

Procedimiento de muestreo y preparación de muestras para la determinación de la radiactividad en aguas

CSN



Colección
Informes Técnicos 11.2009
Serie
Vigilancia Radiológica
Ambiental
Procedimiento 1.15
(Rev.1, 2025)

Procedimiento de muestreo y preparación de muestras para la determinación de la radiactividad en aguas

Autores: Margarita Herranz (coordinadora)
David Blázquez
Pablo Belinchón
Raquel Idoeta
María José de Lucas
Cristina Navas

Colección
Informes Técnicos 11. 2009
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental
Procedimiento 1.15 (Revisión 1, 2025)



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 2024, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:
Servicio de Publicaciones
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 Madrid. España
www.csn.es
peticiones@csn.es

Maquetación: Composiciones Rali, S.A.
I.S.B.N.: 84-95341-41-7
Depósito legal: M-4103-2010

Índice

1. Prólogo	5
2. Introducción y justificación	8
3. Sistemática de trabajo	10
4. Objetivos y campo de aplicación	11
5. Definiciones y terminología	13
5.1. <i>Área de estudio</i>	13
5.2. <i>Zona de muestreo</i>	13
5.3. <i>Punto de muestreo</i>	13
5.4. <i>Muestra</i>	13
5.5. <i>Equipo de toma de muestras</i>	14
5.6. <i>Área o punto testigo</i>	14
5.7. <i>Acuífero</i>	14
6. Programa de muestreo	15
6.1. <i>Sobre el establecimiento de los programas de muestreo</i>	15
6.1.1. <i>Definición de objetivos</i>	15
6.1.2. <i>Aspectos de seguridad</i>	16
6.1.3. <i>Consideraciones relativas al muestreo</i>	17
6.1.4. <i>Consideraciones sobre algunos tipos de muestras</i>	17
6.2. <i>Sobre las muestras</i>	20
6.2.1. <i>Muestra individual</i>	21
6.2.2. <i>Muestras compuestas</i>	21
6.3. <i>Sobre los tipos de toma de muestras</i>	21
6.3.1. <i>Toma de muestras periódica (discontinuo)</i>	22
6.3.2. <i>Toma de muestras continua</i>	22
6.3.3. <i>Toma de muestras en serie</i>	22
6.4. <i>Sobre la conservación de las muestras</i>	22
6.4.1. <i>Métodos de conservación</i>	23
6.4.2. <i>Plazos para la conservación</i>	23
6.5. <i>Sobre la manipulación de las muestras</i>	26
6.5.1. <i>Toma de alícuotas</i>	26
6.5.2. <i>Acumulación de muestras</i>	28
6.6. <i>Sobre los materiales</i>	28
6.7. <i>Personal involucrado, características de formación</i>	29

7. Procedimiento operativo de la toma de muestras	30
7.1. <i>Material de toma de muestras</i>	30
7.1.1. <i>Equipos</i>	30
7.1.2. <i>Recipientes para muestras</i>	34
7.2. <i>Técnicas de toma de muestras</i>	34
7.2.1. <i>Consideraciones generales</i>	34
7.2.2. <i>Consideraciones específicas</i>	35
7.3. <i>Registro de la toma de muestras</i>	37
8. Control de calidad del muestreo	39
9. Procedimiento operativo para la conservación/manipulación de las muestras	41
9.1. <i>Consideraciones generales</i>	41
9.2. <i>Equipos y materiales</i>	41
9.3. <i>Procedimiento operativo</i>	42
9.3.1. <i>Estabilización y filtración de muestras “in situ”</i>	42
9.3.2. <i>Conservación en el laboratorio, o en el almacén temporal, de muestras de agua ya estabilizadas y filtradas (en su caso)</i>	42
9.3.3. <i>Estabilización en el laboratorio, o en el almacén temporal, de muestras de agua sin pretratar</i>	43
9.3.4. <i>Sobre la acumulación de muestras</i>	43
9.4. <i>Registro de la conservación/manipulación de muestras</i>	44
10. Procedimiento operativo para la recepción de la muestra en el laboratorio	45
10.1. <i>En la base de datos de muestras recepcionadas</i>	46
10.2. <i>Acompañando a la muestra durante su preparación</i>	46
11. Bibliografía	48
Anexo 1 – Ejemplo de etiqueta de muestra	50
Anexo 2 – Ejemplo de hoja de recogida de datos	51

