

**Procedimiento de toma de muestras
de sedimentos para la determinación de
la radiactividad ambiental**

Colección Informes Técnicos 11.2007
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental
Procedimiento 1.10

**Procedimiento de toma de muestras
de sedimentos para la determinación de
la radiactividad ambiental**

CSN



Procedimiento de toma de muestras
de sedimentos para la determinación
de la radiactividad ambiental

Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental

Autores: M. Herranz (Universidad del País Vasco),
coordinadora
J. P. Bolivar Raya (Universidad de Huelva)
E. Liger Pérez (Universidad de Málaga)
J. Payeras Socias (Cedex)
J. L. Pinilla Matos (Enresa)

Colección
Informes Técnicos 11.2007
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental



Colección Informes Técnicos

Referencia Int-04-07

Agradecemos la colaboración de las instituciones y laboratorios citados en este documento, y de las personas que desarrollan en ellos su labor, gracias a las cuales se dispone de los procedimientos elaborados.

© Copyright 2007, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:

Consejo de Seguridad Nuclear

Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid-España

www.csn.es

peticiones@csn.es

Maquetación y fotomecánica: Juan Canal

Impreso por:

I.S.B.N.: 84-95341-41-7

Depósito Legal: M-27852-2007

Índice

1. Prólogo	6
2. Introducción y justificación	7
3. Campo de aplicación	9
4. Sistemática de trabajo	10
4.1. <i>Constitución del grupo de trabajo</i>	10
4.2. <i>Método de trabajo</i>	10
4.3. <i>Bibliografía consultada</i>	10
5. Desarrollo del procedimiento	12
5.1. <i>Definición de objetivos</i>	12
5.2. <i>Definición de terminología</i>	12
5.3. <i>Establecimiento del programa de muestreo</i>	14
5.3.1. <i>Definición de zonas de muestreo</i>	15
5.3.2. <i>Definición de puntos de muestreo</i>	15
5.3.3. <i>Equipamiento</i>	17
5.3.4. <i>Personal involucrado, características de formación</i>	21
5.4. <i>Extracción de la muestra</i>	21
5.5. <i>Remisión al laboratorio e información anexa</i>	23
5.5.1. <i>Información anexa</i>	23
6. Conclusiones	25
7. Rerefencias	26

1. Prólogo

El objeto del presente documento es la descripción del proceso seguido por el Subgrupo de Muestreo para el desarrollo de un procedimiento para la toma de muestras de sedimentos superficiales y/o profundos, con objeto de evaluar su contenido radiactivo.

El Subgrupo de Muestreo es miembro del Grupo de Normas, auspiciado por el CSN y, en el momento de la realización de este procedimiento, está integrado por las siguientes personas:

- Margarita Herranz Soler, Universidad del País Vasco/EHU, coordinadora
- Juan Pedro Bolívar Raya, Universidad de Huelva
- Esperanza Liger Pérez, Universidad de Málaga
- Juan Payeras Socías, Cedex
- José Luis Pinilla Matos, Enresa

El presente documento pretende poner a disposición de los interesados una descripción de los objetivos planteados, los criterios aplicados y las bases científicas que los sustentan, las discusiones generadas en torno a ellos, las dificultades encontradas y las conclusiones que han parecido más correctas y que han conducido a la definición y elaboración de la norma UNE 73320-2: *Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental-Toma de muestras – Parte 2: Sedimentos* (UNE-1, 2004).

Dicho procedimiento normalizado describe de manera detallada los diferentes pasos que se han de seguir para la obtención de una muestra de sedimentos y garantizar, al menos, los siguientes aspectos: la obtención de una muestra de sedimento que cumpla los objetivos de control y/o representatividad para los que fue recolectada y con las características necesarias para los análisis radiológicos que en ella se van a desarrollar, la conservación de estas propiedades hasta el momento en que la muestra se entregue a un laboratorio de análisis y, por último, el suministro de los datos necesarios para la caracterización radiológica de la muestra y la trazabilidad del proceso de muestreo.

2. Introducción y justificación

Los sedimentos de los sistemas acuáticos, tales como lagos, embalses, ríos, marismas y zonas costeras próximas pueden resultar contaminados por cualquiera de las siguientes vías: descargas líquidas directas, deposiciones húmedas o arrastre debido a suelos contaminados. Como resultado de diferentes interacciones físico-químicas (co-precipitación, adsorción, intercambio iónico, etc.), los sedimentos tienden a enriquecerse en los radionucleidos que se transportan en disolución en el medio acuático, por lo que constituyen un excelente registro histórico y medio integrador de la contaminación radiactiva existente en un determinado lugar, con gran importancia en control de la radiactividad en el medio ambiente, y fundamentalmente en el medio acuático.

Los sedimentos se pueden dividir en sedimentos de fondo y sedimentos de orilla; los primeros son aquellos que permanecen siempre cubiertos por las aguas, mientras que los de orilla son los que han estado o pueden haber estado parte del tiempo sin cubrir por ésta. En ambos casos, pero sobre todo en el primero, se trata de muestras no estacionarias e inestables.

