere
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	0,04 mg/kg para cada compuesto
Tributilestaño (TBT) y sus productos de degradación	0,05 mg Sn/kg

5.3. Caracterización biológica

Posiblemente, la principal novedad que incorporan las Directrices sea la inclusión de ensayos biológicos concretos, con una metodología estandarizada, para clasificar el material dragado en una categoría determinada. Tales bioensayos se aplican cuando la caracterización química por si sola no puede resolver la incertidumbre sobre sus efectos biológicos.

Durante los últimos años el CEDEX ha venido trabajando en la revisión de los ensayos más adecuados para comprobar los efectos biológicos del material dragado contaminado, lo que ha permitido la selección de un conjunto de bioensayos que se consideran, por su sensibilidad, reproducibilidad y posibilidad de ejecución como los más adecuados para incluir en esta etapa de la caracterización (CEDEX 2002, CEDEX, 2009).

La caracterización biológica, realizada a través de bioensayos, resulta preceptiva para evaluar la posibilidad de vertido al mar de materiales moderadamente contaminados, lo que equivale a decir que la caracterización química será suficiente cuando las concentraciones detectadas en el material resulten inferiores al nivel de acción B, considerando este umbral como de baja probabilidad de efectos (materiales susceptibles de vertido al mar) o bien cuando excedan el nivel de acción C, considerando este umbral como de alta probabilidad de que se produzcan efectos (materiales no susceptibles de vertido al mar). Por tanto, para materiales con concentraciones comprendidas entre los niveles de acción B y C, es necesario complementar la caracterización química con bioensayos para discernir caso a caso si los sedimentos a dragar son o no tóxicos para la biota marina.

Las Directrices establecen dos tipos de bioensayos diferentes: en fase líquida sobre equinodermos (tres ensayos) o en fase sólida con anfípodos (dos ensayos). El promotor podrá elegir uno entre estos cinco bioensayos. La tabla 2 incluye los diferentes ensayos por los que se puede optar, el punto final medido y el criterio para considerar si el material presenta efectos tóxicos sobre la biota marina.

En el anejo correspondiente se detalla de manera pormenorizada el protocolo metodológico para la realización de estos bioensayos, así como los criterios de aceptabilidad de los mismos.

² Si bien el Arsénico no estaba incluido entre los contaminantes de determinación obligatoria (grupo A de las RGMD), el hecho cierto es que en la mayor parte de los proyectos se realizó su determinación.

Tabla 2. Bioensayos incluidos en la caracterización biológica

Bioensayo	Fase	Especie	Duración	Punto final	Criterio toxicidad positiva
Embriogénesis	Lixiviado	<i>Paracentrotus lividus</i>	48 horas	Porcentaje de larvas pluteus normales	Nº de larvas pluteus < 70% del detectado en muestra control
Crecimiento larvario	Lixiviado	<i>Paracentrotus lividus</i>	48 horas	Porcentaje de individuos de tamaño normal	Nº de individuos de tamaño normal < 70% del detectado en muestra control
Fecundación	Lixiviado	<i>Paracentrotus lividus</i>	80 minutos	Porcentaje de huevos fecundados	Tasa de fecundación ≤ 70% del detectado en muestra control
Toxicidad aguda	Sedimento	<i>Corophium sp.</i>	10 días	Porcentaje de supervivencia	Supervivencia < 70% de la detectada en muestra control
Toxicidad aguda	Sedimento	<i>Ampelisca brevicornis</i>	10 días	Porcentaje de supervivencia	Supervivencia < 70% de la detectada en muestra control

5.4. Caracterización simplificada

Las Directrices establecen un plazo máximo de validez de los resultados analíticos y bioensayos, que resulta ser de 4 años que pueden extenderse a otros 4 años adicionales en caso de dragados de mantenimiento. Las RGMD establecían un plazo de validez de 2 años con carácter general y de 5 años para el caso de dragados de mantenimiento.

Cuando la obra de dragado no se hubiera iniciado dentro del plazo de validez de los análisis resultará necesario comprobar sus resultados a través de una caracterización simplificada.

Dicha caracterización incluirá una nueva campaña de muestreo, exclusivamente de muestras superficiales, y el número de estaciones se podrá reducir hasta la tercera parte de las utilizadas en la caracterización previa, elegidas entre las que hubieran presentado un mayor nivel de contaminación. Sobre estas muestras se deberán repetir, de manera completa, los ensayos de la caracterización preliminar y los análisis de la caracterización química, pero limitados a los contaminantes que hubieran resultado ser superiores al nivel de acción A en aquella.

6. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DRAGADO

Una vez conocidos los resultados de la caracterización del material, éste pasa a clasificarse en una o más categorías

por comparación de las concentraciones detectadas en los mismos con unos determinados umbrales de concentración denominados “niveles de acción”, tomando además en consideración la existencia o no de efectos tóxicos para la biota marina en los casos en que hubiera sido necesario recurrir a la caracterización biológica.

6.1. Niveles de acción

Los Convenios internacionales para la protección del medio marino recomiendan en sus Guías fijar dos niveles de acción, uno inferior, que representa el umbral de concentración para cada contaminante por debajo del cual cabe considerar el material como susceptible de vertido al mar y otro superior que representa concentraciones límite de contaminantes que causan efectos biológicos significativos y, por lo tanto, su vertido al mar resulta inapropiado (p. ej. OSPAR, 2014). Sin embargo, no todos los países siguen esta recomendación y el número de niveles de acción resulta variable. En países de nuestro entorno oscila entre un único nivel de acción (Países Bajos) y los 5 incluidos en la legislación de Portugal. En el caso de las Directrices se optó por establecer tres niveles de acción, denominados A, B y C que son los que se incluyen en la tabla 3.

Los niveles de acción A y B representan el umbral de concentraciones por debajo de los cuales se puede considerar estadísticamente el material como carente de efectos

Tabla 3. Niveles de acción

Parámetro	N.A.A (Nivel de Acción A)	N.A.B (Nivel de Acción B)	N.A.C (Nivel de Acción C)
Hg (mg/kg)	0,35	0,71	2,84
Cd (mg/kg)	1,20	2,40	9,60
Pb (mg/kg)	80	218	600
Cu (mg/kg)	70	168	675
Zn (mg/kg)	205	410	1640
Cr (mg/kg)	140	340	1000
Ni (mg/kg)	30	63	234
As (mg/kg)	35	70	280
Σ 7 PCBs (mg/kg) ¹	0,05	0,18	0,54
Σ 9 HAPs (mg/kg) ²	1,88	3,76	18,80
TBT ³ (mg Sn/kg)	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-1,0

¹ Suma de los congéneres IUPAC números 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.

² Suma de los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Pireno y Fenantreno).

³ TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT).

biológicos significativos. No obstante, se optó por fijar dos niveles distintos, que dan lugar a diferentes categorías del material, en función de la vulnerabilidad del medio marino y definir, como más tarde se verá, dos tipos de zonas marinas teniendo en cuenta su proximidad a la costa o a espacios protegidos: las restringidas y las no restringidas.

Las concentraciones comprendidas entre los niveles de acción B y C representan el rango en el que existe incertidumbre sobre sus posibles efectos sobre la biota marina para cuya resolución se deberán realizar bioensayos.

Por último, el nivel de acción C representa el umbral superior de concentraciones por encima del cual el material se considerará como contaminado y por lo tanto no susceptible de ser vertido al mar.

Aunque a tenor de lo anterior pudiera parecer que se introducen respecto a las RGMD (que únicamente contemplaban dos niveles de acción) un mayor número de categorías de material, la realidad es que la única diferencia metodológica estriba en que para las concentraciones comprendidas entre los niveles de acción B y C (equivalentes conceptualmente a los antiguos niveles 1 y 2 de las RGMD) se establece la necesidad de ensayos biológicos para discernir sus efectos reales sobre la biota marina y, consecuentemente, la aceptabilidad ambiental de su vertido al mar.

Los umbrales de concentración representados por los niveles de acción han sido elegidos atendiendo, fundamentalmente, a dos criterios:

- Los trabajos previos realizados en un buen número de localizaciones del litoral sirvieron para hacer una estima de los niveles naturales de fondo existentes en los sedimentos de nuestra región geográfica (CEDEX, 1999). El criterio general que se eligió para fijar el nivel de acción A fue multiplicar dicho valor de fondo por un cierto factor variable en función de la peligrosidad de cada contaminante.
- Los umbrales ecotoxicológicos internacionalmente aceptados para evaluar la peligrosidad ambiental de los sedimentos marinos (Long et al, 1995 y revisiones posteriores) han servido como criterio para establecer el nivel de acción B que, en general, coincide o está muy próximo al denominado ERM (rango medio de efectos). Las únicas excepciones a lo anterior corresponden a los casos de Cadmio, Cobre y HPAs para los que la concentración establecida como ERM parecía demasiado elevada a la vista de las concentraciones establecidas como niveles de fondo optándose por un valor más restrictivo. El nivel de acción C ha sido establecido en función del nivel de acción B, multiplicándolo por un factor, que varía en función del contaminante específico entre 2,7 y 5.

