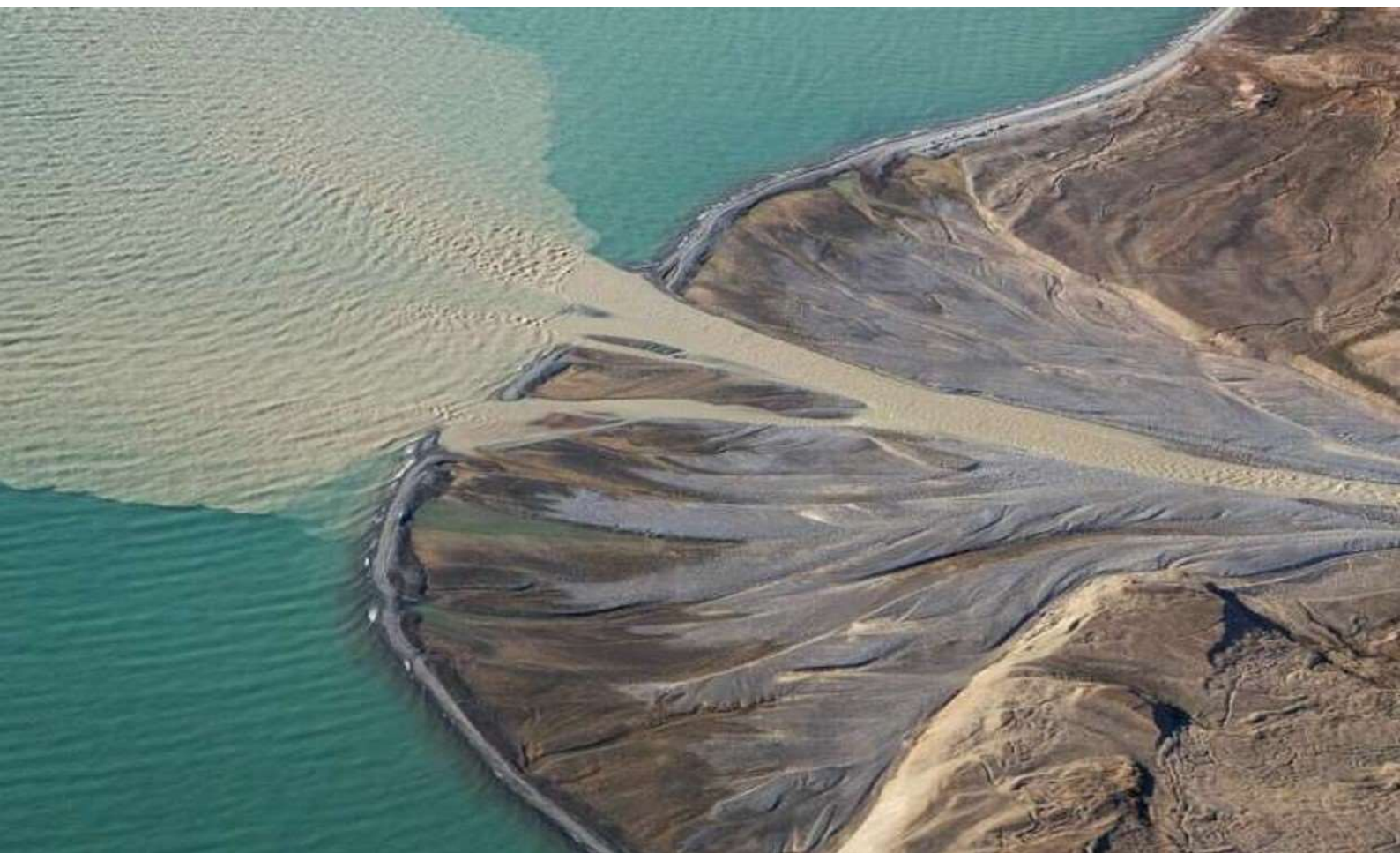




GESTIÓN DE SEDIMENTOS. NUEVOS PARADIGMAS. 2025.



Comité Nacional Español de Grandes Presas

ÍNDICE

1.	COMPROMISO DE SPANCOLD CON LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS.....	4
2.	LAS PRESAS COMO BARRERAS.	4
3.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	5
4.	EL CONCEPTO X, Y, Z, T EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS.	6
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL DE SEDIMENTOS RETENIDOS EN LOS EMBALSES EN LA ORGANIZACIÓN Y DESEMPEÑO DE FUNCIONES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA.....	7
6.	PRINCIPIOS Y OBJETIVOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS.....	8
7.	ALGUNAS CIFRAS PARA REFLEXIONAR.....	10
8.	CAMBIO DE PARADIGMA.....	10
9.	NECESIDAD DE IMPULSAR Y COORDINAR LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS DE EMBALSES EN ESPAÑA.	13
10.	TRABAJOS BATIMÉTRICOS, TOPOGRÁFICOS Y SÍSMICA DE REFLEXIÓN. ..	14
10.1.	INTRODUCCIÓN.	14
10.2.	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO DEL EMBALSE.	15
10.3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EMBALSE.	16
10.4.	PROCESO E INTEGRACIÓN DE LOS DATOS TOPOGRÁFICOS Y BATIMÉTRICOS.	17
10.5.	SÍSMICA DE REFLEXIÓN.	18
11.	TOMA DE MUESTRAS.	20
11.1.	DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS.....	20
11.2.	EXTRACCIÓN DE LA TOTALIDAD DE LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.	21
11.3.	TOMA DE AGUA A DIFERENTES PROFUNDIDADES.	22
12.	CARACTERIZACIÓN.	22
12.1.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	22
12.2.	CARACTERIZACIÓN PREVIA.....	22
12.3.	ESTUDIOS A REALIZAR.....	24
13.	EXTRACCIÓN.....	25
13.1.	ALGUNOS DATOS SORPRENDENTES.....	25
13.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN.	26
13.3.	EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS.....	26
14.	MEDICIÓN DEL SEDIMENTO EXTRAÍDO.....	27
14.1.	MEDICIÓN EN CONTINUO.....	27
14.2.	SISTEMA INTEGRADO.	29



15. DEVOLUCIÓN DEL SEDIMENTO AL CAUCE DEL RÍO..... 29

16. DESAGÜES DE FONDO..... 30

17. CONCLUSIONES. 31

1. COMPROMISO DE SPANCOLD CON LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS.

Una inscripción en la sede del Banco Mundial, en Washington, reza: *“El siglo XX fue el siglo de la construcción de presas, el XXI será el de la gestión de los sedimentos acumulados en los embalses”*.

Lógicamente, SPANCOLD, no es ajeno a esta preocupación generalizada en todo el planeta, cuyos efectos están siendo agravados por las consecuencias del cambio climático. España, muchos de cuyos ríos pertenecen a la Gran Cuenca Mediterránea, se ve afectada por la acumulación de sedimentos.

De hecho, el Comité Técnico de Sedimentación de embalses de SPANCOLD, con base en el “Estudio sobre la capacidad de los embalses españoles. Evaluación de los volúmenes de sedimentos acumulados”, realizado en 2015 y cuyo autor principal es Rafael Cobo, en un centenar de embalses españoles, estimó hace unos pocos años que la pérdida “media” anual de capacidad de embalse a nivel global por ese motivo en los 1300 embalses debía encontrarse alrededor del 0,5%, es decir, cerca de 300 hm³/año. Así, en el año 2025 esa pérdida total alcanzaría el 12,5% del volumen total teórico máximo almacenado por ellos y un 13,5% más para el año 2050.

Por otro lado, el Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua, a partir de las conclusiones y reflexiones del Pacto Verde Europeo, presentado por la UE en noviembre de 2019, organizó un workshop en noviembre de 2021 y una jornada en abril de 2022, “Presas y Green Deal”, en los que, entre muchos otros temas, estaba la gestión de los sedimentos.

Como consecuencia, el Comité Técnico de Gestión de Sedimentos publicó un documento, titulado “Ideas” en 2021, que fue presentado en su versión inglesa “Overviews”, en el Congreso de Marsella de ICOLD de mayo de 2022. También participó, con una ponencia, en la jornada de “Presas y Green Deal”, y finalmente organizó una jornada en noviembre de 2022, “Hacia la Gestión Integrada de Sedimentos en Embalses”.

En estos momentos, estamos inmersos en la redacción de la “GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS DE EMBALSES”, del que el presente documento es un adelanto.

Es, por lo tanto, evidente el fuerte compromiso de SPANCOLD con la gestión integral de sedimentos.

2. LAS PRESAS COMO BARRERAS.

Una presa es generalmente, una barrera para tres elementos que merecen otros tantos tratamientos muy diferenciados:

- El líquido, el agua, que es la razón de la construcción de presas, para retenerla.
- El sólido, el sedimento, consecuencia inevitable y nada deseable de la formación de barreras.

- La vida, de todo tipo, es el tercer elemento y el único de los tres que no solamente no tiende a dejarse llevar por la corriente, cual camarón hacia el mar, sino que lucha por remontar el río y llegar al manantial original. También es verdad que, una parte del flujo de la vida desciende hacia el mar.

Las presas, por lo tanto, pueden limitar o dificultar dos flujos descendentes y uno ascendente.

Diversos especialistas a nivel internacional coinciden cada vez más en la importancia de garantizar en la mayor medida de lo posible la permeabilidad de las presas a los sedimentos. Aunque este concepto puede parecer ambicioso en la actualidad, es útil compararlo con el principio de permeabilidad para el ascenso de los peces. Hoy en día, se reconoce ampliamente la necesidad de que los peces puedan superar en la mayor medida de lo posible la barrera que representan las presas para el flujo ascendente de los ecosistemas acuáticos. Este principio comenzó a ser integrado en las políticas de las Administraciones europeas a partir de la Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/CE, hace apenas veinticuatro años. Cabe destacar que ya en 1942, la Ley de Pesca, en su artículo 3º, establecía la obligatoriedad de construir pasos y escalas para peces. La Directiva Marco del Agua (DMA) vino a confirmar una postura que en España se venía defendiendo desde hacía 58 años.