Entre las cuestiones fundamentales a resolver en el muestreo de sedimentos están las relacionadas con la elección del punto en que éste se va a realizar: lógicamente se precisa un punto que reúna condiciones de representatividad sin embargo, dado el carácter inestable y estacional del depósito sedimentario, sobre todo en el caso de sedimentos de orilla, esta elección no siempre es sencilla y, en ocasiones, un punto considerado representativo durante un determinado periodo de tiempo, puede dejar de serlo. Para paliar la posible falta de representatividad de una muestra concreta se considera la obtención de una muestra compuesta, siendo tema de discusión el número de submuestras que deben conformarla.

Otras consideraciones afectan al momento en el cual se realiza el muestreo, dado que en función de las estaciones un mismo punto puede presentar diferentes características sedimentarias. También se deberán tener en cuenta las consideraciones respecto al volumen o masa de muestra requerida, a la profundidad y también a la metodología del muestreo, lo que incluye el equipamiento a utilizar.

La toma de decisiones está directamente relacionada con los objetivos del muestreo, con los parámetros que se quiere analizar, el tipo de muestra que se desea obtener, con las características del sedimento, la posible vegetación asociada y las condiciones ambientales, orográficas y de accesibilidad de la zona.

En cuanto a los parámetros que se quieren analizar, se pueden realizar, entre otras, las siguientes consideraciones:

- Si se pretende, por ejemplo, controlar la deposición de determinados radionucleidos procedentes de vertidos líquidos, deposiciones húmedas o procedentes de la incorporación a ellos de componentes del suelo debido a su arrastre por corrientes de agua, habrá que

muestrear, de forma periódica, una capa superficial de sedimento, cuyo espesor se corresponda con el espesor de depósito esperado entre dos muestreos consecutivos.

- Si se pretende realizar el inventario del contenido en el sedimento de un determinado radionucleido habrá que realizar un muestreo en profundidad, recogiendo toda la capa de sedimento.
- Si se quiere realizar un seguimiento de los depósitos correspondientes a un determinado radionucleido habrá que realizar un muestreo por capas, que permitan analizar el perfil de ese isótopo en el sedimento...

La última cuestión es ¿para qué determinamos el contenido radiactivo de un sedimento? La respuesta es más breve: para caracterizar radiológicamente un sedimento; para analizar su evolución temporal y espacial, lo que posibilitará controlar y estimar los posibles vertidos; para disponer de una serie de datos que sirvan como nivel de referencia y que permitan detectar posibles anomalías o incidentes y, en su caso, evaluarlos y hacer predicciones evolutivas y dosimétricas y también, para tener un histórico del contenido radiactivo en el agua sin tener que realizar sobre ésta un muestreo continuo.

El tema es amplio y complejo, por lo que en ocasiones, no resulta sencillo para el personal no estrictamente especializado en la materia, programar y realizar un muestreo con unos objetivos parciales, concretos y bien definidos. Por esto es conveniente el desarrollo de documentos normativos para ayudar a asegurar y controlar la calidad en análisis específicos, que impliquen el muestreo de sedimentos.

Atendiendo a estas cuestiones, es evidente que hay que restringir cuál va a ser el campo de aplicación y también la definición de objetivos.



3. Campo de aplicación

El procedimiento se aplica al muestreo de sedimentos y contempla las actividades a desarrollar desde la definición de los objetivos del muestreo hasta la llegada de la muestra al laboratorio.

En el contexto señalado en el apartado anterior, se pensó en delimitar el campo de aplicación del procedimiento quedando este restringido “al muestreo del sedimento, de orilla o de fondo, estable o en régimen sedimentario, existente en los siguientes sistemas acuáticos: lagos, embalses, ríos, marismas y zonas costeras próximas”.

Lo habitual es restringir este muestreo a la capa superficial, ahora bien si se pretende realizar un histórico de la contaminación radiactiva o realizar una caracterización o inventario en un determinado sedimento puede ser necesario muestrear y medir en capas profundas.

Para el caso de muestreos sólo de la capa superficial, en la posterior discusión ésta se considerará como la correspondiente a los primeros 5 cm. El muestreo a esta profundidad es además el tipo de muestreo encontrado con mayor frecuencia entre los que se realizan en nuestro país.

El procedimiento elaborado abarca desde la definición de los objetivos de muestreo hasta la entrada de la muestra al laboratorio, momento en el que debe de empezar a aplicarse el procedimiento correspondiente a la manipulación y preparación de muestras, aspectos contemplados en otro documento de esta misma serie.

4. Sistemática de trabajo

4.1. Constitución del grupo de trabajo

El grupo de trabajo responsable de la elaboración de este procedimiento está constituido a partir de las aportaciones voluntarias de profesionales con años de experiencia en temas de muestreo, aplicado a la obtención de muestras sobre las que realizar determinaciones radiactivas, bien a través de la participación de sus respectivos laboratorios u organismos en redes o planes de vigilancia radiológica o bien a través de su participación en proyectos industriales y/o de investigación. Se ha hecho especial hincapié en el hecho de que los miembros del grupo constituyan un equipo multidisciplinar, incluyendo profesionales tanto del campo de la investigación y de la docencia, como del industrial.