1. Prólogo

El proceso de toma de muestras es la pieza angular del programa de muestreo. Este programa de muestreo no solo debe de garantizar que el momento y lugar en que una muestra se toma es el adecuado para que los objetivos de dicho programa se cumplan, sino que también debe de proporcionar las características que esta muestra debe de tener. Sin embargo, los objetivos de este programa no se cumplirían si la muestra no se tomara de manera correcta y eficaz, pero también reproducible y sistemática.

Plenamente consciente de ello, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) decidió en su momento la conveniencia de impulsar el desarrollo de procedimientos de muestreo, para después elevarlos a normas UNE y, así, contribuir también a elevar la capacidad de interacción de nuestro país a nivel de la normalización europea e internacional. Esta iniciativa fue el origen de la publicación del CSN, INT-04.07 Vigilancia radiológica ambiental que, en diferentes documentos, desarrollaba los siguientes procedimientos:

- 1.1. Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad en suelos: capa superficial.
- 1.7. Procedimiento de toma de muestras de aerosoles y radioyodos para la determinación de la radiactividad.
- 1.10. Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental.
- 1.12. Procedimiento de toma de muestras de la deposición total para la determinación de la radiactividad.
- 1.14. Procedimiento de toma de muestras de vapor de agua para la determinación de tritio.
- 1.15. Procedimiento para el muestreo, recepción y conservación de muestras de agua para la determinación de la radiactividad ambiental.

así como de las normas UNE: UNE 73320-3: Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental. Toma de muestras. Parte 3: Aerosoles y radioyodos. UNE 73311-1: Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad ambiental. Parte 1: Suelos, capa superficial. UNE 73320-2: Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental. Toma de muestras. Parte 2: Sedimentos.

Todos estos documentos fueron publicados entre los años 2002 y 2009 y fueron realizados por un Grupo de Trabajo que coordinó Margarita Herranz, de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), y que estuvo formado en sus diferentes temas por: R. Jiménez (U. Autónoma de Madrid), E. Navarro Anglés, (U. de Valencia, J. P. Bolívar Raya (U. de Huelva), E. Liger Pérez (U. de Málaga), J. Payeras Socías (Cedex) y J. L. Pinilla Matos (ENRESA). El procedimiento 1.15 fue realizado en colaboración con el Grupo de trabajo sobre preparación de muestras que coordinó Antonio Baeza (UEx) y estuvo formado por A. Alonso (Geocisa), M. C. Heras y M. Pozuelo (Ciemat) y R. García-Tenorio (U. de Sevilla).

No se puede considerar que la ciencia/tecnología asociada a estos procedimientos haya cambiado sustancialmente en los años transcurridos desde entonces, pero sí se ha incrementado el interés en estos temas y también el reconocimiento de su capital importancia para el correcto desarrollo de los Planes de Vigilancia radiológica en sus diferentes contextos, tanto los asociados al entorno de las instalaciones nucleares en fase preoperacional, operacional y en desmantelamiento como los puramente ambientales y, de manera paralela, se ha ido incrementando la experiencia de los organismos que realizan muestreos para la determinación de la radiactividad en nuestro país, en la aplicación de estos procedimientos. Todo ello, unido al hecho de que las normas se revisan de manera rutinaria cada cinco años, ha llevado a que el CSN haya considerado necesario abordar una revisión y actualización de dichos procedimientos de muestreo.