Desde SPANCOLD e ICOLD, nuestro objetivo es contribuir a la difusión y consolidación de este concepto, en beneficio de nuestros ríos y costas.

3. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

La retención de sedimentos en los embalses produce graves problemas, tanto por lo que supone de pérdida de su capacidad útil, como por los efectos generados aguas abajo. Esto se traduce en una reducción de la garantía para atender las demandas de agua presentes y previstas, y en la alteración hidromorfológica de los cauces, poniendo en riesgo de deterioro el estado de las Masas de Agua Superficiales. Asimismo, afecta a la seguridad y funcionalidad de las presas que, en España, incluyen un colectivo cercano a las 1.300 unidades dentro de la categoría de Grandes Presas.

Los efectos en nuestro país, del Cambio Climático están contribuyendo, ya, al agravamiento del problema, pues si bien las precipitaciones medias anuales van disminuyendo, tienen ya un carácter más torrencial, propiciando la erosión e incrementando los sedimentos atrapados en los embalses.

El periódico levantamiento batimétrico de los fondos de embalse y su posterior análisis, ha permitido observar la tendencia histórica de este proceso de colmatación.

Desgraciadamente, en España, estos estudios se han ido reduciendo en los últimos años, hasta limitarse a intervenciones aisladas. Los pocos resultados disponibles, carecen de la representatividad espacial y temporal necesaria para una adecuada interpretación de los complejos procesos, de transporte y sedimentación fluvial, en cada una de las unidades fisiográficas de los ríos y zonas costeras.

Se hace, pues, necesario sistematizar las actuaciones a desarrollar por la Dirección General del Agua, Confederaciones Hidrográficas y otras Autoridades locales competentes en esta materia, ampliando sus objetivos, de forma que permitan un adecuado diagnóstico y prognosis de la situación, en el marco de una nueva estrategia de gestión integral de los sedimentos, en la que se articulen racionalmente las medidas adecuadas para garantizar la seguridad y funcionalidad de las presas, y evitar el deterioro del dominio público hidráulico aguas abajo de estas infraestructuras.

4. EL CONCEPTO X, Y, Z, T EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS.

La Gestión Integral de Sedimentos debe desarrollarse mediante una adecuada estrategia que incluya las medidas más eficaces para perseguir el objetivo mencionado de recuperación, en la medida de lo posible, de la continuidad del flujo de sedimentos interrumpida por los embalses, mitigando los riesgos y efectos no deseados sobre la funcionalidad y seguridad de las presas, el medio natural y otros posibles impactos socioeconómicos. No obstante, no es posible determinar estas medidas sin un conocimiento suficiente de la naturaleza del problema hacia cuya solución se dirigen, su situación actual y tendencias evolutivas.

Tanto si se pretende dejar que el sedimento que llega a un embalse, circule aguas abajo de la barrera, de la presa, como si se desea ir más allá e ir desplazando los sedimentos antiguos, es imprescindible conocer de dónde ha llegado el material (X, Y, Z) y cuándo lo hizo (T). No es lo mismo que se deba a un fenómeno meteorológico extremo, como una DANA, o a un cambio en los cultivos en terrenos de la cuenca vertiente, como la plantación de olivos, a que el régimen de aportación de sólidos sea regular, año tras año.

Como se ha comentado anteriormente, la batalla contra la acumulación anual de sedimentos es inmensa, se deberá luchar en continuo, y los resultados no van a ser espectaculares. Debe formar parte de los trabajos de mantenimiento. Es muy importante resaltar que cada embalse o cuenca, ha llegado a la situación en que se encuentra, a lo largo de un proceso temporal. Conocer no solamente de dónde proceden las capas de sedimentos acumuladas, sino también cuándo se produjeron, va a ser imprescindible para adoptar medidas preventivas.

Se puede comprender la grandísima importancia de llevar a cabo una serie de trabajos previos, para determinar:

- Localización de los posibles orígenes litológicos de los materiales sedimentados. Áreas fuente y procesos de erosión y transporte en la cuenca.
- Caracterización y distribución de las distintas facies sedimentarias.
- Estimación de la antigüedad de los sedimentos depositados. Pautas de distribución sobre el vaso. Cronología del proceso sedimentario.
- Hidrología de los procesos fluviales. Fluctuaciones en el régimen de aportes. Caudales umbral de inicio del proceso. Pautas de sedimentación en régimen hidrológico normal y durante sucesos extremos. Influencia en la granulometría,

litología y zona de sedimentación.

- Distribución longitudinal y transversal de sedimentos en el vaso. Tendencias evolutivas.
- Alteraciones morfológicas inducidas en el cauce, aguas abajo de la presa. Influencia observada en las maniobras de alivio y desagüe.

De aquí que sea imprescindible conocer con detalle, la potencia y naturaleza del sedimento depositado en las distintas partes del embalse. El sedimento que llega arrastrado por la corriente fluvial, en forma de “todo uno”, muy pronto empieza a desagregarse. Es forzoso conocer, en cada caso, en cada presa, qué hay en la totalidad de la columna estratigráfica, en toda la longitud del embalse.

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE SEDIMENTOS RETENIDOS EN LOS EMBALSES EN LA ORGANIZACIÓN Y DESEMPEÑO DE FUNCIONES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA.

La Subdirección General del Dominio Público Hidráulico e Infraestructuras de la Dirección General del Agua realiza las funciones encomendadas en el RD 500/2020, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, entre ellas las de “...*realización, supervisión y control de estudios, proyectos y obras, incluidas las de regulación, y la explotación, el control y conservación de las infraestructuras hidráulicas competencia de la Dirección General y la coordinación de las tareas de control y conservación del dominio público hidráulico por los organismos de cuenca; la inspección y el control de la seguridad; el mantenimiento actualizado del Inventario de presas, así como la elaboración de las recomendaciones técnicas, manuales o normas en relación con la seguridad del proyecto, construcción, explotación y mantenimiento de las obras hidráulicas*”.

Tradicionalmente la tramitación de las campañas de seguimiento batimétrico de los vasos de embalse se ha venido gestionando a través de la extinta Subdirección General de Infraestructuras y Tecnología, continuadora a su vez de la Subdirección General de Proyectos y Obras. La transformación de estas Unidades en la actual Subdirección General del Dominio Público Hidráulico e Infraestructuras ha supuesto la asunción de funciones sobre el dominio público hidráulico. Esta circunstancia, sumada a las consideraciones formuladas anteriormente sobre la necesidad de sistematizar las actuaciones a desarrollar por la Dirección General del Agua y Confederaciones Hidrográficas en esta materia, ha motivado que por esta Subdirección se haya planteado una nueva línea de actuación, acorde con la ampliación de sus funciones y con unos objetivos actualizados en consonancia con la normativa y prioridades actuales.

Bajo esta nueva perspectiva es necesario considerar, no sólo los efectos de los sedimentos retenidos en los embalses sobre la seguridad y funcionalidad de las presas, sino sus consecuencias sobre la conservación del dominio público hidráulico, ya que la retención de sedimentos puede alterar sus características hidromorfológicas naturales, poniendo en riesgo de deterioro las Masas de Agua Superficiales localizadas aguas abajo.

Estos nuevos elementos a introducir, refuerzan, aún más, la necesidad de coordinación y colaboración DE LA SGDPHI con otras Unidades de esta Dirección General, en particular con la Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos y la Subdirección General de Planificación Hidrológica además de, en algunos puntos, con la Dirección General de la Costa y del Mar, cuyas participaciones en este proceso deben quedar garantizadas.

En junio de 2023, se publicó en español el documento “Gestión integrada de los sedimentos. Directrices y buenas prácticas en el contexto de la Directiva Marco del Agua.”. Se trata de un documento impulsado por la Unión Europea, de cuya adaptación al español se encargó Javier Sanz, y que se centra en mantener el equilibrio natural de los sedimentos en ríos, embalses y costas para proteger tanto la calidad del agua como los ecosistemas acuáticos.

Además, el pasado 23 de octubre de 2023, fue presentado el documento “Draft Guidance on Sediment Management in the context of the Water Framework Directive (WFD), del Grupo de Trabajo de expertos en Inundaciones y Sedimentos de la Estrategia Común para la Implementación de la directiva de aguas, de la Comisión Europea. La versión del documento fue, FINAL DRAFT V6.6.

En consecuencia, se plantean las directrices que a continuación se exponen, para el desarrollo de las futuras actuaciones en materia de seguimiento y control de los sedimentos de los embalses, obviamente en línea con nuestra futura Guía en fase de redacción.

6. PRINCIPIOS Y OBJETIVOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS.

La estrategia para la articulación de las acciones futuras relacionadas con el seguimiento y control de los sedimentos retenidos en los embalses, debe tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas:

- Las consecuencias de la retención de sedimentos en los embalses deben contemplarse desde una doble perspectiva:
 - En la medida que afectan o pueden afectar a la seguridad y funcionalidad de las presas y a los usos del agua.
 - Por sus efectos potenciales sobre el cauce aguas abajo: alteración de sus características hidromorfológicas y posible riesgo de incumplimiento de los Objetivos Medioambientales establecidos en los Planes Hidrológicos.
- Los sedimentos de un embalse no pueden gestionarse de forma individual sin afectar al cauce y embalses aguas abajo. Es necesaria una estrategia a nivel, al menos, de cuenca hidrográfica que optimice su gestión.
- Hay que considerar la posible presencia de sustancias contaminantes con origen en los efluentes municipales (con o sin depuración), e industriales que han vertido y

vierten en la cuenca hidráulica receptora, sin olvidar fuentes contaminantes de carácter difuso como la agricultura intensiva.