4.2. Método de trabajo

La sistemática ha sido la habitual de un grupo de trabajo cuyos miembros tienen una amplia dispersión geográfica: reuniones periódicas, contactos telefónicos y a través del correo electrónico. Dado que desde los primeros contactos se atisbaron cuáles podían ser los puntos conflictivos se decidió no realizar un reparto de tareas, antes bien, compartir y analizar entre todos toda la información que se pudiera reunir y toda la experiencia en el tema que se poseyera. Esta sistemática llevó a la elaboración de un primer borrador que alcanzó la versión definitiva del procedimiento después de enriquecerse con los comentarios recibidos gracias a la difusión del citado borrador entre profesionales pertenecientes a entidades directamente involucradas con la protección radiológica y las medidas radiactivas ambientales.

4.3. Bibliografía consultada

La bibliografía consultada referente al tema del muestreo de sedimentos, no es excesivamente amplia, estando en ocasiones incluido este tema dentro del muestreo de suelos o incluso de aguas; las fuentes bibliográficas se pueden agrupar en los siguientes bloques:

- Normas y proyectos de normas tanto nacionales como extranjeras.
- Procedimientos de organismos internacionales de reconocido prestigio.
- Libros.
- Revistas científicas.
- Procedimientos de laboratorios españoles, que permiten conocer la práctica habitual en nuestro país.

No toda la bibliografía consultada aparece reflejada en este documento, tan sólo aquella que se ha juzgado como más interesante o cuyo contenido ha sido determinante a la hora de dilucidar respuestas para puntos específicos del procedimiento. Las referencias que aparecen a lo largo del texto se deben entender como una, a lo sumo dos, de aquellas en las cuales aparecen argumentos que han ayudado en la toma de decisiones.

5. Desarrollo del procedimiento

5.1. Definición de objetivos

Los objetivos que se pretenden cubrir con el desarrollo de este procedimiento son los de poder conocer la distribución espacial de los radionucleidos de interés y analizar su evolución temporal en el sistema acuático. El conocer la distribución de los radionucleidos implica el poder analizar el impacto medioambiental de las descargas de una determinada instalación, así como disponer de datos sobre el fondo radiactivo.

Es necesario señalar que la consecución de estos objetivos con altas cotas de calidad entraña fuertes dificultades, por una parte, el obtener una muestra representativa de una determinada zona se va a ver claramente dificultado por los siguientes hechos:

- Es difícil delimitar zonas sedimentarias con características comunes, sobre todo cuando se trata de sedimentos de fondo.
- Los sedimentos no tienen una estabilidad espacial que permita asegurar las características de un determinado punto.
- El hecho de muestrear perturba fuertemente el punto de muestreo, muestras posteriores nunca podrán reproducir exactamente las mismas condiciones de muestreo.

Y, por otra parte, realizar el seguimiento temporal obliga a considerar la siguiente característica:

- Los sedimentos no tienen una estabilidad temporal a medio-largo plazo que permita asegurar las características de un punto para realizar en él un muestreo con el objetivo de analizar a través de él la evolución temporal del sistema.

5.2. Definición de terminología

Utilizar una terminología adecuada y homogénea a lo largo de todo el proceso de discusión y desarrollo de un procedimiento se revela como condición indispensable para llevar éste a buen término. La definición de los términos de aplicación general no origina controversias apreciables, sin embargo, a medida que se reduce el campo de aplicación de la terminología, su definición se vuelve más dificultosa.

La primera cuestión a dilucidar es lo que vamos a entender por *sedimentos*. La definición habitual considera que se trata de: “Materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.” Sin embargo, a efectos de interpretación de los datos a obtener, los sedimentos se van a clasificar en sedimentos de fondo (aquellos que podemos garantizar que permanecen todo el tiempo cubiertos por el agua), y sedimentos de orilla (aquellos que pueden estar o haber estado parte del tiempo sin cubrir por el agua).

La definición de *área de estudio* indica claramente que ésta es la región geográfica que se delimita para realizar en ella un determinado programa de muestreo, al margen de los objetivos concretos que en éste se contemplan.

La siguiente cuestión es dividir esa área en zonas, llamadas *zonas de muestreo*, considerando a cada una de ellas como un espacio geográfico que presenta un conjunto de características, definidas en función de su entorno terrestre y acuático, homogéneas en toda la zona de muestreo, y de donde se extraerá una o más muestras en función de cuáles sean esas características y de los objetivos del muestreo. Lógicamente en un área se pueden definir una o más zonas.

El *punto de muestreo* es el lugar elegido en la zona para extraer una muestra, que en este caso se tratará de una muestra compuesta, sobre la que realizar los análisis radiactivos concretos. Sus características fundamentales son: que debe ser representativo de la zona de muestreo —aunque en ocasiones para tener analizada una zona es necesario definir en ella más de un punto de muestreo en función de los objetivos concretos de éste y de las características del terreno— y que reúna las condiciones adecuadas para poder extraer una muestra de las características requeridas.

Los puntos de muestreo vendrán definidos por sus coordenadas y su profundidad. Otros sistemas de localización del punto de tipo visual, como pueden ser las referencias tomadas con árboles, casas, son desechados por la posible variación de estos a lo largo del tiempo, lo que los inhabilita como referencias para muestreos tendentes a realizar un control sobre la evolución temporal del contenido radiactivo.

La definición de *muestra* es uno de los puntos que genera mayores controversias, en principio la discusión que se motivó en el caso del muestreo de suelos, y que aparece reflejada en el documento 1 de esta misma serie (Herranz y otros, 2003), sería de aplicación para el caso de los sedimentos, lo que conduciría a la obtención de una muestra sobre la que realizar los análisis, obtenida a partir de la mezcla y homogeneización de un determinado número de submuestras, extraídas de una superficie definida y controlada que debe oscilar entre 1 y 10 m² y que para el caso de los suelos elegimos de 4 m².

