

Artículo técnico

Nuevo marco para la caracterización y clasificación del material dragado en España

J.L. Buceta^{a,*}, A. Lloret^a, M. Antequera^a, R. Obispo^a, J. Sierra^b y M. Martínez-Gil^c^a Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, Ministerio de Fomento, Madrid, España^b Organismo Público Puertos del Estado, Ministerio de Fomento, Madrid, España^c División para la Protección del Mar, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 6 de marzo de 2015

Aceptado el 4 de noviembre de 2015

On-line el 30 de noviembre de 2015

Palabras clave:

Dragados

Vertidos al mar

Gestión del material dragado

Sedimento no peligroso

R E S U M E N

Tras más de 20 años de aplicación de las «Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles» elaboradas en 1994 por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas del Ministerio de Fomento y teniendo en cuenta los avances tanto de índole técnica como científica así como la entrada en vigor de nueva legislación en el ámbito europeo y español, dentro del proceso de implementación de la Ley 41/2010 de Protección del medio marino, la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas aprobó en abril de 2014 las «Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre», que resultarán de aplicación a los proyectos de dragado en los puertos españoles elaborados a partir de entonces.

El presente artículo pasa revista a los principales contenidos de este nuevo marco de gestión para el material dragado en España deteniéndose en las principales diferencias que introduce respecto al marco anteriormente utilizado. En el apartado de conclusiones se resaltan las mejoras metodológicas y los problemas que vienen a resolverse, a juicio de los autores, respecto al anterior marco utilizado.

© 2015 IAHR y WCCE. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

New Spanish framework for the characterization and classification of dredged materials

A B S T R A C T

After more than 20 years implementing the “Recommendations for the management of dredged material in Spanish ports” 1994 and taking into account both technical and scientific advances as well as the entry into force of new legislation in the European and Spanish contexts, in the process of implementation of the Spanish Law 41/2010 on the Protection of the Marine Environment, the Interministerial Commission for Marine Strategies adopted in April 2014 the “Guidelines for the characterization of dredged material and their relocation within waters of the maritime-terrestrial public domain”. These Guidelines should be applied for all the projects developed in the Spanish harbours from them.

This article reviews the main contents of this new management framework for dredged material in Spain and emphasizes the main differences with the former framework used in Spain. In the conclusions section, it is highlighted the methodological improvements and the problems solved, according the authors opinion, regarding the previous framework used.

© 2015 IAHR y WCCE. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Dredging

Disposal at sea

Dredged material management

Non-hazardous sediment

1. Introducción

Careciéndose en España de una regulación normativa específica para las operaciones de dragado y, fundamentalmente, para la evaluación y procedimiento de autorización de su vertido al mar, en el año 1994 el Centro de Estudios y Experimentación de

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Jose.L.Buceta@cedex.es (J.L. Buceta).

Obras Públicas –CEDEX–, (organismo dependiente del Ministerio de Fomento) por encargo de Puertos del Estado (también dependiente del mismo Ministerio), elaboró las «Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles» (RGMD). Aun cuando tal documento no llegó jamás a tener un carácter legalmente vinculante, la realidad es que desde su aprobación, ha sido el marco utilizado por las autoridades competentes en materia de evaluación ambiental y autorizaciones para el vertido al mar.

Las RGMD que, en su momento resultaban muy similares a las guías establecidas en el ámbito internacional (en el caso español los Convenios de Londres, Barcelona y OSPAR), fijaban una metodología para la caracterización del material basado fundamentalmente en las concentraciones químicas de determinados contaminantes (metales pesados y algunos contaminantes orgánicos) contenidas en la fracción fina del material (la menor de 63 μm), estableciéndose para los mismos unos determinados umbrales provisionales (denominados niveles de acción) que hacían posible el vertido al mar del material dragado.

En el prolongado periodo de aplicación de las RGMD se han ido detectando determinados problemas de aplicación en casos concretos y, con cierta frecuencia, una interpretación no homogénea en todos los casos. Asimismo, se han producido bastantes avances en el conocimiento científico sobre los efectos de determinados contaminantes en el medio marino. Todo ello aconsejaba, desde el punto de vista estrictamente técnico-científico una revisión en profundidad de sus prescripciones y metodología.

Pero, además, las propias RGMD establecían que los niveles de acción debían ser revisados antes del año 2000, cosa que jamás llegó a suceder. De especial relevancia resulta también que en los últimos años se desarrollaron y entraron en vigor dos nuevas Directivas de la Unión Europea que hacen necesario el establecimiento de nuevos requisitos no contemplados en aquel texto. Se trata concretamente de la Directiva marco sobre la estrategia marina (2008/56/CE) y la Directiva marco de residuos (2008/98/CE) que, en ambos casos han sido plenamente transpuestas al ordenamiento jurídico español por la Ley 41/2010 de Protección del medio marino y la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados. Concorre, por último, que los Convenios de Londres y OSPAR actualizaron sus documentos guía para el vertido al mar de material dragado (en 2013 y 2014 respectivamente).