- La modificación de los procesos de transporte y deposición, por la retención de sólidos en los embalses, afecta a la totalidad de la cuenca hidrográfica, pero también a las formaciones costeras influenciadas por los sólidos aportados en las desembocaduras de ríos (deltas, flechas litorales, etc.). Por tanto, la estrategia de gestión de sedimentos debe extenderse geográficamente al ámbito de las Demarcaciones Hidrográficas de los Planes Hidrológicos, que incluyen las aguas costeras y de transición.
- La consideración del Cambio Climático y sus efectos previsibles sobre la intensificación de los procesos erosivos y, por tanto, sobre los procesos de transporte y sedimentación fluvial. Además, es necesario considerar las consecuencias del ascenso del nivel del mar sobre los procesos de transporte litoral y formaciones costeras.
- Debe responder a criterios de eficiencia. La gestión de sedimentos tiene menor coste económico y medioambiental que la creación de nuevas infraestructuras que compensen la pérdida de capacidad útil y la consecuente reducción de recursos disponibles

Estas consideraciones anteriores, conducen a la propuesta de articular las distintas acciones e iniciativas en materia de control y gestión de sedimentos, en el marco de Planes Integrales de Gestión de Sedimentos por Demarcaciones Hidrográficas o partes sustanciales de ellas que tengan el carácter de unidad fisiográfica a estos efectos. Actualmente, en España aún no se están elaborando este tipo de planes. Sin embargo, en países como Francia y Alemania ya se han puesto en marcha. Además, desde la Unión Europea se han creado proyectos como SedNet e Interreg para favorecer el intercambio de información entre diferentes organismos, así como para la creación de marcos comunes.

- El objetivo del plan integral de gestión de sedimentos es el de mantener la funcionalidad de los embalses y recuperar en lo posible la continuidad de los sedimentos interrumpida por los embalses, mitigando los riesgos y efectos no deseados. Entre ellos pueden destacarse: La seguridad de las presas y de sus elementos de maniobra y desagüe.
- La pérdida de capacidad útil y disminución de la disponibilidad del recurso y garantía de suministro.
- Eventualmente, la disminución de producción hidroeléctrica, necesaria para contribuir al proceso de descarbonización como aportación a la adaptación al cambio climático.
- El aumento del peligro de inundación aguas abajo, por la consolidación de barras y otras formaciones, antes movilizadas por la mayor frecuencia e intensidad de las crecidas.
- Las alteraciones morfológicas del cauce y degradación del hábitat aguas abajo. Deterioro del Estado Ecológico de las Masas de Agua continentales y costeras.

- La perturbación de los procesos litorales. Regresión de playas y formaciones arenosas. Retroceso del frente costero.

Se recomienda enmarcar estas medidas en un plan de gestión integrada de sedimentos, que contemple las cuencas y demarcaciones hidrográficas. De este modo, se buscará mitigar los efectos de los sedimentos en todos los niveles.

7. ALGUNAS CIFRAS PARA REFLEXIONAR.

Se calcula que en España puede haber 6.000 Hm³ de sedimentos. Pero es muy probable que el dato no sea correcto, por exceso o defecto, porque las formas de medirlos, hasta el día de hoy, no han sido fiables. Partiendo de esos 6.000 Hm³, si se compara con la capacidad de extracción que tiene una bomba media de lodos, trabajando 24 horas diarias, 365 días al año, se tardarían unos 20.000 años en extraer todo el sedimento acumulado. Obviamente se puede disponer de muchas más bombas, pero también hay que considerar que sigue habiendo aportaciones constantes de sedimentos, que puede haber varias presas en la misma cuenca, etc.

Por otro lado, suponiendo que esos 6.000 Hm³ han llegado, esencialmente en los últimos 50 a 60 años, se necesitarían, anualmente, más de 300 bombas, trabajando 24 horas diarias y 365 días al año, solo para mantener la capacidad de embalse del conjunto de presas españolas. ¡Solamente para permeabilizar las presas a los sedimentos, que llegan anualmente a los embalses de España!

Estos datos evidencian el formidable esfuerzo que representa abordar la totalidad de los problemas relacionados con la gestión de sedimentos en España. Es, por ello, imprescindible reflexionar y actuar de manera selectiva y específica, atendiendo a criterios de mayor relevancia, más allá del volumen de sólidos depositados.

Asimismo, se debe considerar que lo que es aplicable en el Danubio no necesariamente lo es en el Júcar. Por lo tanto, es necesario replantear el enfoque vigente y cambiar el paradigma.

8. CAMBIO DE PARADIGMA.

El presente documento es simplemente un adelanto del trabajo en el que estamos inmersos, así como un avance de las primeras partes de la Guía Técnica de Gestión de Sedimentos. A efectos prácticos, quizá las más importantes.

Desde el Comité Técnico de Gestión de Sedimentos de SPANCOLD, hemos emprendido la tarea de ofrecer, a nuestras distintas Administraciones competentes en estas materias, una Guía, con una profunda voluntad práctica.

La primera reflexión obtenida del Apartado 7 de este documento, “ALGUNAS CIFRAS PARA REFLEXIONAR”, es que no va a ser posible extraer la totalidad de los sedimentos acumulados, ni tan siquiera las aportaciones anuales, ni en España ni en otros países de la Gran Cuenca Mediterránea, así que los estudios y esfuerzos, han de ir enfocados a:

- Conocer el volumen real de agua disponible en los embalses españoles, así como la pérdida de capacidad de almacenamiento anual, cara a realizar una planificación hidrológica correcta.
- Determinar las zonas esenciales y prioritarias a dragar, valorando los volúmenes de sedimentos a extraer.
- Determinar la existencia de sustancias contaminantes que impidan, limiten, o condicionen la disposición de los sedimentos aguas abajo de la presa a dragar.
- Conocer el historial y operatividad de los órganos de desagües, para establecer la gestión de avenidas y estratificación del agua.

De todas formas, la cantidad de sedimentos acumulados es de tal magnitud, que habrá que limitar, embalse a embalse, las zonas de extracción. Parece lógico concentrar los esfuerzos en las zonas próximas a las presas, despejando y dejando operativos los desagües de fondo y, al tiempo, establecer protocolos de actuación ante avenidas o eventos excepcionales, como pueden ser terremotos, incendios, etc.

Los problemas que provocan los depósitos acumulados en los embalses sobre la funcionalidad de los órganos de desagüe y la seguridad de las presas son bien conocidos y existe abundante literatura sobre la materia. La mayoría de los documentos, se centran en las actuaciones para el seguimiento de las acumulaciones de sedimentos en el vaso, y en las medidas convencionales para su reducción y control, con objeto de limitar los perjuicios que suponen para la operación y seguridad de las presas. Entre otras muchas publicaciones clásicas, es obligado referirse al Boletín 67 de ICOLD, sobre Control de Sedimentación de Embalses.

No obstante, se introduce la necesidad de incorporar a los planteamientos tradicionales de gestión de sedimentos, los requerimientos de la normativa comunitaria en materia de aguas, para evitar el deterioro de sus masas, así como la incidencia sobre los procesos costeros y las nuevas consideraciones surgidas por el Cambio Climático.

La imposibilidad de acometer todos estos problemas de forma individual conduce a la concepción de “Plan de Gestión Integral de Sedimentos de Embalses”. Su ámbito geográfico sería el territorio donde se desarrollan los procesos erosivo-sedimentarios, incluyendo las formaciones costeras influidas por los sólidos aportados por los ríos en sus desembocaduras. Este ámbito geográfico, resulta básicamente coincidente con el de los Planes Hidrológicos de las Demarcaciones Hidrográficas, que abarcan las masas de agua continentales, costeras y zonas de influencia.

El Comité Técnico de Gestión de Sedimentos de SPANCOLD viene abogando por la necesidad de ensanchar la visión tradicional, centrada en la individualidad de cada presa, con una nueva orientación para la gestión de los sedimentos retenidos en los embalses, más acorde con el actual marco normativo en materia de aguas y con la realidad social y económica¹.

Los seis pilares fundamentales de este nuevo planteamiento son los siguientes:

- Necesidad de ampliar la visión de la gestión de sedimentos, considerando, no sólo

el problema que acarrea para la seguridad de la presa y la funcionalidad de sus distintos órganos, sino también los inconvenientes que los sedimentos y aguas atrapadas suponen para los procesos fluviales y el buen estado de las masas de agua superficiales, río abajo de las presas.

- La gestión de sedimentos no puede abordarse individualmente desde cada presa. Requiere una gestión integral con visión mucho más amplia.
- Considerar también los efectos producidos aguas abajo de los embalses, incluyendo las formaciones costeras próximas a las desembocaduras de los ríos. Por tanto, es necesario extender el ámbito territorial de la gestión integral de los sedimentos de embalses de una Cuenca Hidrográfica, ampliándolo con las zonas costeras y de transición, es decir, a nivel de Demarcación Hidrográfica, tal como se entiende en la Directiva Marco del Agua (DMA), Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Incluir la consideración de los efectos del Cambio Climático sobre los procesos de erosión, transporte y sedimentación, analizando la sinergia de las futuras actuaciones con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021 - 2030 (PNACC 2021-2030) y las posibilidades para su financiación a través del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático (PIMA-Adapta) del Ministerio para La Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). Y, concretamente, en el desarrollo del plan de adaptación (PIMA-ADAPTA-AGUA), en sus previsiones en materia de gestión del agua y el dominio público hidráulico.

- La cada vez mayor sensibilidad social a los problemas medioambientales, y la irrupción de nuevos agentes con capacidad de denunciar penalmente a los titulares de las presas, por vertido de sedimentos, como pueden ser vecinos ribereños o asociaciones de pescadores o mariscadores, y la inseguridad que provoca carecer de legislación clara y específica al respecto.
- Además de lo anterior, los sedimentos pueden presentar concentraciones de sustancias contaminantes, en cuyo caso, hay que estudiar si pueden ser vertidas al sistema fluvial, directa o indirectamente, a través de las aguas subterráneas.

¹ Mora, J.–marzo 2021-Gestión Integral de Sedimentos en Embalses, Documento del Comité Técnico de Gestión de Sedimentos de Embalses SPANCOLD.