Con respecto a la profundidad del muestreo, para el caso del muestreo superficial se intentará que la muestra se corresponda con la capa de sedimento extraída a no más de 5 cm, compatible con la muestra requerida y procurando la reproducibilidad del impacto en el último año si se trata de un muestreo sistemático.

Ahora bien, el muestreo de sedimentos se diferencia del de suelos en dos características concretas: en primer lugar, si la toma va a realizarse en sedimentos de fondo, siempre cubiertos por las aguas, tanto si se realiza con una aproximación al punto vadeando como si se realiza desde una embarcación, es muy difícil que se pueda definir y controlar una superficie de sedimento sobre la que realizar las extracciones. Por otra parte, durante el proceso de extracción, se realice con el instrumento que se realice, pero sobretodo si se hace con “recogedor”, se perturba la superficie del sedimento de forma no controlable, pero en muchos casos no despreciable.

Atendiendo a la documentación analizada y a la experiencia del equipo en este tipo de muestreos se opta por recomendar la toma de muestras compuestas por, al menos, cuatro *submuestras* tomadas todas ellas de forma aleatoria en el entorno del punto de muestreo y con las debidas precauciones para minimizar la perturbación de cada extracción sobre la siguiente. Dichas submuestras, en cantidades similares, se juntarán, mezclarán y homogeneizarán, extrayéndose la cantidad requerida para los análisis y desechándose el resto.

Si la cantidad total requerida de muestra —y que se definirá en función de los análisis a realizar y los límites de detección que se deban alcanzar— es tal que no se alcanza con la cantidad resultante de la suma de las cuatro submuestras suministradas por el instrumento de muestreo, el número de cuatro submuestras se ampliará hasta alcanzar la cantidad de muestra requerida.

El *instrumento de muestreo*, o muestreador, será el instrumento utilizado para la extracción de las submuestras/muestras.

5.3. Establecimiento del programa de muestreo

Entre todos los objetivos que se proponen en el procedimiento, aquel que impone las condiciones más restrictivas sobre las características del punto de muestreo es el de realizar un seguimiento temporal sistemático del contenido radiactivo en un determinado punto perteneciente a una zona geográfica.

Antes de proceder a la realización del muestreo, es necesario tener establecido un programa de muestreo no sólo como guía para su realización sino también como marco necesario donde se deben plasmar las decisiones que es necesario adoptar para alcanzar los objetivos para los cuales el muestreo se desarrolla.

Aunque no es objeto de este procedimiento indicar cómo debe desarrollarse un programa de muestreo de sedimentos, si que es necesario señalar que se deberá partir, al menos, de los siguientes conocimientos:

1. Objetivos del muestreo, análisis radiactivos que se quieren realizar, precisión requerida y límites de detección a alcanzar.
2. Análisis de las características del área que se pretende estudiar, atendiendo al tipo de sistema acuático, afluentes, usos del sistema o de su entorno (orillas), posibles fuentes de contaminación radiactiva (industrias, poblaciones), características geoquímicas y radiológicas de los terrenos, tráfico marítimo o fluvial, etc.
3. Características del sistema acuático objeto de estudio: posibles corrientes y mareas, avenidas, caudales medios, estiajes, etc.

Con objeto de que el programa de muestreo pueda contener al menos la siguiente información:

5.3.1. Definición de zonas de muestreo

Una vez definida y caracterizada el área objeto de estudio, se procederá, en caso de estimarse conveniente a la definición de zonas de muestreo, atendiendo a las características anteriormente citadas de existencia de afluentes, usos del sistema o de su entorno (orillas), posibles fuentes de contaminación radiactiva (industrias, poblaciones), características geoquímicas y radiológicas de los terrenos, puntos de tráfico marítimo o fluvial, etc., de manera que en cada zona se procederá a la extracción de al menos una muestra.

5.3.2. Definición de puntos de muestreo

5.3.2.1. Número de puntos en cada zona

Después de la división del área en zonas de muestreo, es necesario determinar en cuántos puntos se va a realizar el proceso de extracción de muestra. Esta cuestión dependerá fuertemente del tipo de sistema acuático de que se trate y también de los objetivos del programa. De forma general se puede establecer que:

- a) Si se trata de *analizar el impacto medioambiental* de las descargas líquidas procedentes de una determinada instalación, se pueden dar dos situaciones en función de cuál sea el tipo de sistema acuático:
 - Si el sistema acuático es un lago (natural o artificial), pantano o el mar, habrá que muestrear al menos en un punto que deberá estar situado cerca del lugar donde se produzca la descarga, pero alejado de las turbulencias producidas por aquella; si las orillas son utilizadas para actividades recreativas, se deberá también muestrear los sedimentos de los puntos donde éstas se desarrollen.
 - Si el sistema acuático es un río, se tendrá que muestrear en al menos tres puntos. Uno aguas arriba de la descarga para que sirva como punto de control, otro en las inmediaciones de la descarga pero fuera de las turbulencias creadas por ella y un tercero aguas abajo para analizar el impacto.