Dado que los niveles de acción están fijados para diferentes fracciones granulométricas (menor de 63 µm en las RGMD y menor de 2 mm en las Directrices) no resulta posible su comparación directa, si bien de manera general puede afirmarse que tanto para el nivel de acción A como el nivel de acción B resultan significativamente más restrictivos (excepto para los casos de Cadmio y PCBs) en comparación con el antiguo nivel de acción 1. En lo que se refiere a las concentraciones establecidas como nivel de acción C vienen, en general, a resultar de similar magnitud

que el nivel de acción 2 de las RGMD (las excepciones serían para los casos de Zinc y, en menor medida, Níquel que son más restrictivos).

6.2. Concepto de sedimento no peligroso a efectos de la Ley 22/2011

Tal y como anteriormente se ha mencionado, este aspecto resulta absolutamente novedoso tanto en el plano nacional como internacional y sirve para establecer la frontera entre los ámbitos de aplicación de la legislación sobre residuos (Ley 22/2011) y lo establecido por los Convenios internacionales de protección del medio marino.

De acuerdo con las Directrices, se considera como criterio general que el material dragado es un sedimento no peligroso cuando sus concentraciones analíticas se encuentran por debajo de los umbrales incluidos en la tabla 4, basados en las concentraciones de la Orden MAM 304/2002 y normativa asociada, excepto para el Plomo, Cobre y Zinc, debido a que dichos umbrales eran demasiado elevados. En estos casos se optó por un criterio más restrictivo basado en la norma alemana de ecotoxicidad acuática. Por este motivo, y sólo para el caso de estos tres metales, de superarse tales umbrales, podrá considerarse el material como sedimento no peligroso si se demuestra su no ecotoxicidad de acuerdo con los métodos y criterios establecidos en la OM de 13 de octubre de 1989 sobre métodos de caracterización de residuos tóxicos y peligrosos. Idénticos ensayos deberán realizarse en caso de que la concentración de más de un contaminante supere el nivel de acción C, en previsión de efectos acumulativos o sinérgicos.

El material de dragado que no cumpla las anteriores condiciones deberá ser caracterizado conforme el Anejo III de la ley 22/2011 (es decir, evaluando los códigos H que pudieran resultar de aplicación) para comprobar si se trata o no de un residuo peligroso. En caso de que no lo sea, su gestión es posible en el mar pero siempre de manera confinada, no pudiendo ser objeto, en ningún caso, de vertido.

Tabla 4. Umbrales para la consideración de sedimento no peligroso

Parámetro	Concentración
Hg (mg/kg)	17
Cd (mg/kg)	72
Pb (mg/kg) ¹	2500
Cu (mg/kg) ¹	2500
Zn (mg/kg) ¹	2500
Cr (VI) (mg/kg) ¹	1000
Ni (mg/kg) ¹	1000
As (mg/kg) ¹	1000
Σ 7 PCBs (mg/kg) ²	4,0
Σ 9 HAPs (mg/kg) ³	110
TBT (mg Sn/kg) ⁴	1,2
Hidrocarburos C10-C40 (mg/kg) ¹	2500 ⁵

¹ Basados en las concentraciones de la Orden MAM 304/2002 y normativa asociada

² Suma de los congéneres IUPAC números 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.

³ Suma de los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Pireno, y Fenantreno).

⁴ TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT).

⁵ Valor provisional.

6.3. Categorías de los sedimentos no peligrosos

La totalidad del material a dragar que tuviera la consideración de sedimento no peligroso, deberá ser clasificado en una o más categorías en función de los resultados de la caracterización química y, en su caso, biológica.

Tal clasificación se realiza comparando las concentraciones medias de cada contaminante con las establecidas como niveles de acción y teniendo en cuenta, en su caso, los resultados de la caracterización biológica. Las Directrices detallan el procedimiento a seguir para el cálculo de tal concentración media, en el que se imponen determinadas restricciones tanto de tipo espacial (de manera que se obtengan zonas de dragado homogéneas cuyos materiales puedan técnicamente ser gestionados de manera conjunta) como de límite de concentración (indispensable para el material afectado por altos niveles de contaminación no pueda ser clasificado en una categoría inferior a la que realmente le correspondería a través de una “dilución” matemática).