9. NECESIDAD DE IMPULSAR Y COORDINAR LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS DE EMBALSES EN ESPAÑA.

Es preciso considerar que España, por la peculiaridad de su régimen hidrológico y la composición de sus demandas de agua, ha tenido que desarrollar un extenso parque presístico, necesario, entre otros aspectos, además de para regular los cursos fluviales, garantizar la disponibilidad del recurso para los distintos usos de abastecimiento urbano, industria, agricultura, acuicultura, ocio, etc., respetando el régimen de los caudales que deben circular por nuestros ríos para mantener la funcionalidad y estructura de su biota característica. Diversas estimaciones indican que solo alrededor del 8% del volumen total de los recursos renovables de aguas superficiales y subterráneas en España, que asciende a 100 km³, está disponible para su uso en régimen natural. Sin embargo, gracias a la construcción de más de 1.200 grandes presas, la capacidad de regulación y disponibilidad de este recurso ha aumentado, pasando del 8% al 41%. Por tanto, la disminución de la capacidad útil de los embalses² constituye un grave problema que puede afectar a los futuros suministros de agua.

La conservación y recuperación del volumen útil inicial de agua de nuestros embalses, como se ha visto, no va a ser materialmente posible. Ni tan siquiera se tiene capacidad de retirar periódicamente, los sedimentos que se vayan acumulando en un periodo anual. Por lo tanto, las medidas de ahorro y de eficiencia en la utilización del recurso, son acciones imprescindibles. El conocimiento de la realidad actual de la capacidad de almacenamiento de agua, unido a los problemas de erosión de los cauces aguas abajo de las presas, el descalce de puentes y la subida del mar, todo ello agravado por el cambio climático, es básico, para adoptar las políticas oportunas.

Por dicha razón, en muchas partes del mundo, también, obviamente, en España, se está impulsando la realización de estudios sedimentológicos de los embalses de titularidad estatal, recuperando, con una visión actualizada del problema, la práctica sistemática de campañas batimétricas en los vasos de embalse, abandonada en los últimos años.

Estos estudios sedimentológicos servirán para priorizar las actuaciones con mayores necesidades desde todos los puntos de vista: seguridad, medioambiental, de gestión hídrica, etc.

En estas circunstancias pareció oportuno que el Comité Técnico de Gestión de Sedimentos de SPANCOLD realizara unas primeras reflexiones sobre la materia³, antes de emprender la redacción de la “GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS EN EMBALSES”. Esta Guía, se enmarca en la estrategia, como fase previa y necesaria, de adquisición de conocimiento e información suficiente de la situación actual, y, de la tendencia sedimentológica de los embalses españoles. Sólo conociendo las causas y las pautas sedimentarias de deposición en los embalses se podrá, en fases posteriores, proponer soluciones a través de Planes de Gestión Integral de Sedimentos.

²Cobo, R. -2008- Sedimentos de los embalses españoles.

³ Gonzalo, A. -octubre 2021- Documento IDEAS.

El objetivo de estos Planes será recuperar, en la medida que sea posible y razonable, la continuidad del flujo de sedimentos interrumpida por los embalses, mitigando los riesgos y efectos no deseados sobre la seguridad y funcionalidad de las presas, usos del agua y el estado de nuestros ríos. Como conclusión, la finalidad de la Guía en preparación es, disponer de un documento con recomendaciones técnicas que puedan contribuir al mejor desarrollo de trabajos de naturaleza similar a los estudios sedimentológicos de embalses, orientados conforme a los seis fundamentos citados anteriormente (Apartado 8. “CAMBIO DE PARADIGMA.”)

10. TRABAJOS BATIMÉTRICOS, TOPOGRÁFICOS Y SÍSMICA DE REFLEXIÓN.

10.1. INTRODUCCIÓN.

Para conocer en detalle el estado actual del embalse, es necesario aplicar técnicas avanzadas propias del siglo XXI, que permitan definir todos los aspectos de interés, garantizando la coherencia e interconexión de los resultados y la seguridad en la navegación. Este proceso debe seguir un orden riguroso, priorizando la coherencia de los datos obtenidos como base para las decisiones y estudios posteriores. Lo primero es conocer, con el mayor detalle posible, el vaso del embalse hasta la cota de coronación de la presa, para determinar con precisión su morfología y su capacidad de almacenamiento. De esta forma, se tendrán unas curvas características muy precisas y la morfología detallada del vaso en toda su extensión. A día de hoy, esto se consigue con las ecosondas multihaz en toda la zona inundada y sistemas LIDAR⁴ y/o fotogramétricos en la emergida.

Estas técnicas aportan cobertura total y la mayor densidad de medidas precisas en toda la superficie del embalse, hasta el punto de identificar claramente restos de ramas, de árboles, e incluso cabos sumergidos, que pueden suponer un riesgo, tanto para embarcaciones como para los sistemas de dragado.

Conociendo al detalle el vaso del embalse e identificando las zonas de riesgo para la navegación, se buscará conocer la distribución de los sedimentos con técnicas de alto rendimiento y resolución que aporten de forma continua los espesores de los materiales aportados al embalse desde su construcción, hasta la base original del vaso. Para ello, se utilizan técnicas geofísicas, como la sísmica de reflexión, adecuando el procedimiento a emplear en cada caso, y haciendo un procesado e interpretación de datos por profesionales expertos. El rendimiento de estos equipos es muy alto en las zonas inundadas, mientras que en las emergidas es más bajo, requiriendo de una planificación clara sin dejar de lado otras técnicas aplicables.

⁴ *Laser Imaging Detection and Ranging*) es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.

Con los resultados anteriores, se planifica la toma de muestras de sedimentos en los puntos que aporten mayor información, para determinar la composición de esos materiales en toda la columna estratigráfica hasta la cuenca original. Insistimos en la necesidad del conocimiento de la totalidad del espesor del sedimento, no solo de la capa superficial, como se viene haciendo normalmente hasta la fecha de hoy.

Estas muestras serán inalteradas y en todo el espesor del sedimento. Sus resultados servirán para corroborar o incluso, mejorar la interpretación hecha de los datos geofísicos, definiendo los espesores con mayor precisión y el tipo de sedimento que compone cada capa. Gracias a su análisis en laboratorio se conocerá con detalle su posición en el estrato, composición y procedencia, lo que permitirá concretar su gestión.

Este concepto es realmente importante, y cambia radicalmente la manera de seleccionar el número y posición de los sondeos a realizar, ya que no es lo mismo el paleocauce del río que sus terrazas sumergidas, o zonas con derrumbes de sus paredes, o aportes laterales de sus tributarios.

Hasta ahora el número y posición de los sondeos se viene haciendo por criterios estadísticos, por ejemplo, por una determinada longitud de valle original del río, o por unidad de superficie del embalse. Con el nuevo criterio que proponemos aquí, se realizarán menos sondeos, pero aportarán una información de mucha mayor utilidad.

Los criterios anteriores, ofrecerán un conocimiento completo y más preciso del embalse, lo que permitirá adoptar las mejores decisiones para su gestión, por apoyarse en datos reales y precisos.

10.2. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO DEL EMBALSE.

La toma de datos batimétricos implica el uso de embarcaciones, de ecosondas multihaz con diferentes sensores y un posicionamiento preciso, que han de funcionar en conjunto perfectamente sincronizados e integrados.

Se descartan los sistemas mono haz por su bajo rendimiento y falta de resolución.

Con ello se utilizarán ecosondas multihaz, obviamente de última generación, integradas con sensores de movimiento y rumbo de la mayor exactitud, y sistemas GPS de precisión centimétrica, que funcionarán perfectamente integrados mecánica y electrónicamente sobre la embarcación. Además, se debe aplicar continuamente la velocidad de propagación del sonido superficial y la de la columna de agua con suficiente resolución, y otras medidas necesarias para tener datos absolutos en cada punto con una precisión mejor de 10 cm.

Para ello se ha de contar con sensores calibrados, un montaje muy estable, perfecta sincronización, y realizar un protocolo de calibración específico para determinar y corregir pequeños errores de montaje denominado “Patch Test”, aparte de otros controles en la instalación y durante el funcionamiento que aseguren la calidad de la información registrada. Los datos de estas calibraciones, sus resultados y los controles realizados formarán parte de los resultados a entregar. Para asegurar la cobertura total se solaparán las pasadas en un mínimo de un 20 %, limitando la cobertura angular para eliminar puntos dispersos y de baja calidad.

La ecosonda multihaz se podrá configurar para poder tomar medidas hasta la lámina de agua, con objeto de tener el mayor solape con los datos tomados en la parte emergida, y detectar zonas o elementos que pongan en riesgo la seguridad de la navegación, como rocas, paredes, árboles, elementos antrópicos, etc.

La composición básica del sistema será:

- Ecosonda multihaz de al menos 512 haces físicos orientables con ángulo mejor de $1^\circ \times 1^\circ$ en cada uno de ellos y resolución de rango mejor de 1 cm.
- Sensor de movimiento y rumbo con precisiones mejores de $0,05^\circ$.
- GPS RTK⁵ de precisión centimétrica con correcciones de base propia o GNSS⁶ y/o postprocesado.
- Control de la cota de agua durante todo el estudio.
- Perfilador de la velocidad del sonido en toda la columna de agua.
- Programas hidrográficos para control de la navegación, y así, integrar, sincronizar y almacenar todos los datos.

10.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EMBALSE.

La batimetría no siempre se podrá realizar con embalse lleno. Para la toma de datos de la parte emergida desde la lámina de agua hasta la cota de coronación del embalse se utilizarán sistemas LIDAR y/o fotogramétricos por proporcionar una cobertura total de muy alta resolución y precisión con gran rendimiento. Estos sistemas irán aerotransportados o en embarcación, y siempre integrados con sistemas de posicionamiento y medidas de movimiento de la mayor precisión, en forma similar al sistema batimétrico.

El uso de un sistema u otro, o de ambos, así como su medio de transporte está ligado a la extensión del embalse, su accesibilidad, cantidad de vegetación y otros. Su evolución es muy rápida principalmente en los sistemas LIDAR que reducen su tamaño y permiten multidetección en los formatos pequeños, para diferenciar el terreno en zonas cubiertas con vegetación.