Consideración aparte merece el hecho de si el impacto procede de descargas gaseosas procedentes de una instalación. En este caso, para una determinada zona se deberán elegir tantos puntos como se considere necesario, de forma que se tengan controladas las áreas donde se espera que la deposición sea máxima en función de la dirección del viento, de la vegetación y orografía de la zona y del tipo de emisiones y, por las características del sistema acuático mayor vaya a ser la sedimentación.

- b) Si se trata de *realizar un seguimiento sistemático* una vez definida la zona habrá que seleccionar un determinado número de puntos, en función del tamaño de ésta, del tipo de sistema acuático y de la mayor o menor estabilidad de las características físico-químicas e hidrológicas. Lo que es importante es que los puntos se elijan de manera que se pueda suponer que estas características permanecen estables de forma que el seguimiento de su contenido radiactivo pueda considerarse representativo.

5.3.2.2. Características generales de los puntos de muestreo

Obviamente se puede muestrear en cualquier punto en el que se precise o se desee conocer su contenido radiológico. Pero una vez determinado el número de puntos en cada zona, es importante seleccionarlos de forma que posean las características adecuadas para que se puedan cumplir los objetivos para los cuales la toma de muestras ha sido prevista; por lo tanto éstas deberán ser definidas para cada programa de muestreo concreto. Ahora bien, es preciso que los puntos cumplan unos requisitos mínimos comunes a todos ellos y que contribuyan a minimizar la variabilidad espacial y temporal de su contenido radiactivo. Dichas características deben ser como mínimo:

1. Los puntos previstos para realizar la toma de muestras deberán estar siempre cubiertos por el agua o al menos se deberá poder asegurar que la mayor parte del tiempo permanecen o han permanecido cubiertos por el agua, esto es, han estado en interacción máxima con ella.
2. Las concentraciones de actividad en la capa de agua que cubre los puntos de muestreo previstos no deberá variar fuertemente en pequeñas distancias, en el caso de los ríos, esta propiedad se deberá de poder garantizar tanto a lo largo como a lo ancho de la capa de agua.

Para poder cumplir con este requisito, y en función de cómo sea el sistema acuático objeto del muestreo, se deberán adoptar las siguientes precauciones:

- Si el sistema es un río, la toma de muestra se deberá realizar, y por lo tanto el punto de muestreo deberá estar localizado, aguas abajo de vertidos, turbulencias, meandros, etc., y aguas arriba de confluencias e influencias de mareas y buscando siempre zonas en las cuales la composición de los sedimentos se prevea uniforme.
 - Si el sistema es el mar, un lago o un embalse, la toma de muestras se deberá realizar, y por lo tanto el punto de muestreo deberá estar localizado, en puntos alejados (en su caso) de corrientes principales o afluencias.
3. Los puntos previstos para realizar la toma de muestras deberán ser tales que en ellos se prevea una acumulación de radionucleidos máxima. Este hecho se suele garantizar si se muestrea en puntos donde los sedimentos sean de textura fina ya que como el enriquecimiento del material particulado que forma el sedimento se produce a través de la superficie del grano, al disminuir el tamaño de éste aumenta la relación superficie/volumen y por tanto la concentración de actividad del respectivo radionucleido. Además, esta garantía se maximiza si el muestreo se realiza, dependiendo del sistema acuático de que se trate, en las siguientes condiciones:
 - Si el sistema es un río, el punto deberá estar situado aguas abajo, pero cerca de los vertidos, y ubicados en lugares por donde el agua circule lentamente, esto será así si la toma de muestra se localiza cerca de las orillas o en las caras internas de las curvas y alejado de obstáculos y presas.

- Si el sistema es el mar, un lago o un embalse, el punto deberá estar situado cerca de los vertidos, si los hubiera, pero en puntos alejados de su zona de turbulencia para evitar la perturbación que ésta produce en los sedimentos. En caso de embalses situados aguas abajo de un vertido, se tomará una muestra en la cola del embalse más próximo al punto de vertido.
4. Por otra parte, si en la zona de muestreo definida hay localizaciones en las cuales se mezclan aguas de diferentes procedencias y que presumiblemente van a tener también diferentes propiedades físico químicas, se deberá ubicar un punto de muestreo en cada una de esas localizaciones.
 5. Si la zona de muestreo incluye puntos donde se muestrea agua, es conveniente también recolectar en ellos sedimentos.

Por otra parte, si el muestreo va a ser sistemático, es importante que se pueda muestrear siempre en los mismos puntos, con objeto de poder analizar la variación del contenido radiactivo, para ello es importante que el punto sea de fácil acceso, que esté garantizado a lo largo de las estaciones, y que no se vea perturbado por actividades humanas, como por ejemplo el tráfico fluvial.

5.3.2.2. Frecuencia y secuencia temporal

La frecuencia del muestreo dependerá tanto de los objetivos del programa de muestreo como de las características de la zona a muestrear, fundamentalmente de la tasa de sedimentación, dato que habitualmente suele ser desconocido.

Como recomendación (media), se puede estimar que una frecuencia anual es en los casos más habituales suficiente, ya que es el plazo temporal medio necesario para que se alcance una nueva capa de sedimentos que se pueda muestrear.