Ante el nuevo marco normativo existente en España resultaba de la mayor conveniencia actualizar las RGMD y, dentro del contexto de implementación de la Ley 41/2010 se contaba con la oportunidad de llevarlo a efecto al facultar al Gobierno, en su artículo 4.2 para aprobar directrices comunes a todas las estrategias marinas con el fin de garantizar la coherencia de sus objetivos, entre otros, en la ordenación de actividades que se llevan a cabo o pueden afectar al medio marino, como resulta ser plenamente el caso de los dragados portuarios. De esta manera, la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, creada por RD 715/2012 como órgano de coordinación para la elaboración, aplicación y seguimiento de la planificación del medio marino, creó en el año 2013 un grupo de trabajo encargado de la elaboración de una propuesta de nuevas directrices que vinieran a sustituir a las RGMD. El texto elaborado fue aprobado en la reunión de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas de abril de 2014 y revisado en junio de 2015 con el título de «Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre» (DCMD) [1]. Al resultar tantas y de tan intenso calado las modificaciones sobre las RGMD que se venían aplicando, se decidió abrir un periodo transitorio para evaluar su plena aplicabilidad con el compromiso, tras dicha fase e incorporadas las modificaciones que pudieran resultar necesarias, de elevarlas a rango normativo (posiblemente mediante Real Decreto).

El presente artículo pasa revista a los principales contenidos de las DCMD en lo que a las fases de caracterización y clasificación

del material dragado se refiere, sin entrar a incorporar otros de sus contenidos que tienen un carácter más administrativo.

2. Ámbito de aplicación de las directrices

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 España dentro de las aguas del dominio público marítimo-terrestre (DPMT), incluyendo el dominio público portuario. 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.

Las DCMD resultan, por lo tanto, de aplicación en los diferentes proyectos de dragado con fines de ampliación o mejora de las infraestructuras portuarias (ya sean de mantenimiento o de primer establecimiento) e independientemente de cuál será el destino final proyectado para los materiales. Si la técnica de gestión proyectada es su reubicación en aguas del DPMT resultarán de aplicación tanto para la fase de dragado como de vertido o colocación. Si, por el contrario, el destino final del material es su gestión en tierra (por ejemplo vertederos) resultarán de aplicación únicamente en lo que a la fase de dragado se refiere.

Resulta interesante apuntar un caso que se presenta con cierta frecuencia en dragados de mantenimiento de bocanas de puertos que, por efecto de la propia dinámica litoral, se aterran periódicamente con material de naturaleza arenosa y que, desde el punto de vista granulométrico resulta muy adecuado para su aporte a playas. En estos casos, el marco de evaluación previsto en las DCMD, plenamente aplicable en lo referente a los efectos de la operación de dragado, debería ser complementado con otros ensayos diferentes (fundamentalmente análisis microbiológicos) que permitieran evaluar la idoneidad del material a ese uso específico.

3. 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 DCMD. Se establece, además, la necesidad de optimizar al máximo los proyectos contribuyéndose así a generar los menores efectos ambientales posibles. En este sentido, se indica 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.

Para todos los proyectos, con independencia de su magnitud o del volumen de materiales concernido, 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.

La información anterior resulta muy similar a la que ya resultaba necesario recopilar de acuerdo con las RGMD, si bien se incluyen algunos aspectos novedosos como son las características biológicas de los fondos o la posible presencia de materiales de origen antrópico (basuras marinas) que responden, fundamentalmente, a los requerimientos de la Ley 41/2010.

Con independencia de la recopilación de información a la que se acaba de hacer referencia, una importante novedad incluida en las DCMD es la obligatoriedad de realizar un estudio de transporte y dispersión para 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.

4. Actuaciones y materiales exentos de caracterización

Conocidos los resultados de esa primera fase de recopilación de información, determinadas actuaciones podrán declararse exentas de caracterización si su volumen total resulta inferior a 10.000 m³ siempre y cuando no existan en la zona fuentes apreciables de contaminación y se permita asegurar razonablemente que el material no está contaminado.

Asimismo, dentro de un proyecto que incluya un volumen total superior al anterior, se podrán declarar como exentas de caracterización aquellas zonas cuyos materiales estuviesen constituidos por material geológico consolidado o gravas (tamaño superior a 2 mm).

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 para su gestión, por lo que resultará necesaria la realización de una campaña de muestreo.