La instalación en el medio de transporte está ligada a una perfecta integración de cada sensor y la sincronización de sus datos, y se calibrarán antes de la toma de datos, formando parte de los resultados todo lo referente a estas calibraciones y controles de calidad. Los vuelos se programarán para asegurar el solape necesario para el sistema de medida utilizado.

Se colocarán sobre el terreno las referencias necesarias, a las que se dará posición precisa con GPS RTK centimétrico.

⁵ Real-Time Kinematic: Sistema de posicionamiento y navegación con precisión centimétrica.

⁶ Global Navigation Satellite Systems: Ofrece mayor cobertura y precisión que el GPS.

La composición básica del sistema será:

- LIDAR con recepción múltiple y gran resolución y precisión.
- Cámara digital calibrada de muy alta resolución y calidad.
- Sensor de movimiento y rumbo con precisiones mejores de 0,05°.
- GPS RTK de precisión centimétrica con correcciones de base propia o GNSS o postprocesado.
- Programas topográficos para integrar, sincronizar y almacenar todos los datos.
- Avión, helicóptero, dron de ala fija o multicoptero según las condiciones y extensión de la zona.

10.4. PROCESO E INTEGRACIÓN DE LOS DATOS TOPOGRÁFICOS Y BATIMÉTRICOS.

El procesado de los datos batimétricos puede tener similitudes con los obtenidos por LIDAR, por tratarse en ambos casos de nubes muy densas de puntos x, y, z, pero, sin embargo, en cada caso, los programas que se utilizan son muy diferentes.

Esto es debido a que el medio acuático no es uniforme, y se han de aplicar, por lo tanto, correcciones específicas ligadas tanto a la velocidad de las ondas, como a la trayectoria de los haces acústicos. Aparte de ello y con todas las correcciones propias de cada sistema aplicadas, se hace un filtrado intensivo para descartar datos erróneos, no ligados a las superficies que se estudian. En el caso de la fotogrametría la nube de puntos no se obtiene de medidas directas, ya que se logra procesando las imágenes obtenidas con gran solape y programas específicos utilizando marcas precisas colocadas sobre el terreno.

Con los datos batimétricos y topográficos se obtienen las nubes de puntos finales, que representan con precisión la superficie sumergida y emergida del embalse. Partiendo de las mismas referencias o bases, ambas nubes se unen en una sola para tener la superficie real y precisa de todo el embalse.

Conforme al Real Decreto 1071/2007 de 27 de Julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, todos los datos de coordenadas se han de referir al sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) y las altitudes al NMMA (Nivel Medio del Mar en Alicante) para la península, y referencias locales para las islas. Para la cartografía se seguirá utilizando el sistema UTM (Universal Transverse Mercator) en el huso correspondiente.

En todos los casos donde el embalse tenga un sistema de coordenadas propio, los resultados se entregarán también referidos a éste, o se dejará perfectamente clara la relación con el oficial, para mantener la conexión con toda la información y referencias previas. Para ello cada Confederación Hidrográfica, o Autoridad de Cuenca competente, ha de proporcionar las coordenadas precisas de las bases del embalse.

Los datos finales a presentar serán:

- Nube de puntos en formato LAZ con visualizador.

- Ficheros x, y, z con resoluciones de grid de 25 y 50 cm.
- Modelos digitales de terreno (MDT).
- Planos con curvados a escalas de detalle.
- Cálculos de volumen y superficie según la cota de agua.
- Curvas características del embalse hasta la cota de coronación.
- Imágenes 3D.
- Informes incluyendo: metodología, equipos empleados, calibraciones realizadas, desarrollo del estudio, correlación entre coordenadas oficiales y las propias del embalse, conclusiones, etc.
- Ficheros en formatos adecuados para integrarlos en los SIG del organismo de cuenca competente.

10.5. SÍSMICA DE REFLEXIÓN.

Una vez definido con detalle el vaso del embalse, se necesita determinar la distribución y espesores de los materiales que el embalse ha retenido desde su puesta en funcionamiento. Con ello se tendrá una información clave para evaluar la cantidad de material acumulado, junto con su procedencia, composición, y asociarlo a eventos de arrastre de materiales en la cuenca. Eso permitirá evaluar su gestión o limitar su entrada en caso de eventos similares.

Para ello se utilizan sistemas no intrusivos, basados en sonido de alta potencia, para obtener perfiles de corte continuos, que se recorren en forma de malla y pueden alcanzar la base rocosa. Esa malla, cuya densidad de perfiles se determinará en cada caso, permite generar superficies de las estratificaciones de material que se observen, y fijar los puntos donde tomar muestras que aporten una mayor información de los materiales.

Dentro de las posibles técnicas a aplicar, se utilizarán las que tengan un equilibrio adecuado en resolución y en penetración, y generen perfiles continuos con un buen rendimiento. Ese equilibrio es necesario debido a que una mejor resolución limita la penetración, y un mayor alcance supone reducir la resolución. Con ello puede ser necesario aplicar técnicas que se complementen.

La Sísmica de Reflexión permite cumplir esos requisitos pues se genera el perfil con el avance de la embarcación y su rendimiento alcanza algunas decenas de kilómetros por jornada. Unos sistemas aportan resoluciones centimétricas con alcances razonables en capas de materiales finos y fangos, y otros alcanzan la capa de roca con resoluciones superiores a los 50 cm. Las segundas aportan información geológica, incluso dentro de la capa rocosa, lo que sirve para detectar incluso, posibles filtraciones.

Los de mayor resolución son los sistemas CHIRP y las Ecosondas Paramétricas, y entre los que permiten alcanzar la roca con una resolución aceptable están los sistemas con emisor Boomer y Sparkers UHR especiales. Para tener los mejores resultados se utilizará una combinación de ambos sistemas que permita obtener ambas señales

simultáneamente.

Según el tipo de sistema se ha de hacer una instalación y configuración específica con funcionamiento sincronizado entre ellos. Los datos generados se graban digitalmente en formato original sin procesar, dando a cada disparo una posición correcta a partir de un GPS RTK.

La composición básica del sistema será:

- Sistema sísmico de reflexión de alta resolución.
- Sistema sísmico de reflexión de gran penetración y resolución media.
- GPS RTK de alta precisión y programa de navegación para fijar las rutas a seguir y aportar en continuo la posición de las señales de ambos sistemas sísmicos.
- Programas de adquisición de las señales sísmicas georreferenciadas y sincronización de los sistemas.
- Control de calidad continuo de las señales recibidas
- Programas específicos para procesado e interpretación de las señales por expertos.

Los programas de procesado tendrán suficientes herramientas para visualizar los perfiles, y hacer cambios conforme a lo que necesite el experto geofísico que hará la interpretación. También visualizará claramente los niveles interpretados en otras líneas que cortan a la que se interpreta. Es muy importante que los programas de procesado tengan herramientas que mejoren la resolución y la penetración de cada sistema y, en lo posible, reduzcan el apantallamiento de las múltiples.

Con la interpretación se obtienen ficheros de espesores (x, y, espesor) de las diferentes capas que se analicen. Con ellos se generan los planos de los materiales no consolidados.

Los resultados del estudio serán:

- Ficheros x, y, espesor, de cada capa interpretada en los perfiles (horizontes).
- Modelos digitales de los diferentes horizontes.
- Planos con curvados de espesores a escalas de detalle.
- Planos de basamento integrando la batimetría y los espesores
- Cálculos de volumen.
- Imágenes 3D.
- Informes con metodología, equipos empleados, calibraciones realizadas, desarrollo del estudio, procesado aplicado, conclusiones, etc.
- Ficheros en formatos adecuados para integrarlos en los SIG de la CH.
- Posiciones recomendadas para la toma de las muestras.
- Posibilidad de reprocesado con la información directa de las muestras.

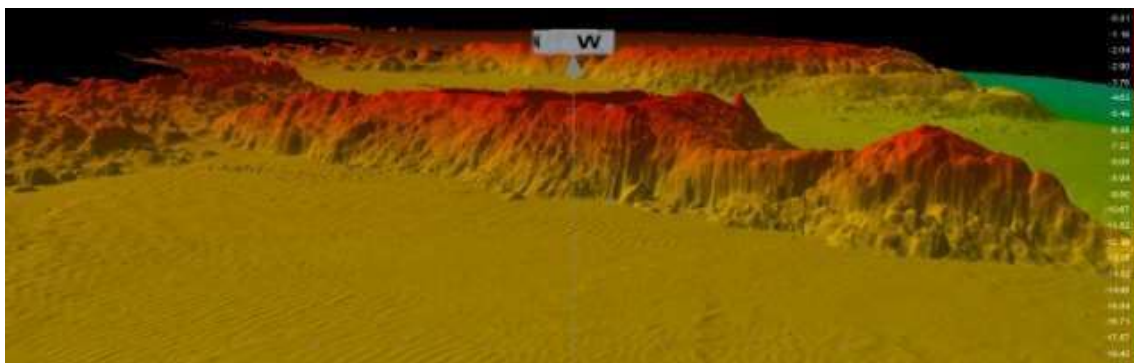


Figura 1: Vista del fondo con zona de ripples y afloramiento rocoso.

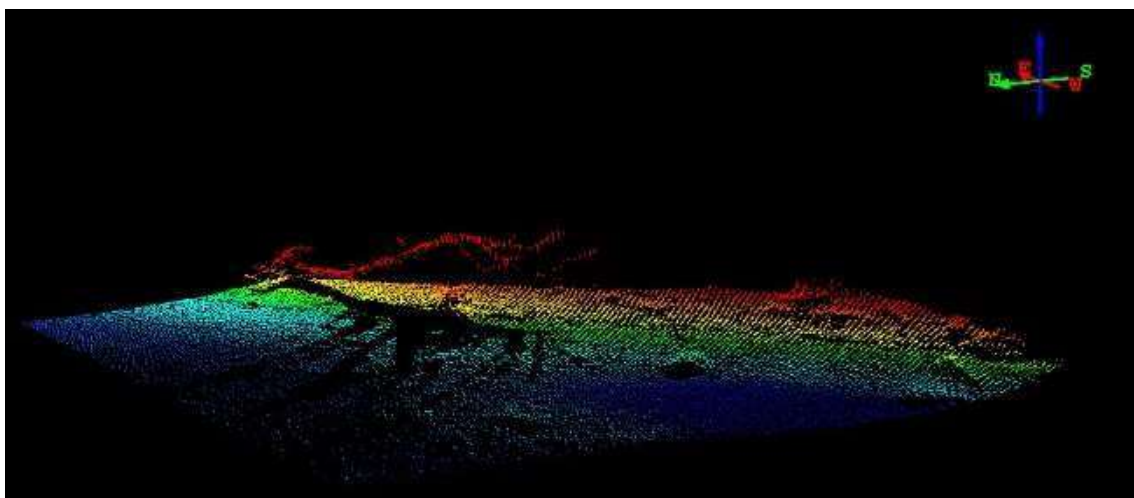


Figura 2: Árbol de 15 metros, sumergido.