Para ello el CSN ha contado esta vez con un nuevo Grupo de Trabajo que, de nuevo coordinado por Margarita Herranz, de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), para dar continuidad a la filosofía que inspiró los documentos originales, ha estado esta vez formado por María José de Lucas (Medidas Ambientales S.L.), Cristina Navas (DRACE-Geocisa), David Blázquez (ENUSA), Pablo Belinchón (ENRESA) y Raquel Idoeta (UPV/EHU) para este documento. Este Grupo se ha considerado que reúne las necesarias características de experiencia profesional, capacidad e independencia para abordar esta tarea.

La revisión de estos procedimientos se ha desarrollado partiendo del texto original y teniendo en cuenta la normativa de rango nacional, europeo e internacional aparecida y/o revisada en los años que median entre los documentos originales y estas revisiones, así como los retornos de los usuarios de estos documentos y la propia experiencia profesional de los miembros del Grupo de Trabajo.

En el presente documento se describen, de entre los objetivos establecidos, los criterios aplicados, los procesos seguidos y los contenidos existentes en distintas partes de la norma UNE-EN ISO 5667 relativa a la Calidad del agua; aquellos que deben llevarse a cabo cuando el objetivo es la determinación de la radiactividad ambiental en muestras de agua. Concretamente, se especifican las acciones que deben ejecutarse para el correcto muestreo, traslado y recepción en el laboratorio de este tipo de muestras, así como para su registro y conservación, previa a la eventual separación radioquímica y en todo caso, previa a la medida de su contenido radiactivo. Además, el presente documento incluye aspectos relativos al aseguramiento de la calidad y el control de la calidad en el muestreo y manipulación de muestras

ambientales de agua conforme a lo establecido en la parte 14 de la citada norma, ya que no se debe olvidar que los errores provocados por un muestreo no pueden corregirse.

Con la utilización de este procedimiento, se debe poder garantizar al menos los siguientes aspectos:

Referente al muestreo, se debe garantizar que la muestra obtenida es la adecuada para dar cumplimiento a los objetivos descritos en el programa de muestreo, que es representativa de la masa de agua objeto de estudio. Esto implica que el punto de muestreo ha sido correctamente seleccionado, y que el proceso de toma de muestras no ha alterado de forma apreciable las características de dicha agua, fundamentalmente las radiactivas, aunque no exclusivamente.

Referente a la conservación y preparación de las muestras, hay dos aspectos que condicionan extraordinariamente la calidad de los resultados que se obtienen en el análisis del contenido radiactivo existente en ellas. En primer lugar, se debe facilitar la preservación temporal de las citadas muestras, detallando los procedimientos a aplicar para que las muestras de agua, una vez tratadas, mantengan su composición original en los elementos que se vayan a analizar. Y, en segundo lugar, se debe asegurar que la obtención de alícuotas se realiza de manera tal que todas ellas posean propiedades y composición idénticas entre sí y a su vez idénticas a las de la muestra de agua de la que proceden.

2. Introducción y justificación

Antes de iniciar el proceso de toma de muestras, es necesario tener definido el programa de muestreo, como documento imprescindible en el que definir los puntos de muestreo, su frecuencia y duración, los procedimientos y equipamientos a utilizar y otras cuestiones prácticas referentes a la aplicación del sistema de calidad al precitado proceso. La elaboración de un programa de muestreo pasa por tener claramente definidos sus objetivos, tanto los más generales como los requisitos particulares. La relación entre estos objetivos y el programa de muestreo va a depender fuertemente de cuál sea el tipo de agua a muestrear y también de la extensión de la masa de agua sobre la que se pretenden realizar los análisis. Sin embargo, hay unos puntos básicos y comunes a cualquier situación, que ayudan a definir un Programa de muestreo, a partir de una clara definición de los objetivos (en ocasiones, puede ser necesario realizar un primer programa de muestreo y análisis como paso previo a la definición final de los objetivos). La norma UNE-EN ISO 5667-1, plantea de forma general todas estas cuestiones y una parte no desdeñable de ellas son aplicables al muestreo de aguas para determinar su contenido radiactivo.