De esta manera, las Directrices establecen tres categorías de material:

- **Categoría A:** Materiales correspondientes a proyectos exentos de caracterización, las muestras exentas de caracterización química y biológica y el conjunto de muestras cuya concentración individual o media sea inferior al nivel de acción A para todos los contaminantes.
- **Categoría B:** Conjunto de muestras cuya concentración individual o media para todos los contaminantes resulta ser inferior al nivel de acción B y aquellas que, superando este umbral (sin sobrepasar el nivel de acción C), hubieran sido sometidas a caracterización biológica y los resultados de la misma indiquen que presentan una toxicidad negativa para la biota marina.
- **Categoría C:** Materiales para los que la concentración individual o media de algún contaminante

resulta ser superior al nivel de acción B pero inferior al nivel de acción C y no se hubiera realizado caracterización biológica o los resultados de la misma indiquen que presentan toxicidad positiva, y aquellos materiales en los que tales concentraciones resultan ser superiores al nivel de acción C.

7. MEDIDAS PREVENTIVAS Y EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES DE GESTIÓN

Las Directrices incorporan en uno de sus anejos un análisis de las medidas preventivas y de mitigación de los efectos negativos así como de las mejores prácticas ambientales tanto para la operación de dragado como para su vertido o confinamiento, incorporando, asimismo, metodologías que se han demostrado eficaces para mejorar los resultados ambientales de estas actuaciones, como el uso de pantallas antiturbidez o equipos de dragado dotados de sistemas antiturbidez (ecodragas).

Las Directrices avanzan también en el estudio de usos productivos que si bien ya resultaba preceptivo, pasa ahora a tener que ser incorporado al propio proyecto y formará parte de la documentación necesaria para la obtención de los correspondientes permisos. Se establece como uso productivo preferente el aporte de material a playas siempre que reúna las características adecuadas y se llegue a un acuerdo con el órgano competente en esta materia. En caso de que pudiera existir para el material un uso productivo y el promotor no optase por el mismo, o no se llegase a un acuerdo con el órgano competente, se deberán justificar las razones de tal decisión.

Las Directrices establecen que, tal y como se indicaba anteriormente, únicamente podrán ser objeto de vertido al mar los materiales que hubieran sido clasificados como de categorías A o B, si bien se establece una distinción entre ambas categorías, de manera que los de categoría B no podrán verterse en las denominadas zonas restringidas. En lo que se refiere a materiales



Foto 1. Dragas de cuchara operando en el interior de un recinto dotado de pantalla antiturbidez.

clasificados como de categoría C, su reubicación en aguas del DPMT será únicamente posible mediante una técnica de confinamiento en recinto específicamente diseñado y construido para el almacenamiento de productos de dragado contaminados de acuerdo con las características que se indican en las propias Directrices, o bien optarse por su recubrimiento o confinamiento subacuático (técnica conocida como “capping”, bastante extendida en otros países, aún cuando en España raramente se ha planteado hasta la fecha). Otras alternativas que se apuntan para la gestión de este material son el relleno de estructuras portuarias, para el que resultan de aplicación los mismos condicionantes que el confinamiento en recintos, o tratamientos que pudieran permitir mejorar la calidad de todo o una parte del material y pasar entonces a ser considerado como de categoría B o inferior, resultando en tal caso susceptible de ser vertido al mar.

Para el caso de material que no pueda ser considerado “sedimento no peligroso” y, tras la aplicación de los métodos de caracterización de residuos, resulte ser un “residuo no peligroso”, su gestión podrá ser realizada en el DPMT pero, en todo caso, mediante su almacenamiento en recintos específicamente contruidos para el depósito de productos contaminados, con paredes impermeables y dispositivos que permitan controlar la fuga de lixiviados.

8. VERTIDO AL MAR DEL MATERIAL DRAGADO

Siendo, como es el caso, el medio marino el receptor de la inmensa mayoría del material dragado y habida cuenta de la fragilidad de los ecosistemas marinos, la adecuada selección de la zona para efectuar el vertido resulta fundamental para minimizar los efectos, tanto de naturaleza mecánica como química o biológica, que puede generar la operación.