El esquema general para abordar la caracterización de los materiales, su posterior clasificación en una de las categorías establecidas y las posibilidades para su gestión es el incluido en la figura 1.

5. Campaña de toma de muestras

Uno de los problemas que habitualmente se han venido presentado en la aplicación de las RGMD, fundamentalmente en el caso de dragados de primer establecimiento consiste en la indefinición de cuándo resultaba suficiente la adquisición y análisis de muestras superficiales (en general mediante un toma-muestras manual tipo cuchara) y cuándo, por el contrario, era necesario adquirir muestras profundas (mediante corer). Este aspecto ha quedado resuelto en las DCMD al establecerse el espesor medio de un metro como límite para hacer suficiente la toma de muestras superficiales en el caso de dragados de primer establecimiento. En el caso de dragados de mantenimiento resultará también suficiente con la adquisición de muestras superficiales si se trata de materiales depositados durante los cuatro años anteriores siempre y cuando no haya existido una modificación significativa de las características ambientales. En caso contrario habría que recurrir también a la adquisición de muestras profundas en las zonas donde el espesor medio de dragado fuese superior a un metro.

En lo que a la ubicación geográfica de las estaciones de muestreo se refiere, siguiéndose con el mismo criterio que ya se utilizaba en la RGMD, se establece un mayor esfuerzo de muestreo en las

zonas cercanas a los muelles, que frecuentemente resultan ser las más contaminadas, para las que se establece un tipo específico de muestras (denominadas muestras tipo M) donde se deberá ubicar una estación de muestreo por cada 100 m lineales.

Fuera de esta zona, 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.

Para el caso de canales o vías navegables, el número de estaciones de muestreo podrá ser 1/3 inferior al resultante de la expresión anterior, siempre que el tramo a dragar tenga una longitud de un mínimo de 10 km.

Cuando resulte preceptiva la adquisición de muestras profundas, estas deberán ser adquiridas en la tercera parte de las estaciones. De cada columna de sedimento se obtendrán submuestras cada 50 cm hasta llegar al final del testigo o a un espesor equivalente a la cota de dragado en ese punto. En caso de que la penetración del testigo resultase inferior a la profundidad prevista para el dragado en esa zona, la submuestra más profunda se considerará representativa del resto del material hasta alcanzar esa última cota.

Por lo tanto, salvo en lo referente a zonas de muelles el esfuerzo de muestreo disminuye con la superficie de dragado, lo que llevaría a que para aquellos proyectos con una superficie de dragado inferior a 625 m² podría resultar suficiente la adquisición de una única muestra. Dado que en ambientes portuarios resulta habitual encontrar un gradiente en la distribución de la carga contaminante, se establece en 3 (en lugar de las 4 establecidas en las RGMD) el número mínimo de estaciones de muestreo, de las que en una estación se deberá tomar muestras profundas en caso necesario.

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 estos se inicien dentro de la semana siguiente a la adquisición de las muestras.

6. Composición de 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 de muelles o canales y de 4 en el resto de zonas.

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.

Siendo cierto que la composición de muestras es un procedimiento que permitirá economizar en el coste económico de los análisis, el promotor debe tener presente y valorar adecuadamente que contará con un único resultado analítico asociado a un mayor volumen de material, lo que puede tener repercusiones en su gestión en caso de resultar contaminado.