11. TOMA DE MUESTRAS.

11.1. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS.

Tradicionalmente, la elección de los puntos de toma de muestras se realizaba por medios, más intuitivos o estadísticos, que con criterios técnicos objetivos. Más que elegir los puntos cada $X \text{ m}^2$ de embalse, como es habitual, se recomienda realizarlo a partir de los datos batimétricos, y, sobre todo, geofísicos. De esta forma los sondeos serán de mayor utilidad y representatividad, eliminando, por ejemplo, zonas con sustrato rocoso, o grandes pendientes. Se harán solo los sondeos necesarios, resultando notablemente más económicos, al reducir su número.

Los resultados de las muestras, cuyos puntos de extracción se definirán tras los estudios previos, servirán para reducir la parte interpretativa del estudio al tener muestras físicas de las diferentes capas sedimentarias, permitiendo recalculer el plano de espesores si es necesario.

La estratificación de las aguas de un embalse condiciona en gran medida la naturaleza de los sedimentos, por lo que es necesario conocer su composición y estacionalidad para comprender la evolución y características de los sedimentos formados.

11.2. EXTRACCIÓN DE LA TOTALIDAD DE LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.

Aún hoy, es muy habitual realizar la toma de muestras con elementos, como una cuchara bivalva, o un tomamuestras pesado, que solo pueden recoger la capa más superficial. Es imprescindible, en primer lugar, corroborar los resultados de la geofísica, y en segundo, tener un conocimiento real de la totalidad de los sedimentos acumulados. Por lo tanto, el sistema de toma de muestras ha de ser capaz de acceder hasta el perfil original del río. Afortunadamente a día de hoy, esto es posible, con medios relativamente sencillos.

La necesidad de realizar la toma de muestra a todo el perfil estratigráfico, independientemente de las potencias de agua y de sedimentos, requerirá el empleo de una plataforma flotante o pontona, con los certificados de navegación y homologación correspondientes, que permita el almacenaje de todo material necesario para las actividades de toma de muestra, suministro de electricidad, etc.

Esta plataforma flotante, como elemento auxiliar, permitirá a los trabajadores el desarrollo de las actividades de forma segura, por lo que deberá contar con suelo antideslizante, barandillas, rodapiés, etc.

La plataforma deberá ser modular, de tamaño reducido y con el menor calado posible, que le permita ser instalada en todo tipo de embalses, incluso sin acceso posible de grúas.

El sistema de perforación y recuperación de testigos, deberá ser muy potente y ligero, para integrarse en la plataforma flotante y disponer de los certificados de homologación correspondientes. Se deberá poder extraer muestras incluso a 100 metros de profundidad.

Previo a la extracción, se seleccionarán los puntos de toma de muestra en el embalse, mediante geofísica, referenciando los puntos mediante GPS. Se medirá la potencia agua-sedimento en cada punto.

Para la extracción del perfil estratigráfico se empleará sistema de varilla o tubo en diámetro 76-86 mm. La toma de las muestras, deberá ser realizada mediante perforación a rotación en una toma continua o que garantice la calidad y localización de la muestra en el estrato.

Una vez alcanzado el perfil del terreno, se procederá a la retirada del varillaje de perforación. Las muestras de sedimentos serán extraídas del varillaje, colocadas en recipientes asépticos indicando el perfil estratigráfico, y la profundidad a la que corresponde, siendo posteriormente almacenadas en neveras refrigeradas, esencialmente en el caso de presencia de materia orgánica. Se deberá garantizar que la toma de muestras asegura el conocimiento de la totalidad de la columna estratigráfica, cada 50 cm.

Cuando el sedimento esté muy compactado, como en las fotos adjuntas, el sistema de perforación deberá disponer de elementos que impidan que el par rotor de la sonda, haga girar la propia balsa sobre la que se instala la maquinaria.



Figura 3: Sedimento muy compacto.

11.3. TOMA DE AGUA A DIFERENTES PROFUNDIDADES.

Lo ideal no es solo conocer si se produce la estratificación térmica y química de las aguas de un embalse, sino si ésta es permanente o estacional. La estratificación puede condicionar la biota y lógicamente, también la composición de los sedimentos.

Se procederá, por lo tanto, a la toma de muestras de agua a distintas profundidades.

12. CARACTERIZACIÓN.

12.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

Todos los trabajos de caracterización han de ser dirigidos por un equipo de profesionales, en contacto directo con los equipos que se responsabilicen de los aspectos recogidos en los capítulos anteriores.

Antes de proceder a su caracterización, es necesario comprender que, si bien hasta ahora, tradicionalmente, el sedimento se consideraba un material del que había que deshacerse, tratando, como mucho, de valorizarlo para la agricultura, la construcción o incluso la cerámica, en estos momentos, y sobre todo con los efectos del cambio climático, esencialmente en las costas, ha cambiado el paradigma, como ya indicamos. Se ha de pensar que el mayor valor del sedimento es como sólido transportado por la corriente de los ríos y, finalmente, entregado al mar. Los ensayos de identificación han de servir para valorar la posibilidad de ser extraído y devuelto al río, aguas abajo de la presa.

Por otro lado, las sequías acaecidas en los últimos años, han dejado patente la importancia de mantener una buena calidad del agua en los embalses, ya que no solo se ven contaminados por los sólidos en suspensión y sedimentos, sino que también por los arrastres de las márgenes y riberas de los ríos. En futuras partes de la guía que aquí se presenta, se pretende tratar con más detalle este problema.

12.2. CARACTERIZACIÓN PREVIA.

Previo a la realización de cualquier ensayo sobre las muestras obtenidas, se deberá recopilar, sobre la base de los datos existentes, la siguiente información referente a la zona de actuación y su entorno:

- Descripción del tipo y fuentes de contaminación significativa, en el caso de que

existieran, que soporta la zona aguas arriba del embalse (emisarios o conducciones de vertido de aguas residuales, industriales o mixtas, usos históricos de la zona, aportes de ríos, escorrentías, etc.).

- Existencia de algún programa de control sobre las fuentes de contaminación, o si se ha realizado alguna intervención ambiental relevante en relación con los vertidos a las aguas del embalse o su entorno inmediato, siempre que pueda disponerse de ella.
- Información, en su caso, de tipo geoquímico sobre los materiales litológicos regionales que pudieran suponer concentraciones de metales y metaloides naturales, valores de fondo, anormalmente elevados.
- Composición granulométrica esperada: normalmente los materiales más finos se encontrarán en las inmediaciones de las presas, estando los más gruesos en las zonas de las colas. Aquí hay que poner de relieve, que, dada la imposibilidad de dragar la totalidad del embalse, es preferible concentrar los esfuerzos de caracterización en las zonas susceptibles de ser extraídos, o sea cerca de las tomas de los desagües de fondo.
- Adicionalmente, la granulometría es clave para la distribución de sustancias contaminantes en las masas de sedimentos, ya que son las fracciones finas las que presentan mayor capacidad de adsorción de estas materias.
- Características topográficas, batimétricas y geofísicas de la zona.
- Descripción de características biológicas, con especial atención a los hábitats y especies, especialmente bentónicas, y a la posible presencia de especies invasoras que pudieran ser propagadas.
- Resultados de los programas existentes de seguimiento de calidad de las aguas.
- Ubicación del embalse respecto de áreas amparadas por cualquier figura de protección autonómica, nacional o internacional en la zona de actuación y su entorno, con determinación expresa de la distancia mínima hasta el punto más cercano de las mismas. Si éstas contaran con instrumento de planificación, se deben conocer las posibles restricciones derivadas del mismo, respecto de la actuación propuesta.
- Identificación de otros usos legítimos del embalse que concurren sobre el mismo y su entorno, que pudieran resultar afectados por la actuación, con especial atención a la existencia de zonas sensibles y zonas de explotación de recursos pesqueros y marisqueros.
- Importancia de la caracterización. Gestión de los sedimentos.

El conocimiento de las características físico-químicas de los sedimentos contenidos en un embalse, junto a la topografía, batimetría y geofísica, debe servir de base para la toma de decisiones posteriores en cuanto a las posibles actuaciones a llevar a cabo.

12.3. ESTUDIOS A REALIZAR.

A la vista de los resultados de caracterización previa, se decidirán los ensayos a realizar. Se requerirá de una caracterización química de los sedimentos en función de los potenciales compuestos contaminantes, tras la realización del estudio previo de fuentes/focos de contaminación actuales e históricos.

En cuanto a la caracterización y gestión de sedimentos, no existe una normativa específica que regule la reutilización de materiales de dragado de embalses, aunque existen regulaciones o normativas que abordan diferentes formas de acometer la gestión, en función del destino final, de su composición química y peligrosidad.

Las reglamentaciones y normas técnicas más destacadas que se deben considerar son las siguientes:

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Sería de aplicación, cuando el sedimento dragado, pasa a ser un residuo, que es necesario gestionar adecuadamente.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Sólo de aplicación si el sedimento, es llevado a vertedero.
- Características de peligrosidad con arreglo al Anexo III de la Directiva 2008/98/CEE del Consejo.
- Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado elaboradas por el CEDEX en 2015.