En general, dada la renovación de las aguas en el medio marino, no son frecuentes los impactos sobre la calidad de la masa de agua (si bien deben ser tenidos en cuenta en determinadas ocasiones como, por ejemplo, cuando existen en el entorno zonas de baño, de cultivos marinos, tomas de agua, etc). Sin embargo, los efectos pueden resultar muy significativos sobre los componentes sedimentológicos y biológicos del fondo marino.

El tipo de estudios necesarios para la selección de la zona de vertido que incorporan las Directrices es muy similar al que ya incluían las RGMD si bien se detalla, en forma de Anejo, una metodología concreta para la realización del estudio de caracterización bionómica y se incluye la obligatoriedad de realizar un análisis de los espacios protegidos del entorno así como, en su caso, una evaluación de los efectos sobre los mismos, de manera que se asegure la compatibilidad con sus objetivos de conservación.

Lo que resulta completamente novedoso respecto a las RGMD es la clasificación de las potenciales zonas de reubicación del material en:

- **Zonas de exclusión:** Aquella parte del DPMT cuyo fondo esté constituido por praderas de fanerógamas marinas, bosques de laminarias, comunidades de

maërl o formaciones de coralígeno, zonas de baño, zonas de cultivos marinos, bancos marisqueros y las ocupadas por cualquier infraestructura submarina. En estas zonas no podrá ser autorizado el vertido de materiales, limitándose su colocación en estas zonas únicamente a un uso productivo.

- **Zonas de vertido restringidas,** dentro de las que se incluyen aquellas de profundidad igual o inferior a 25 metros, las zonas marinas o marítimo-terrestres protegidas y su entorno, hasta una distancia igual a 2 millas náuticas del límite exterior de las mismas y el entorno de las zonas de exclusión (hasta una distancia igual a 2 millas náuticas desde el borde exterior de las mismas). En estas zonas se podrá permitir exclusivamente el vertido de materiales clasificados como de categoría A pero no los de categoría B.
- **Zonas de vertido no restringidas:** resto del medio marino, donde podrá verterse material clasificado como de categorías A o B.

Sin embargo, tomando en consideración que la mayor parte de los puertos cuentan ya con zonas autorizadas en las que se ha venido realizando tradicionalmente el vertido de material dragado, se especifica que las mismas no tendrán la calificación de zonas de exclusión o restringidas siempre y cuando se justifique que los vertidos realizados con anterioridad no han tenido efectos negativos significativos sobre la calidad del medio marino u otros usos legítimos del mar.

Un aspecto que cabe destacar en las Directrices es la utilización preferencial de las zonas de vertido que ya hubieran sido autorizadas anteriormente frente al establecimiento de nuevas zonas de vertido (requiriéndose un estudio de los efectos ambientales que hubieran podido tener los vertidos anteriores).

Las RGMD únicamente planteaban una evaluación de los efectos del vertido (la entonces denominada “hipótesis de impacto”) cuando se trataba de materiales de categoría II. En las nuevas Directrices esta evaluación pasa a ser obligatoria y debe incorporarse al proyecto, con independencia de la calidad de los materiales a verter.

Las Directrices incorporan, por último, las medidas de control operativo del vertido que, entre otros aspectos, incluyen la separación de residuos sólidos de origen antrópico (basuras marinas) que deben ser gestionados en tierra y no vertidos al mar junto con el material de naturaleza geológica, recogiendo así la recomendación del Convenio de Barcelona en sus Directrices de dragado (UNEP- MAP, 1999) y en el Plan Regional para la gestión de la basura marina (UNEP- MAP, 2013).

9. VIGILANCIA AMBIENTAL

El desarrollo de programas de vigilancia ambiental resulta fundamental, no sólo para conocer los efectos reales de una determinada actuación sino, en casos como el que nos ocupa, para incrementar el conocimiento científico existente que, en esta materia, todavía presenta lagunas importantes a nivel tanto nacional como internacional.

Las RGMD incluían la obligatoriedad de ejecutar un programa de vigilancia ambiental limitado al caso de vertido de materiales contaminados (programa a corto plazo para materiales de categoría II y a largo plazo para los de categoría III).

Las Directrices establecen la necesidad de desarrollar por parte del promotor un programa de vigilancia ambiental en todos los casos en que se proceda al vertido o colocación en el mar de material dragado. Asimismo, dicho programa será también preceptivo en lo que se refiere a la propia operación de dragado para aquellos proyectos que impliquen la retirada de materiales clasificados como de categoría C y, con independencia de la clasificación de los materiales, en el caso de existencia de zonas sensibles en las proximidades que pudieran verse directa o indirectamente afectadas por la actuación de dragado.