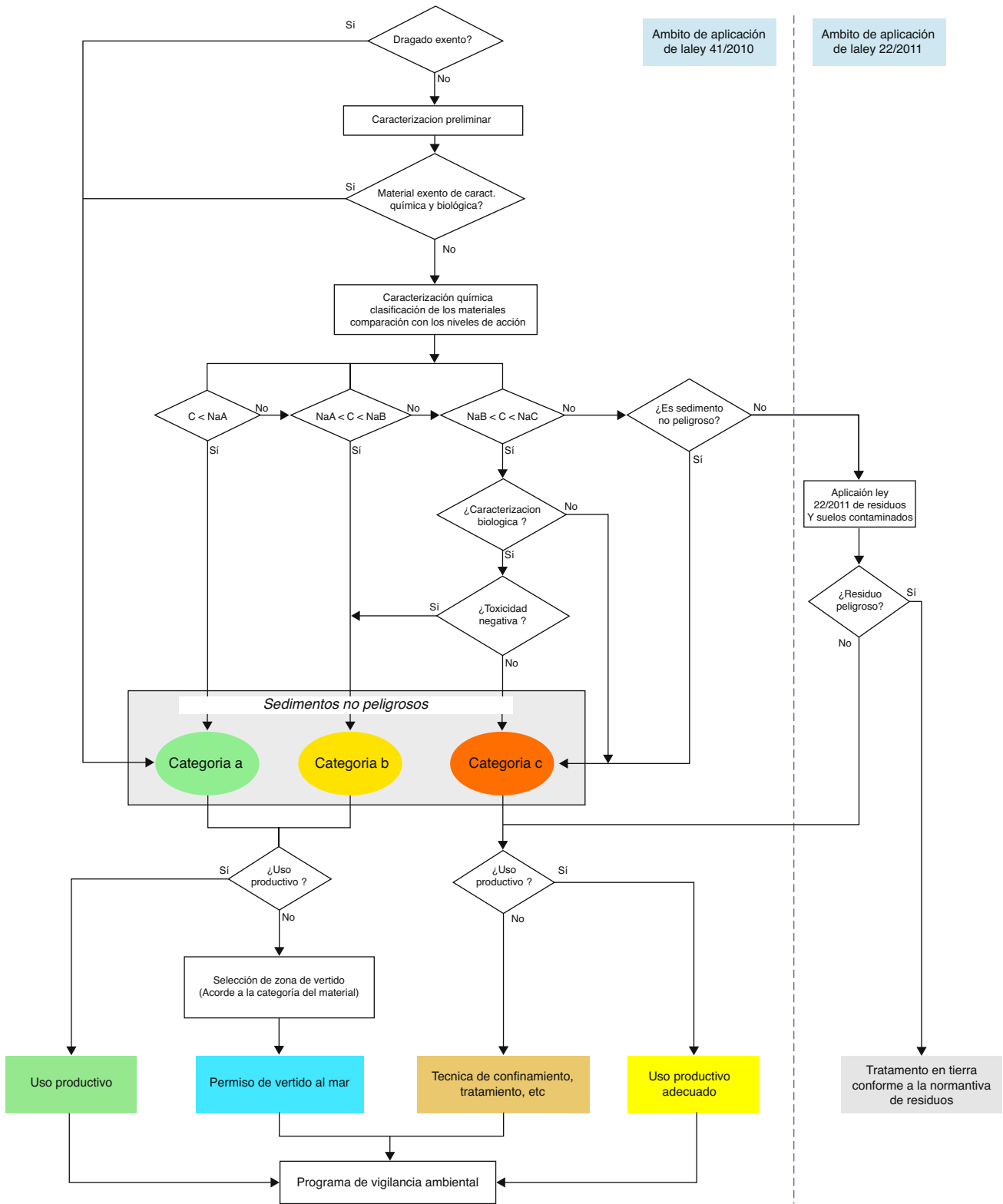


Figura 1. Esquema general para la caracterización de los materiales, su clasificación y las posibilidades para su gestión.

7. Caracterización de los materiales

Una vez que las muestras estén en laboratorio, se procederá a la caracterización de los materiales, lo que incluye tres etapas consecutivas: caracterización preliminar, preceptiva para todas las

muestras, caracterización química y caracterización biológica, si bien estas dos últimas será necesario desarrollarlas o no en función de los resultados obtenidos en la etapa anterior.

Para todos los análisis y ensayos incluidos en las tres etapas de la caracterización, las DCMD incluyen una descripción

pormenorizada de los protocolos analíticos al objeto de resolver los problemas detectados en el pasado de resultados analíticos que carecían de la suficiente fiabilidad o resolución.

7.1. Caracterización preliminar

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

- Granulometría.
- Concentración de sólidos (que puede calcularse en función de los resultados granulométricos).
- 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.

Aun cuando la concentración de sólidos (C_S) puede determinarse mediante el correspondiente ensayo de laboratorio, por ejemplo mediante pesada de la muestra antes y después de su secado a masa constante, las DCMD recomiendan su cálculo una vez conocidos los resultados granulométricos mediante la expresión:

$$C_S = \frac{1, 5P_F + 1, 7P_A + 1, 8P_G}{100}$$

donde:

P_G = porcentaje de gruesos.

P_A = porcentaje de arenas.

P_F = porcentaje de finos.

Y debiendo cumplirse la relación: $P_G + P_A + P_F = 100$.

La principal novedad que introducen las DCMD 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) [2]. 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. El ensayo TPT mejora de manera muy significativa los resultados, fiabilidad y reproducibilidad de test preexistentes como el Microtox Solid Phase y el Microtox Basic Solid Phase por lo que las DCMD establecen su realización en lugar de alguno de los otros test comerciales existentes.