Dado que no existe una normativa específica, se debe establecer, de la manera más simple, y por lo tanto más económica, sobre todo atendiendo a los estudios de caracterización previa, si el sedimento puede ser incorporado al río, total o parcialmente, aguas abajo de la presa, o no. No es el objetivo de la Guía ofrecer todas las alternativas posibles de ensayos a realizar. No obstante, en la Guía actualmente en elaboración, se ofrecerán abundantes datos y bibliografía.

En el caso de que el sedimento contenga materias tóxicas o peligrosas, debería poder ser llevado a vertedero. Una valoración económica establecerá el grado de secado necesario, para minimizar el coste del transporte del sedimento hasta el vertedero.

La idea antes de ser gestionado en un vertedero será considerar, y agotar las posibilidades de valorización del sedimento, viables desde el punto de vista técnico y económico, tal y como se recoge en la Ley 7/2022.

En cualquier caso, los sedimentos dragados requerirán de técnicas de pretratamiento (deshidratación, etc.) antes de su gestión ulterior. El agua a recuperar en dichos pretratamientos de adecuación, deberá igualmente ser analizada al objeto de determinar si cumple con los parámetros de vertido a cauce o, si, por el contrario, se requiere abordar previamente actuaciones correctoras.

Si se opta por extraer el sedimento de la zona más cercana a la presa, como será en la

mayoría de los casos, para permitir la operatividad de los desagües de fondo, y se devuelve al río aguas abajo, es imprescindible conocer, el efecto que va a tener en la corriente hasta su llegada al mar. Dado que la zona de extracción, es lógicamente la que contiene más finos, quizá haya que realizar dragados puntuales, también, en zonas más alejadas de la presa, que permita obtener sedimentos con mayor granulometría.

La presencia de arroyos que desemboquen en el embalse cerca de la presa, o las propias laderas, pueden aportar elementos más gruesos al sedimento.

13. EXTRACCIÓN.

13.1. ALGUNOS DATOS SORPRENDENTES.

Es muy frecuente ver acumulaciones de ramas, empujadas, esencialmente por el viento, flotando en el entorno de las presas. Es una buena práctica en caso de crecidas, dejarlas caer por los aliviaderos. También se pueden hacer limpiezas periódicas para retirarlas del embalse. Si no se retiran estas ramas, con el tiempo, absorben agua, aumentan su densidad y terminan por hundirse, tal como se ha detectado en la imagen núm. 2. Referente a plásticos a algunos estudios cifran en 400 millones de toneladas las que acaban en los océanos cada año. El estudio “Plastic debris in lakes and reservoirs”⁷ ha puesto de manifiesto por primera vez, que, en algunos casos, las concentraciones encontradas en entornos de agua dulce son superiores a las de las islas de plástico del océano, los llamados "parches de basura". La mayor concentración se encontró en el lago de Lugano (Suiza-Italia) es decir, en una de las regiones más prósperas de Europa. Es un dato que invita a la reflexión. Un tercer dato, igualmente sorprendente, lo aporta un estudio realizado por Kostas Tsiaras, que concluye que el 16 % de los plásticos que ingresan en una masa de agua en nuestras latitudes termina hundiéndose. Sin embargo, Carlos Duarte afirma que se desconoce el paradero del 99 % de los plásticos que llegan a los mares. Es posible que el porcentaje de plásticos que se hunde sea significativamente mayor que el 16 % previamente señalado. La principal conclusión es que la utilización de bombas convencionales no va a permitir la extracción de sedimentos, en una gran parte de nuestros embalses, debido a la acumulación de madera y plásticos en el fondo.



Figura 4: Acumulación de plásticos en el fondo de embalses y mares.

⁷ Nature -12 julio 2023- Instituto de Evaluación Ambiental e Investigación del Agua (CESIC) y varias universidades y otros organismos.

⁸ Frontiers in Marine Science -2021-.

⁹ CSIC. Dirigió en 2010, la expedición Malaspina, en la que participaron 400 científicos, y circunvaló, durante 10 meses los océanos.

13.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN.

Tal y como se explicaba anteriormente, para la toma de muestras de sedimento, los puntos de extracción vendrán determinados por los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos batimétricos y geofísicos. Además, se deberán tener en cuenta las necesidades específicas de cada embalse, y así ayudar a liberar aquellas zonas más sensibles de cara al buen funcionamiento de la presa.

13.3. EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS.

Es importante poner el foco en que el documento de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, en 2021, titulado “*DIRECTRICES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DRAGADO Y SU REUBICACIÓN EN AGUAS DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE*”, no es de aplicación en los embalses.

De hecho, su uso en este contexto podría generar importantes errores. Los sistemas de extracción actuales son poco eficientes desde el punto de vista medioambiental y de ejecución. Por lo tanto, el sistema que se emplee en la extracción de sedimentos deberá disminuir el impacto ambiental que pueda producir en la zona de trabajo, así como mejorar la facilidad con la que se ejecutan dichas actuaciones.

Básicamente, se recomienda en la literatura, el empleo de dragas o bombas de succión. Ninguno de los dos sistemas es, en la mayor parte de los casos, apto para realizar este tipo de trabajos en embalses:

Las dragas además de requerir un mayor despliegue de medios, por lo que, no tienen sentido para dragados de poco volumen, remueven el fondo, pudiendo provocar fuertes alteraciones del estado del agua en su zona de influencia. Los costes tanto económicos como medioambientales, pueden llevar a la imposibilidad de su utilización.

- Las bombas de succión tienen muchas limitaciones, empezando por los atascos que provocan las ramas, actuaciones antrópicas y plásticos sumergidos. Además, en sedimentos muy compactos, tampoco logran ser aspirados, ya que se requiere su disgregación previa.

Por lo tanto, es imperativo utilizar otro sistema de dragado, que logre superar las limitaciones mencionadas, para lo que deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Deberá ser un sistema muy económico, operado de manera sencilla y automatizada, que facilite el posicionamiento de la maquinaria en los puntos de extracción y que pueda trabajar en continuo.
- Requerirá una instalación y operación que no afecte al entorno, por lo que podrá ser empleado en embalses ubicados en espacios vulnerables o espacios protegidos como las zonas de la Red Natura 2000.
- Tendrá que ser un sistema que impida la turbidez ocasionada en el fondo del embalse al extraer el sedimento, minimizando los posibles efectos adversos que se

pueden provocar sobre todas las especies que habitan la zona.

- También es un punto importante la necesidad de extraer, sin atascos, posibles troncos, ramas u otros elementos, como los plásticos, que se puedan encontrar en el fondo del embalse, mientras se lleven a cabo los trabajos de movilización de sedimento.
- Con el fin de facilitar los trabajos realizados, la maquinaria habrá de tener unas dimensiones y pesos reducidos, simplificando el desplazamiento y el acceso a zonas complicadas, sin necesidad de abrir caminos o desbrozar zonas extensas para la entrada de elementos pesados.
- Por la misma razón, las labores de extracción deberán realizarse desde una pontona o plataforma flotante, con los certificados de navegación y homologación correspondiente, que permita el almacenaje de todo material necesario para las actividades de extracción de sedimentos, suministro de electricidad, etc. Esta plataforma permitirá a los operarios trabajar con todas las condiciones de seguridad, por lo que deberá contar con los requisitos específicos para ello.
- Además, dicha plataforma deberá ser modular, de tamaño reducido y con el menor calado posible, que le permita ser instalada en todo tipo de embalses, incluso en aquellos que no cuentan con acceso de grúas.

14. MEDICIÓN DEL SEDIMENTO EXTRAÍDO.

14.1. MEDICIÓN EN CONTINUO.

El sedimento se compone, en general, de una gran cantidad de agua y una cantidad variable de materia sólida. Al realizar la extracción del sedimento, se incrementa la proporción de agua, un aspecto que, sin embargo, a menudo no se considera al realizar las mediciones pertinentes. Si volvemos el documento de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, de 2021, en el Capítulo 2 “*El dragado y la zona a dragar*”, se indica que la Documentación Técnica, deberá recoger:

- *Volumen de materiales a dragar, expresado en metros cúbicos.*
- *La superficie afectada por el dragado, expresada en metros cuadrados.*
- *El espesor de materiales a dragar en cada zona de la superficie afectada, aportando un plano batimétrico previo reciente y un plano batimétrico de la situación que se pretende alcanzar.*

Esto implica que, al momento de abonar las obras, se realiza una estimación del volumen de sedimento, el cual se encuentra más o menos compactado, y se mide mediante batimetrías antes y después de la ejecución del trabajo. Para el promotor de la obra, el procedimiento puede parecer correcto e incluso evidente.

Sin embargo, surgen al menos dos interrogantes:

- Extraer sedimentos de una zona concreta, puede suponer rebajar la cota inicial de

los sedimentos, ofrecida por la batimetría inicial. Pero hacer una rebaja del nivel de sedimentos en un área relativamente pequeña, en definitiva, es hacer una excavación, por lo tanto, habrá que tener en cuenta, que los taludes tienen altas posibilidades de derrumbarse y caer en la zona de dragado. No se encuentra ninguna mención al respecto ni en la literatura ni en la normativa, como la mencionada anteriormente.

- Por otro lado, dado que la batimetría, no así la geofísica, no informa del grado de compactación, por lo tanto, de la composición agua/sólidos del volumen de sedimentos a extraer, cuando se procede a su dragado, no se sabe qué volumen real, se deberá extraer para cumplir con las necesidades del promotor.

Los sistemas que se utilizan hoy en día para la extracción de sedimentos no incorporan ningún tipo de método que proporcione una medición en continuo de la materia sólida extraída, por lo que no se puede disponer de ningún procedimiento, preciso y objetivo, para conocer, y poder cuantificar el resultado de los trabajos de dragado realizados.

Las ya mencionadas Directrices, proponen efectuar la medición mediante batimetrías antes y después de la zona a dragar, así como plano de la superficie a tratar. Con ambos datos, se pretende poder determinar, en metros cúbicos, el volumen de sedimentos a dragar.