Las Directrices establecen los tipos de controles a incorporar a dichos programas de manera separada para las operaciones de dragado, de vertido, de colocación en recintos o de confinamiento subacuático.

En la vigilancia del dragado, con independencia del propio control operativo de la actuación (medios utilizados y posicionamiento), el énfasis se pone en el control de la calidad de las aguas en caso de existir zonas sensibles que pudieran resultar afectadas por la actuación, así como en posibles afecciones a hábitats o especies protegidas, recursos pesqueros y marisqueros, patrimonio arqueológico e infraestructuras y servicios.

Para el caso de la vigilancia de la operación de vertido, y además de los controles exigidos para el dragado, se incluye la vigilancia sobre la presencia de residuos sólidos de origen antrópico y la posible movilidad de los sedimentos vertidos cuando el volumen sea superior a 250.000 m³. En caso de tratarse de material clasificado como de categoría C para el que el desarrollo de una técnica de tratamiento posibilite su vertido al mar se incluye, adicionalmente, un control de la calidad de los materiales con vistas a comprobar el resultado de dicho tratamiento.

La vigilancia de la colocación en recintos incorpora un control de los elementos funcionales y estructurales del recinto, así como la calidad del efluente y el medio acuático adyacente tanto durante la fase de llenado como a largo plazo.

Por último, para el confinamiento subacuático se establece un programa que incluye los mismos controles que si de un vertido al mar se tratara pero añadiéndose una inspección visual, mediante filmación submarina a fin de constatar que los materiales quedan dispuestos de manera estable sobre la zona prevista y, una vez dispuesta la capa de recubrimiento. Asimismo, el control de la estabilidad de la obra de confinamiento, así como la calidad ambiental del agua y de los fondos adyacentes constituyen otras exigencias del programa.

BIBLIOGRAFÍA

Campisi, T. et al. (2005) Effect of sediment turbidity and color on light output measurement for Microtox® Basic Solid-Phase Test. *Chemosphere* 60: 9-15.

CEDEX, 1994. Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles.

CEDEX, 1999. Determinación, para metales pesados, de las concentraciones de fondo preindustriales existentes en los sedimentos del litoral marino español. Informe técnico para Puertos del Estado. Clave 23-495-9-129

CEDEX, 2002. Estudios sobre los ensayos biológicos para determinar la nocividad de los sedimentos contaminados. Informe técnico para Puertos del Estado. Clave 23-496-9-136.

CEDEX, 2009. Investigación sobre Bioensayos para la Caracterización del Material de Dragado. Informe técnico para Puertos del Estado. Clave: 23-407-9-004.

CEDEX, 2012. Borrador del Real Decreto por el que se regulan las condiciones para las operaciones de dragado y la reubicación de los materiales dragados en aguas del dominio público marítimo-terrestre. Clave: 23-411-5-006.

CEDEX, 2013. Inventario de dragados en los puertos españoles. Actualización 2012. Informe técnico para Puertos del Estado. Clave: 29-410-5-001.

CIEM, 2014. Directrices para la gestión del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/Directrices-caracterizacion-material-dragado_tcm7-325119.pdf

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (German). (2002) Guidelines on the application of the Waste Catalogue Ordinance. Federal Law Gazette 2833. July.

Khader, I. (2010) Dragados portuarios y costeros: una revisión crítica para el golfo de Cádiz. Trabajo fin de carrera. Escuela Politécnica Superior de Algeciras. Universidad de Cádiz.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environm. Manage.* 19, 81-97.

OSPAR (2014) Revised OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material. Documento EIHA 14/3/2.

Röper, H & Netzband, A. (2011) Assessment Criteria for Dredged Material with special focus on the North Sea Region. Hamburg Port Authority. Recuperado de http://www.sednet.org/download/Dredged_Material_Criteria_North_Sea_0611.pdf

UNEP-MAP (1999) Directrices para el manejo de los materiales de dragado. MAP Technical Reports Series N° 129.

UNEP-MAP (2013) Regional Plan on Marine Litter Management in the Mediterranean in the Framework of Article 15 of the Land Based Sources Protocol. Decisión IG 21/7 de la COP XVIII celebrada en Estambul en diciembre de 2013.

Viguera, M & Peña, J. (1996) Dragas y Dragados. Ente Público Puertos del Estado. ISBN 84-88975-11-2.