7.2. Material exento de caracterización química y biológica

Los resultados obtenidos en la caracterización preliminar determinarán si esta resulta suficiente o si, por el contrario, resulta necesario abordar la caracterización química o, en su caso, biológica. El material será clasificado directamente como de categoría A y exento de esas fases subsiguientes cuando los resultados indican que:

- Presenta un contenido de finos (tamaño menor de 63 μm) inferior al 10%.
- La concentración de COT es inferior al 2%.
- El resultado del TPT indica una concentración CE50 superior a 2.000 mg/ℓ.

- La zona de dragado se encuentra alejada de cualquier fuente de contaminación pasada o presente.

7.3. 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 los análisis se realizaban sobre la fracción no gruesa (menor de 2 mm), como no había otro remedio en muestras eminentemente arenosas, resultaba necesaria la normalización matemática de los resultados obtenidos, lo que ha generado, con cierta frecuencia en estos años, algunos problemas de interpretación.

Las DCMD vienen a solventar estos problemas ya que, al igual que en la inmensa mayoría de los países de nuestro entorno [3], 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 (PCB), determinando de manera individual los congéneres IUPAC 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), 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 y monobutilestaño).
- Hidrocarburos (C10-C40).

La determinación de PCB, HAP, TBT 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 congéneres de 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 antifouling o dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD y PCDF).

Los contaminantes incluidos en la caracterización química son los recomendados por OSPAR en la última revisión de sus directrices [4]. 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

Tabla 1
Límites de cuantificación establecidos

Contaminante	Límite de cuantificación (mg/kg sms)
Arsénico (As)	7,0
Cadmio (Cd)	0,24
Cobre (Cu)	14,0
Cromo (Cr)	28,0
Mercurio (Hg)	0,12
Níquel (Ni)	6,0
Plomo (Pb)	16,0
Zinc (Zn)	41,0
Policlorobifenilos (PCB)	0,002 para cada congénere
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	0,04 para cada compuesto
Tributilestaño (TBT) y sus productos de degradación	0,05
Hidrocarburos C10-C40	100

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 DCMD respecto a las RGMD es la inclusión como contaminantes de determinación obligatoria (salvo en los casos a los que se ha hecho referencia) de arsénico, HAP, TBT e hidrocarburos. Asimismo, se viene a intentar resolver diferentes problemas que se habían 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. Por otra parte, en bastantes ocasiones se venía detectando que las técnicas analíticas utilizadas para determinados contaminantes tenían su límite de detección justamente en la concentración establecida en las RGMD como nivel de acción 1, lo que venía a representar una importante dificultad a la hora de clasificar el material.

Los límites de cuantificación requeridos son los que se incluyen en la [tabla 1](#).

7.4. Cálculo de la concentración media

Una vez conocidos los resultados analíticos de la etapa de caracterización química se debe proceder al cálculo de la concentración media y, en primer lugar, la evaluación de si se trata de un «sedimento no peligroso» para, en caso de resultar así, clasificar el material en una o más de las categorías establecidas por la comparación de tal(es) concentración(es) media(s) con los niveles de acción.

Dado que este elemento del proceso de decisión resulta vital para la elección de la técnica de gestión a aplicar (y sobre todo evaluar si la totalidad del material o una parte del mismo es susceptible de ser vertido al mar), las DCMD lo explican con un elevado grado de detalle.

Se establecen determinadas limitaciones tanto cuantitativas (respecto a las concentraciones analíticas) como geográficas para establecer el conjunto de muestras a incluir en el cálculo e indicaciones prácticas para el mismo. Así:

- No podrán incluirse en el conjunto de muestras aquellas en las que para algún contaminante se supere en más de un 20% la

concentración establecida como nivel de acción C. Se considera, pues, que este material afectado por un elevado nivel de contaminación, no debe ser en ningún caso objeto de vertido libre al mar aun cuando la concentración media, en caso de incluir tales muestras en su cálculo, viniera a indicar lo contrario.

- No podrán incluirse en el conjunto aquellas muestras para las que se carezca de resultados analíticos por haber resultado exentas de caracterización química. Se evita así el caso (que en el pasado se ha producido en alguna ocasión) de considerar como 0,0 la concentración atribuida a tales muestras, disminuyéndose así de manera errónea la concentración media final.
- Para aquellas concentraciones analíticas que hubieran resultado inferiores al límite de cuantificación se utilizará como resultado de la medición la mitad de dicho valor. Este criterio es el utilizado por OSPAR para el cálculo de las cargas contaminantes de los vertidos al mar [5]. En el pasado y ante la ausencia de criterio alguno, determinados proyectos incluían tales resultados como 0,0 y otros, por el contrario como una concentración igual al nivel de detección/cuantificación.
- En el caso de que el proyecto incluya diferentes zonas discontinuas en el espacio, el cálculo de la concentración media deberá realizarse por separado para cada una de ellas.
- Dentro de cada zona, el cálculo podrá realizarse con aquellas estaciones que sean contiguas en el espacio, de manera que se obtengan zonas de dragado homogéneas cuyos materiales puedan ser gestionados de manera conjunta.