- Sin embargo, esta solución tecnológica resulta, al menos en el contexto de los embalses, muy limitada e imprecisa. Las razones, que ya hemos mencionado, son las siguientes: El sedimento puede derrumbarse, prácticamente fluir hacia las zonas de extracción, rellenando rápidamente las franjas de trabajo.
- El cálculo inicial del volumen a extraer, de acuerdo con el documento anterior, no tiene en cuenta la cantidad de agua contenida en cada metro cúbico de sedimento. Es un parámetro fundamental ya que el proceso de extracción incorpora bastante agua al material extraído.

Es, por lo tanto, necesaria la implantación de un procedimiento que permita realizar la medición en continuo del sedimento seco extraído. Esto posibilitará poder realizar el control de los trabajos en la zona de actuación, así como determinar de manera exacta el material extraído, y compararlo con las previsiones realizadas anteriormente, de acuerdo a las necesidades de cada zona.

De esta forma, se obtendrán datos en tiempo real de los rendimientos de la maquinaria en cada una de las áreas en las que se esté trabajando, lo que permitirá optimizar los trabajos ejecutados. También podría servir de indicativo en caso de que el sistema de extracción no estuviera trabajando en plenas condiciones.

Es obvio, que una vez determinado el volumen de sedimentos a extraer, debido a las necesidades que establezca el promotor de la actuación del dragado, se deberá conocer, el peso de materia seca que contienen. Para ello es imprescindible, además de la batimetría, la geofísica y la toma de muestras, indicadas en la primera parte de este documento, conocer, a priori, el peso de materia sólida a extraer.

Es evidente que existe una necesidad real de implementar un sistema de medición en

continuo de la materia seca extraída, de tal manera que se puedan comparar datos que tengan un margen de error despreciable, en comparación con las magnitudes que se manejan en este tipo de trabajos.

Finalmente, estos valores obtenidos de manera continuada durante la ejecución de las actuaciones, se procesarán y se compararán con los datos obtenidos en la batimetría, geofísica, y sondeos, logrando así, una compilación de datos que abarca todos los aspectos de los trabajos llevados a cabo.

Lamentablemente, este aspecto no se contempla ni en la literatura ni en la normativa a nivel mundial. Esta es una de las aportaciones del C.T. de Gestión de Sedimentos de SPANCOLD.

Además, la tecnología ya está disponible en España...

14.2. SISTEMA INTEGRADO.

Esta innovación tendrá que integrarse, a su vez, en el sistema de extracción de sedimentos, de tal forma que no interfiera de manera alguna, en los trabajos de movilización de los depósitos, lo que podría alterar los resultados obtenidos.

Además, es necesario que el sistema anterior se encuentre en un punto de la maquinaria o de los elementos extractores, en el que el acceso a los datos sea fácil, con el objetivo de poder ir disponiendo de ellos, a medida que se vayan generando, en tiempo real.

15. DEVOLUCIÓN DEL SEDIMENTO AL CAUCE DEL RÍO.

Como se explicaba anteriormente en este documento, uno de los principales objetivos del dragado, es recuperar la continuidad del flujo de sedimentos interrumpida por los embalses, mitigando los riesgos y los efectos no deseados sobre la seguridad y funcionalidad de las presas, usos del agua, así como el estado de nuestros ríos y costas.

España, por sus características, es uno de los países más regularizados en cuanto al agua de toda Europa, por lo que la dinámica natural de los ríos queda afectada, reduciéndose los caudales sólidos aguas abajo de las presas. Esto conlleva problemas ambientales, como la intrusión del mar en la cercanía de las desembocaduras. Es conveniente no olvidar que los sólidos transportados por el mar en la cercanía de las costas tienen prácticamente todo su origen en los ríos.

De hecho, en algunas zonas españolas, se ha observado la regresión de la línea de costa, y más resaltado en los deltas. Este es un proceso ciertamente peligroso, puesto que los riesgos de avenidas cada vez más frecuentes e importantes, debidas al cambio climático, aumentan las consecuencias negativas de no poder manejar convenientemente los sucesos extremos. Es decir, al haber una regresión cada vez más significativa de la línea de costa, la protección que se obtiene de ella será cada vez menor, por lo que los eventos extremos, además de ser cada vez más frecuentes, producirán mayor daño a la sociedad.

La subida del nivel del mar, que debido al cambio climático es ya un problema en nuestras costas, requiere su protección natural, que empieza por permitir a los sedimentos llegar hasta ellas.

Es por ello, de vital importancia considerar que el mayor valor del sedimento es como sólido transportado por la corriente de los ríos, que acaba, finalmente, depositándose en el mar o en los deltas.

Para considerar si un sedimento es apto o no para restituirlo al cauce natural habrá que tener en cuenta varios aspectos.

En primer lugar, se deberán realizar analíticas sobre los sedimentos de los embalses, para determinar si cumplen con la legislación vigente, para poder ser devuelto al río, aguas abajo de cada presa. Este punto se desarrolló al principio del documento.

A continuación, en el caso de que todos los valores analizados se encontrasen dentro de los parámetros adecuados, se estudiará cómo, cuándo y dónde sería posible depositar los sedimentos extraídos en el lecho del río.

Para ello, se contará con la ayuda de un experto medioambiental, que marque las directrices a seguir. Es decir, inicialmente, no se conoce la dinámica sedimentaria de todos los ríos, porque habría que desarrollar un plan de actuación en el que se determinasen los momentos clave para poder verter el material en el río, como pueden ser sus crecidas naturales. También hay que estudiar la posibilidad de realizar descargas, permanentes en el preceptivo caudal ecológico, acompasadas con la capacidad de acogida del cauce en su estado actual.

16. DESAGÜES DE FONDO.

De acuerdo con lo establecido previamente, la importancia de limpiar los desagües de fondo con cierta regularidad, es esencial para mantener su operatividad en condiciones de seguridad.

Actualmente, muchos desagües de fondo, e incluso de medio fondo, en España y en otros países, no pueden ser operados tal y como marca, tanto la normativa, como las más elementales nociones de seguridad de presas, porque se encuentran aterrados.

Aunque la legislación obligaría a abrirlos varias veces al año y estar siempre disponibles, operativos y en perfecto funcionamiento, la realidad es muy distinta. Su apertura se ve limitada, en muchas ocasiones, por la estricta normativa de vertidos al río, y en muchas otras porque están bajo metros de sedimentos compactos, quedando totalmente inoperativos.

Es decir, hasta ahora, cuando se liberaba un desagüe de fondo y se conseguía abrir, la corriente arrastraba tal cantidad de sedimentos, que podía provocar serios problemas medioambientales aguas abajo. Las cada vez más exigentes normativas medioambientales, la aparición de nuevos actores como administraciones locales, asociaciones ecologistas o de pescadores y, por otro lado, los fenómenos meteorológicos cada vez más extremos, debidos al cambio climático, forman una situación crítica.

Concluimos que la totalidad de los sedimentos en el entorno de los desagües de fondo debe ser dragada antes de considerar su apertura. Un modelo numérico será de gran utilidad para determinar la zona de aspiración del desagüe en el momento de su apertura. Si la caracterización de los sedimentos planteada al principio de este documento, arroja los resultados oportunos, se podría plantear la posibilidad de colocar unos escudos en los desagües de fondo, una vez dragada la zona, que ofrezcan protección permanente, en lugar de eventual, frente al aterramiento.

Por todo ello, se pone de manifiesto la necesidad de implantar una tecnología con la que solucionar los graves problemas que conlleva, la acumulación de sedimentos en las zonas de los desagües de fondo, y que provocan su aterramiento. Como consecuencia, los embalses pierden su capacidad de regulación de avenidas y, por lo tanto, aumentan los riesgos de accidentes.

Este sistema deberá contar con dos elementos fundamentales que permitan dar respuesta a todo lo anteriormente expuesto:

- Un elemento de protección de los desagües, instalado permanentemente, que permita, a su vez, extraer los posibles sedimentos que se queden atrapados en su interior, entre una apertura y otra.
- Un elemento de medición en continuo de la turbidez del agua, que permita determinar cuándo es posible abrir los desagües de fondo, sin que suponga una amenaza para el ecosistema aguas abajo de la presa.

De esta manera, se pretende que los desagües de fondo puedan encontrarse siempre operativos independientemente de la continua acumulación de sedimentos en el embalse.

17. CONCLUSIONES.

De acuerdo con todo lo anterior, a la hora de planificar el estudio de sedimentos en los embalses españoles, se deberá atender a los siguientes criterios:

- Conocer las reservas de agua con las que contamos en España, por lo menos en los embalses con mayor capacidad de almacenamiento, para permitir una planificación basada en datos reales y no supuestos.
- El empleo de nuevas tecnologías, es esencial y, además, aplicarlas de forma coherente. La geofísica es una herramienta que ha de ser tomada en cuenta en cada estudio. Los sondeos, en pocos, pero muy bien elegidos puntos, siendo esencial recuperar la totalidad de la columna estratigráfica.
- Asumir que no va a ser posible extraer, de forma generalizada, los sedimentos acumulados en nuestros embalses, así que deberemos establecer prioridades en las actuaciones. Para priorizar, será necesario un conocimiento mínimo de la situación de los sedimentos en las Demarcaciones Hidrográficas, al objeto de orientar los esfuerzos económicos a los problemas más acuciantes.
- De la misma manera, en un gran embalse, con mucha longitud de río embalsada, no va a ser posible evitar que se genere una barrera de sedimentos, además de la

dificultad implícita para eliminarlos, por lo que es esencial que se mejore la gestión de dichos sedimentos.

- Hay dos criterios, a la hora de priorizar, que sobresalen. En primer lugar, está la liberación de los desagües de fondo, y en segundo, lograr que el sedimento transite por los cauces y, finalmente, llegue al mar.
- La liberación de los desagües de fondo ha de ser definitiva, lo que puede llevar a instalar elementos de protección, autolimpiables de las tomas.
- Todas las intervenciones han de ser supervisadas medioambientalmente, y tramitadas bajo la Ley 21/2013, en su caso.