Si el muestreo se realiza en ríos, el momento del muestreo no deberá coincidir con ciclos extremos naturales (avenidas, lluvias torrenciales, heladas, etc.), ya que durante estos ciclos se pueden perturbar las características del sedimento, por lo que la muestra obtenida dejaría de ser representativa.

En cualquier caso, tanto se trate de lagos como de ríos, si el muestreo es de tipo sistemático, deberá realizarse al menos todos los años y en las mismas fechas, salvo excepciones.

5.3.3. Equipamiento

El equipamiento necesario para realizar un muestreo de sedimentos, incluye el instrumental propio de esta tarea, como son los recipientes para almacenar las muestras, los registros y etiquetas, material de limpieza, métodos de localización del punto, en ocasiones balanza, etc. Sin embargo el componente más específico es el instrumento de extracción del sedimento.



Figura 1. Trampa de sedimentos

5.3.3.1. Tipos de muestreadores

Existe una amplia variedad de instrumentos de muestreo de sedimentos, tanto comerciales como de elaboración propia. Algunos de ellos son de utilización manual y otros están total o parcialmente automatizados, el uso de unos u otros viene definido en función de la profundidad del agua donde se va a realizar el muestreo y también del espesor de capa de sedimento que se quiera recolectar y de la cantidad que se precise para realizar las determinaciones. Dado que este procedimiento se refiere al muestreo de la capa superficial de sedimentos, los instrumentos necesarios se encuentran entre los más sencillos del mercado, sobre todo si además los sedimentos son de orilla: (ISO-2, 1995).

En este documento se presentan las características más someras de los dos tipos de instrumentos de muestreo más ampliamente utilizados, como son los de tipo “recogedor” y los de tipo “cilindro”. Cada uno de ellos, a la hora de diseñarlo o comprarlo, se puede obtener con toda una serie de complementos o modificaciones adecuados a las necesidades de cada muestreo, que completan y amplían las características aquí presentadas.

1. Instrumentos tipo “recogedor”: son los más sencillos, entre ellos están las palas de sedimentos y las dragas.

Las palas siempre son de utilización manual, mientras que las dragas pueden ser manuales o de accionamiento dirigido.

Las primeras se utilizan para el muestreo de sedimentos de orilla o con muy poco espesor de capa de agua por encima, las segundas se utilizan normalmente para muestreos de sedimentos de fondo, sobre todo las de accionamiento dirigido.

Las ventajas que presenta el muestreo realizado con este tipo de instrumentos están relacionadas con la posibilidad de obtener fácilmente grandes cantidades de muestra y además, sobre todo sus versiones manuales, ser de muy fácil manejo.

Sin embargo, las muestras recogidas con este tipo de instrumentos se caracterizan por estar perturbadas y por no tener bien definida lo que es la profundidad de muestreo, con lo cual

no son aptas para realizar, por ejemplo, análisis de perfiles. Por otra parte, si el sedimento tiene grandes proporciones de arcilla, la draga suele tener problemas de penetración.

En cualquiera de sus versiones, cuando se muestrea, hay que adoptar precauciones para evitar las pérdidas de sedimento correspondientes a la capa más superficial y a los componentes más finos.

2. Cilindros.

También pueden ser manuales o de accionamiento dirigido, utilizándose los segundos preferentemente para muestreos a mayor profundidad.

Las ventajas que presenta el muestreo realizado con este tipo de instrumentos están relacionadas con la posibilidad de obtener muestras “no perturbadas”, lo que permite realizar análisis de perfiles radiactivos de los sedimentos así obtenidos y, adoptando las debidas precauciones, el análisis de las deposiciones más recientes.

Sin embargo, al contrario que en los instrumentos tipo recogedor, y dado que el diámetro del cilindro está limitado aproximadamente a 10 cm, salvo en los instrumentos muy sofisticados, también lo va a estar la cantidad de muestra que se puede recoger con una sola extracción. Por lo tanto, grandes volúmenes de muestra sólo se pueden obtener si se realizan repetidas extracciones en el entorno de la primera de ellas, sin embargo, esto no es demasiado recomendable salvo que se pueda asegurar que el procedimiento de extracción no altera las condiciones de los sedimentos de su entorno, lo que no siempre es fácil sobre todo en muestreos realizados a una cierta profundidad.

Otro inconveniente relacionado con este instrumento de muestreo está relacionado con las características del punto de muestreo, si el sedimento contiene muchas piedras puede ser difícil llevar la extracción a buen término.

En cualquier caso, es necesario que el sistema permita la evaluación de la compactación, la cual se realizará sin más midiendo la distancia entre el cero (considerado éste como la superficie exterior al “core”) y la altura a la que queda el cilindro recolectado.

5.3.3.2. Elección del muestreador

La elección del muestreador entre los tipos arriba presentados, así como sus características como si debe ser manual o dirigido, su tamaño y el grado de sofisticación en su manipulación, van a depender fundamentalmente del tipo de sedimento a muestrear, de las condiciones climatológicas, hidrográficas y de navegación de la zona (sobre todo en casos de muestreo en profundidad) y de los objetivos del muestreo.