Con las restricciones anteriores, el cálculo de la concentración media para cada zona se realizará mediante la expresión:

$$C^* = \frac{\sum C_i \cdot M_i}{\sum M_i}$$

donde:

C^* = concentración media para un contaminante.

C_i = concentración de contaminante en la muestra i .

M_i = masa de sedimentos de la fracción inferior a 2 mm representada por la muestra i .

La masa de sedimentos representada por cada muestra se calculará de acuerdo con la expresión:

$$M_i = C_{Si} \cdot V_i \cdot \left(\frac{PA_i + PF_i}{100} \right)$$

donde:

C_{Si} (t/m³) = conc. de sólidos en la muestra i

PA_i = porcentaje de arenas en la muestra i .

PF_i = porcentaje de finos en la muestra i .

V_i (m³) = volumen de material a dragar representado por la muestra i .

Las DCMD en su versión original de 2014 no establecían, sin embargo, criterio alguno para determinar la superficie de fondo marino de la que cada muestra debe resultar representativa o, en caso de muestreos mediante corer, del espesor de sedimentos representado por cada submuestra (aspecto importante sobre todo en los casos en que la penetración en el terreno del testigo resulte inferior al espesor total de dragado). Estos aspectos han quedado resueltos en la revisión de 2015

7.5. Caracterización biológica

Una de las novedades más destacadas que incorporan las DCMD es la inclusión de ensayos biológicos concretos, con una

Tabla 2
Bioensayos por los que se puede optar

Bioensayo	Punto final	Criterio toxicidad positiva
Embriogénesis	Porcentaje de larvas pluteus normales	N.º de larvas pluteus < 70% del detectado en muestra control
Crecimiento larvario	Porcentaje de individuos de tamaño normal	N.º de individuos de tamaño normal < 70% del detectado en muestra control
Fecundación	Porcentaje de huevos fecundados	Tasa de fecundación \leq 70% del detectado en muestra control
Toxicidad aguda <i>Corophium sp.</i>	Porcentaje de supervivencia	Supervivencia < 70% de la detectada en muestra control
Toxicidad aguda <i>Ampelisca brevicornis</i>	Porcentaje de supervivencia	Supervivencia < 70% de la detectada en muestra control

metodología estandarizada, para clasificar el material dragado en una categoría determinada. Tales bioensayos se aplican cuando la caracterización química por sí 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 consideren, por su sensibilidad, reproducibilidad y posibilidad de ejecución como los más adecuados para incluir en esta etapa de la caracterización [6,7].

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, considerado 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 ambientalmente aceptables.

Las DCMD establecen dos tipos de bioensayos diferentes: en fase líquida sobre equinodermos (embriogénesis o fecundación) o en fase sólida con anfípodos (toxicidad aguda), incorporándose una descripción pormenorizada de los protocolos a utilizar.

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.

Teniendo en cuenta los plazos máximos tras la adquisición de las muestras en que resulta preceptivo llevar a cabo los bioensayos y que hasta que se cuente con los resultados de la caracterización química no se podrá conocer si resulta necesario acometer esta etapa ni sobre qué muestras concretas llevar a cabo los ensayos, resulta posible que en determinadas ocasiones la única solución pasará por realizar una segunda campaña de muestreo, limitada a la zona en la que las concentraciones de contaminantes estén comprendidas entre los niveles de acción B y C.

Alternativamente, el promotor podrá decidir no acometer esta etapa, si bien en tal caso el material que hubiera resultado con concentraciones intermedias entre ambos niveles de acción podría quedaría clasificado como de categoría C (y no susceptible de vertido libre al mar como más tarde se verá).

7.6. Caracterización simplificada

Las DCMD establecen un plazo máximo de validez de los resultados analíticos y bioensayos, que resulta ser de 4 años, que puede 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 validar los resultados obtenidos en su momento 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.

8. Clasificación del material dragado

Una vez conocidos los resultados de la caracterización del material, deberá evaluarse, en primer lugar, si se trata o no de un «sedimento no peligroso» y, para aquel que resulte serlo, su clasificación en una o más categorías por comparación de las concentraciones medias 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.

8.1. 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 DCMD, se considera como criterio general que el material dragado es un sedimento no peligroso cuando sus concentraciones analíticas se encuentran por debajo de unos determinados umbrales, basados en las concentraciones de la Orden MAM 304/2002 y normativa asociada, excepto para los casos de cobre y zinc. Para estos metales el umbral se fijó de acuerdo con la norma alemana de ecotoxicidad acuática. Por este motivo, y solo para el caso de estos dos metales, en caso de superarse el umbral, se podrá considerar el material como sedimento no peligroso si se demuestra, adicionalmente, 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. La [tabla 3](#) incluye tales umbrales.