1. Atendiendo al tipo de sedimento, y de forma general, los instrumentos de muestreo recomendados (ISO-1, 1995) aparecen reflejados en la siguiente tabla:

Tipo de sedimento	Instrumento de muestreo
Arena fina	Pueden usarse tanto “cilindros” como dragas y palas
Arcilla + limo	Deben usarse “cilindros”, puesto que las dragas pueden tener problemas de penetración



Figura 2. Extracción con muestreador tipo “draga”



Figura 3. Extracción con muestreador tipo “cilindro”

- En cuanto a las condiciones climatológicas, hidrográficas y de navegación de la zona, no se puede hacer una recomendación de tipo general, sino que habrá de analizarse la situación caso a caso.
- Los objetivos del muestreo son los que van a definir por una parte, los análisis a realizar así como los LID a alcanzar y, por lo tanto, la cantidad de muestra que se precisa, por otra parte, van a señalar si se precisa, por ejemplo, una muestra de un determinado espesor controlado, si puede estar perturbada o no, en función de si se quiere hacer una análisis de perfil, etc.

En función de ello se tendrá que elegir el muestreador. Por ejemplo, si se necesitan grandes cantidades de muestra, lo mejor es un tipo recogedor, si se quieren analizar perfiles, un cilindro.



Figura 4. Muestra “perturbada” obtenida con muestreador tipo “cuchara”

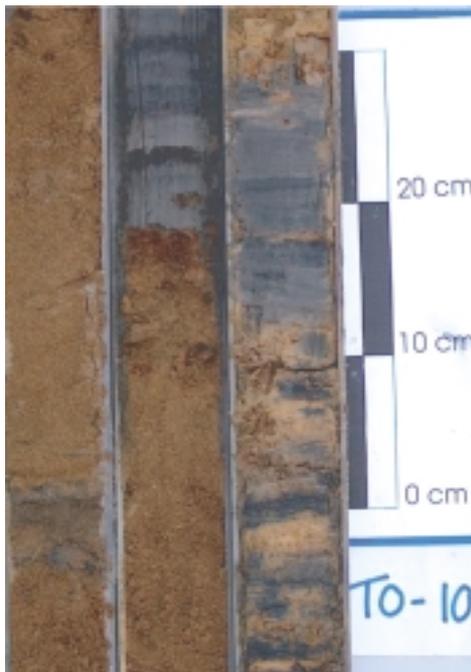


Figura 5. Muestra “no perturbada” obtenida con muestreador tipo “cilindro”

Es recomendable que, en el caso de elegir un instrumento de muestreo tipo “recogedor”, estas muestras se completen cada cierto número de años con muestras tipo “cilindro”.

5.3.4. Personal involucrado, características de formación

A pesar de ser un tema controvertido, se considera que el programa de muestreo debe incluir qué personal (o empresa) va a ser el encargado de la toma de muestras y también que formación mínima va a tener, ello no implica el que esta formación deba ser más que el conocimiento del procedimiento, pero ciertamente deberá figurar en algún documento que esto es así.

5.4. Extracción de la muestra

Una vez definidas las características de las muestras a obtener y el instrumento de muestreo a utilizar, la extracción de las submuestras deberán realizarse con los siguientes criterios:

1. Los recipientes a utilizar deberán estar convenientemente limpios y etiquetados, asimismo, el instrumento de muestreo también deberá limpiarse para evitar la contaminación cruzada.

El recipiente donde se almacenarán los sedimentos para su remisión al laboratorio será, o bien una bolsa de plástico resistente o bien un recipiente de boca ancha; en cualquier caso, éste debe quedar bien cerrado y precintado, para minimizar las pérdidas de humedad y las posibles manipulaciones durante el transporte al laboratorio.

2. Si al punto de muestreo se va a acceder vadeando, esta aproximación deberá hacerse contra corriente para evitar la perturbación de los sedimentos que se van a muestrear.

3. El muestreador deberá manejarse siguiendo siempre las instrucciones que el fabricante proporciona para su uso. Además:
 - Deberá asegurarse de que se recoge la muestra de la profundidad requerida.
 - Si el instrumento es de tipo “cilindro”, deberá asegurarse de que la penetración en el sedimento se realiza de forma perpendicular.
 - Si el instrumento es de tipo “recogedor”, deberá asegurarse de que el contacto con el sedimento se realiza suavemente para minimizar las posibles perturbaciones.
 - En el momento de la extracción y si el instrumento es una draga, hay que asegurarse de que entre sus mandíbulas no haya quedado retenido ningún objeto que haya dificultado su perfecto cierre y posibilitado la pérdida de la parte fina del sedimento; de ser éste el caso, habrá que repetir el muestreo.
 - Repetir la penetración y extracción tantas veces como sea necesario hasta alcanzar la cantidad de muestra requerida y un mínimo de cuatro veces.



Figura 6. Extracción con muestreador tipo “draga”

Se recogerá el sedimento del interior del instrumento de muestreo, depositándolo en los recipientes ya preparados.

Desde este momento, la discusión se centra en la conveniencia o no de preparar las muestras *in situ* antes de su remisión al laboratorio. La preparación *in situ* tiene la ventaja de que la cantidad de muestra que es necesario trasladar al laboratorio es ya la que se precisa, por lo tanto, menor que la recolectada. Además, el preparar la muestra en el momento de la recolección posibilita el que ciertas características no tengan tiempo ni ocasión de verse alteradas, por ejemplo, el contenido en agua, el pH, etc.

Ahora bien, en ocasiones las ventajas que se obtienen con la preparación *in situ* se ven compensadas por algunos inconvenientes, relacionados generalmente con las peores condiciones en que el trabajo va a desarrollarse y también con la menor calidad del instrumental que se va a

utilizar cuando la preparación se realiza en el punto de muestreo (por ejemplo, balanzas). Además, en ocasiones la preparación *in situ* resulta prácticamente imposible, como cuando se tiene que cortar en secciones un cilindro de sedimento.

Esta situación lleva a la imposibilidad de recomendar un modo de actuación, referente a la preparación de muestras, que sea válido para cualquier situación y circunstancia. Por lo tanto la recomendación es que en el programa de muestreo, y atendiendo a los objetivos de éste, a los criterios de calidad y precisión a alcanzar y también a las condiciones del lugar donde esté ubicado el punto de muestreo, se deberá definir si la muestra se debe preparar *in situ* o en el laboratorio.

Por lo tanto, los dos posibles caminos a seguir son:

1. Preparación en laboratorio: en este caso, se depositará cada submuestra en un contenedor diferente, debidamente etiquetado, que se cerrará herméticamente remitiéndose todos ellos al laboratorio.

Si el objetivo del muestreo contempla el estudio de los diferentes perfiles es mejor remitir al laboratorio todos los “cilindros” para que allí se proceda a su “corte” y posterior preparación. Si los sedimentos tuviesen un alto contenido en agua, esto posibilitaría su congelación previa a su corte.

2. Preparación *in situ*: en este caso, se depositará el sedimento procedente de cada submuestra en un contenedor adecuado, donde se procederá a la extracción de piedras, palos, animales muertos, etc., y se mezclará a continuación con una espátula para garantizar la homogeneidad de la submuestra. A continuación, se tomará una alícuota de cada submuestra para obtener la muestra compuesta. Se pesa el sedimento y se remite al laboratorio, donde habitualmente se realizará el proceso de homogeneización final.

5.5. Remisión al laboratorio e información anexa

La cuestión fundamental que aplica al transporte de las muestras al laboratorio, es el hecho de que el transporte no altere las características de las muestras. Para ello es necesario que se reúnan dos condiciones, la primera es que el traslado de la muestra al laboratorio deberá realizarse con el sedimento introducido en un recipiente bien cerrado para evitar la pérdida de humedad y las posibles manipulaciones y el traslado de las muestras al laboratorio se realizará en el menor tiempo posible.

5.5.1. Información anexa

Dada su importancia, es necesario considerar el registro de la información referente a un muestreo concreto como contenido fundamental del procedimiento. Las ideas básicas que se deben respetar son las siguientes:

- a) El recipiente que contiene la muestra debe de ir etiquetado. En dicha etiqueta deberá figurar, al menos, la siguiente información: una identificación unívoca para la muestra, el

destinatario y también su dirección postal, con objeto de minimizar el impacto subsiguiente a la posibilidad de que la muestra se extravíe, y, por último, aparecerá la entidad responsable de la toma de muestra y la fecha de realización.

- b) Por otra parte, se deberá cumplimentar otro registro con la información adicional del muestreo, que debe acompañar a la muestra al laboratorio y que deberá contener todos los datos referentes a la muestra, al punto y periodo de muestreo y al procedimiento y entidad realizadora de éste. Así como los datos referentes a la muestra en sí y cualquier tipo de observación necesaria y que pueda contribuir tanto a la obtención de la concentración de actividad como a la interpretación de los resultados que se obtengan. Por último, aparecerá la entidad responsable de la toma de muestra y la fecha de realización. De este registro conservará copia la entidad responsable del muestreo.

Hay que entender que éstas son contenidos que se han considerado como mínimos, cada entidad realizadora de muestreo deberá adecuar los registros a sus necesidades.

6. Conclusiones

Como resultado del análisis realizado para el muestreo de los sedimentos presentes en el aire ambiente, con el objetivo señalado de “conocer el fondo radiológico, poner de manifiesto posibles impactos mediante el análisis de su evolución, poder realizar el seguimiento de su calidad en un punto determinado y, en la medida de lo posible, realizar comparaciones entre diferentes puntos o estaciones de muestreo”, se ha elaborado la norma UNE 73320-2, titulada *Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental. Toma de muestras. Parte 2: Sedimentos*. (UNE-1, 2004), donde aparecen sintetizadas las conclusiones presentadas en este informe.

7. Referencias

- Herranz, M.; Jiménez, R.; Navarro, E.; Payeras, J., y Pinilla, J. L.: *Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad en suelos: capa superficial*. Colección Informes Técnicos 11.2003, procedimiento 1.1, Consejo de Seguridad Nuclear, 2003.
- HASL-300. *The Procedures Manual of the Environmental Measurements Laboratory*. U.S. Department of Energy. 28th Edition, 1997.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). *Measurement of Radionuclides in Food and the Environment*. Technical Report Series N° 295. Viena, 1989.
- UNE-1: UNE 73320-2, 2004: *Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental. Toma de muestras. Parte 2: Sedimentos*. Norma.
- NUREG-1576, EPA 402-B-04-001A, NTIS PB2004-105421: *Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual (MARLAP)*. July 2004.
- ISO-1: ISO 5667-12:1995: *Water quality — Sampling — Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments*.
- ISO-2: ISO 5667-19:2004: *Water quality — Sampling — Part 19: Guidance on sampling of marine sediments*.