El material de dragado que no cumpla las anteriores condiciones deberá ser caracterizado conforme el Anejo III de la ley 22/2011

Tabla 3
Umbral para la consideración de «sedimento no peligroso»

Parámetro	Concentración (mg/kg)
Hg	17
Cd	72
Pb	1.000
Cu	2.500
Zn	2.500
Cr (VI)	1.000
Ni	1.000
As	1.000
Σ 7 PCB	4,0
Σ 9 HAP	110
TBT	1,2
Hidrocarburos C10-C40	2.500

(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.

8.2. 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. 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 4](#).

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 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 vertido libre al mar (aunque su reubicación en aguas del DPMT podría resultar posible mediante la oportuna técnica de gestión).

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 [8]. 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 [9] 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 HAP 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 2,75 y 5 (3,85 como media).

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 PCB) 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).

8.3. 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 DCMD establecen las siguientes 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.

Tabla 4
Niveles de acción

Parámetro	NAA (nivel de acción A)	NAB (nivel de acción B)	NAC (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	1.640
Cr (mg/kg)	140	340	1.000
Ni (mg/kg)	30	63	234
As (mg/kg)	35	70	280
Σ 7 PCB (mg/kg) ^a	0,05	0,18	0,54
Σ 9 HAP (mg/kg) ^b	1,88	3,76	18,80
TBT ^c (mg Sn/kg)	0,05	0,20	1,0

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

^b 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).

^c TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT).

9. 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 existente 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 DCMD es muy similar al que ya incluían las RGMD si bien se detalla 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 marisqueiros 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 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 DCMD 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 [10] y en el Plan Regional para la gestión de la basura marina [11] y contribuyéndose además a la consecución de los objetivos ambientales de las Estrategias marinas en lo que al descriptor D-10 (basuras) se refiere.

10. Medidas preventivas y evaluación de las opciones de gestión

Las DCMD 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) (fig. 2).

Se avanza 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



Figura 2. Ecodragas.

podiera 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 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, aun cuando en España la primera experiencia a nivel de proyecto se plantea en un próximo futuro en el puerto de Avilés [12]).

Otras alternativas que se apuntan para la gestión del material de categoría C 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 en caso de que una nueva caracterización así lo ponga de manifiesto 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, si tras la aplicación de los métodos de caracterización de residuos, resulta ser un «residuo no peligroso», su gestión podrá ser realizada en el DPMT pero, en todo caso, mediante su almacenamiento en recintos específicamente construidos para el depósito de productos contaminados, con paredes impermeables y dispositivos que permitan controlar la fuga de contaminantes a través de lixiviados.

11. Síntesis y conclusiones

Se ha presentado un resumen de los principales contenidos de las nuevas «Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre» con el objetivo de resaltar las principales novedades introducidas respecto al marco anteriormente aplicable en España (Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles).

A juicio de los autores, estas nuevas directrices representan un notable avance respecto al marco anterior y vienen a equiparar el procedimiento de gestión del material dragado con el recomendado

por los convenios internacionales de los que España es parte contratante, a la par que vienen a resolver los principales problemas metodológicos preexistentes. A modo de conclusiones, podríamos destacar los siguientes aspectos:

- a) Manteniéndose invariable el número de estaciones de muestreo necesarias para dársenas portuarias, se hace un tratamiento diferenciado para las zonas de cantiles de los muelles, donde en general se presentan unas mayores concentraciones de contaminantes y gradientes de concentración. Para estas zonas concretas el esfuerzo de muestreo ahora necesario resulta mayor lo que contribuirá a una mejor caracterización de estas zonas, en principio, más «problemáticas». En sentido contrario, se disminuye en esfuerzo de muestreo en canales de navegación, donde mantener un número de estaciones igual al de dársenas portuarias podría carecer de sentido y se encarecería de manera poco justificada la operación de caracterización.
- b) Se viene a clarificar los proyectos, o dentro de un proyecto aquellas zonas concretas, donde la toma de muestras superficiales no resulta suficiente y es necesario recurrir a la adquisición de muestras profundas.
- c) Se clarifica y regula el procedimiento para la composición de muestras individuales, lo que podrá redundar en una disminución de los costes de laboratorio. Este procedimiento solo se mencionaba como posibilidad en el anterior marco.
- d) Se modifica la fracción granulométrica a analizar en la fase de caracterización química pasando a ser en todas las ocasiones la inferior a 2 mm en lugar de la inferior a 63 μm recomendada anteriormente. Con ello se vienen a resolver dos problemas específicos: por una parte la excesiva manipulación en laboratorio de las muestras para separar la fracción fina que podría devenir en un lavado de una parte de la carga contaminante y por otro la posibilidad de contar con resultados analíticos directos de todas las muestras, evitando la derivación por procedimiento matemático de la concentración normalizada, lo que ha sido fuente de determinados errores en el marco anterior.
- e) Se establecen los niveles mínimos de cuantificación a utilizar en los análisis químicos así como metodologías analíticas recomendadas y protocolos específicos para la adquisición y conservación de las muestras y el establecimiento de unos plazos máximos para la realización de los análisis. Ello redundará en una mejor precisión de los resultados obtenidos en esta fase de la caracterización.
- f) Se clarifica y regula el procedimiento para el cálculo de las concentraciones medias que deben ser comparadas con los «niveles de acción» o los ahora establecidos para la consideración del material como «sedimento no peligroso». Esta modificación vendrá a corregir los frecuentes errores que se han producido en las clasificaciones realizadas con el marco anterior.
- g) Se introduce un procedimiento para la clasificación del material como «sedimento no peligroso» que, desde el punto de vista normativo (Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados) resultaba imprescindible.
- h) Se establecen unos nuevos «niveles de acción», derivados del conocimiento científico actualmente existente a nivel internacional de los potenciales efectos ecotoxicológicos de la carga contaminante presente en el material.
- i) Se introduce una nueva etapa de caracterización biológica, realizada a través de bioensayos que permitirá decidir, a la luz de los resultados obtenidos en la misma, si el material con concentraciones moderadas de contaminantes resulta o no susceptible de vertido al mar.
- j) Se acotan, dentro del medio marino, las zonas donde puede o no verterse o colocarse el material dragado en función de su categoría, introduciéndose limitaciones en aquellas áreas donde

este tipo de vertidos puede tener efectos significativos para el buen estado ambiental.

- k) Se introduce una consideración específica para las basuras marinas, tanto en la fase de dragado como en la de vertido al mar, lo que debe contribuir a minimizar este tipo de contaminación específica cuando procede de esta fuente.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- [1] CIEM. Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre. 2015 [consultado Nov 2015]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/directrices2015.tcm7-325119.pdf>.
- [2] Campisi T, Abbondanzi F, Casado-Martinez C, Delvalls TA, Guerra R, Iacondini A. Effect of sediment turbidity and color on light output measurement for Microtox® Basic Solid-Phase Test. *Chemosphere* 2005;60:9–15.
- [3] Röper H, Netzband A. Assessment criteria for dredged material with special focus on the North Sea region. Hamburg: Hamburg Port Authority (HPA); 2011. p. 36 [consultado Nov 2015] Disponible en: http://www.sednet.org/download/Dredged_Material.CriteriaNorth.Sea.0611.pdf.
- [4] OSPAR. OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea (Agreement 2014-06) [consultado Nov 2015]. 2014. Disponible en: <http://www.ospar.org>.
- [5] OSPAR. 2014 Reporting Format for the Deposit at Sea of Dredged Material (Agreement 2014-07) [consultado Nov 2015]. Disponible en: <http://www.ospar.org>.
- [6] CEDEX. Informe Técnico para Puertos del Estado: estudio sobre los ensayos biológicos para determinar la nocividad de los sedimentos contaminados. CEDEX; 2002;23-496-9-136.
- [7] CEDEX. Informe Técnico para Puertos del Estado: Investigación sobre bioensayos para la caracterización del material de dragado. CEDEX; 2009;23-407-9-004.
- [8] CEDEX. Informe Técnico para Puertos del Estado: Determinación de las Concentraciones de Fondo Preindustriales y Concentraciones Actuales en los Sedimentos del Litoral Marino Español. CEDEX: 23-495-9-129.
- [9] Long ER, MacDonald DD, Smith SL, Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 1995;19:81–97.
- [10] UNEP-MAP. Directrices para el Manejo de los Materiales de Dragado. MAP Technical Reports 1999. Series N.º. 129.
- [11] UNEP-MAP. Plan Regional sobre la gestión de los desechos marinos en el Mediterráneo en el marco del Artículo 15 del Protocolo contra la contaminación de origen terrestre. Decisión IG.21/7. 2013 [consultado Nov 2015]. Disponible en: <http://www.unepmap.org/>.
- [12] MAGRAMA. Resolución de 30 de diciembre de 2014, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto Profundización del círculo de maniobra y canal de acceso a los muelles de la margen derecha de la autoridad portuaria de Avilés. BOE de 5 de febrero de 2015.