Las técnicas existentes para la toma de muestras de agua son muy variadas y variables, dependiendo no solo del volumen de agua que se desea tomar, sino también del lugar en donde se va a tomar esa muestra, del tipo de esta, etcétera, así como de los análisis que con ella se vayan a realizar. La norma plantea la definición de los posibles tipos de muestras, así como de los materiales con los que efectuar la toma (los diferentes tipos de materiales aparecen detallados en otras partes de la misma norma). Una parte de estas descripciones son aplicables al muestreo con el objetivo de determinar el contenido radiactivo.

Una vez recolectada una muestra de agua, para determinar su contenido radiactivo, esta debe someterse a una serie de procesos consecutivos. Estos van desde su conservación, transporte al laboratorio y recepción, hasta la eventual extracción de alícuotas para distribuir entre diferentes laboratorios o para efectuar sobre cada una de ellas diferentes determinaciones, garantizando en todo caso que cada una de dichas alícuotas es, a su vez, representativa de la muestra de agua inicial. Como consecuencia de todos estos procesos, pequeñas variaciones en la forma de manipular, conservar y/o de preparar cada muestra para determinar el citado contenido radiactivo, pueden afectar considerablemente a los resultados, aspecto este que tiene una singular relevancia para muestras de agua con características radiactivas calificables de ambientales, dado que en ellas las actividades que se pretenden cuantificar son normalmente muy próximas a los límites de detección de los procedimientos de medida. La norma UNE-EN ISO 5667-3, analiza de forma general todas estas cuestiones, dando recomendaciones sobre manipulación, tipos de recipientes, técnicas y tiempos de conservación recomendados antes de iniciar los análisis para diferentes determinaciones.

Por otra parte, si siempre es necesario minimizar las posibles fuentes de variabilidad externa, este aspecto cobra aún mayor importancia si cabe, cuando se trata de realizar un seguimiento temporal sistemático del contenido radiactivo presente en el agua existente en un punto determinado, representativo de una zona geográfica, o cuando se desea efectuar la comparación de los resultados obtenidos para diferentes zonas geográficas, máxime cuando estos valores suelen ser frecuentemente proporcionados por diferentes laboratorios.

Por todo lo cual y dado que la utilización de procedimientos consensuados entre laboratorios expertos permite reducir en gran medida las posibles diferencias que pueden producirse en los resultados obtenidos, ha parecido conveniente extraer y analizar de las distintas partes de la norma UNE-EN ISO 5667, todos aquellos procesos que son necesarios llevar a cabo para una correcta toma de muestras, conservación y recepción de muestras de agua sobre las que determinar su contenido radiactivo.

3. Sistemática de trabajo

La sistemática ha sido la habitual en ese tipo de revisiones y ha cubierto las siguientes fases:

- Análisis del estado del arte en el momento actual: normativa de rango nacional, europeo e internacional; otros documentos procedentes de organismos de reconocido prestigio en el área.
- Confrontación de los documentos obtenidos con los procedimientos a revisar.
- Obtención de información de retorno de entre los usuarios de los procedimientos a revisar.
- Estudio de conclusiones y adopción de decisiones a la luz de la experiencia profesional del grupo de trabajo que permita tener una versión inicial del procedimiento revisado.
- Remisión a comentarios entre usuarios del procedimiento revisado.
- Redacción del procedimiento final

Todo el proceso se ha realizado de forma coordinada con la Jefatura de Área de Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN.

4. Objetivos y campo de aplicación

El campo de aplicación se circunscribe al muestreo, toma de muestras, conservación y preparación realizado sobre cualquier tipo de muestra de agua, ya sea su origen continental, consumo, residual o marino. Hay que señalar que, en el caso del depósito total, aunque se incluye en el apartado de aguas de origen continental, existe dentro de esta misma serie un documento específico dedicado a ellas: “Procedimiento de muestreo para la determinación de la radiactividad en el depósito total”.

La variabilidad existente en la casuística ligada al análisis del contenido radiactivo de las aguas hace que sea sumamente difícil establecer una serie de reglas generales, suficientemente detalladas, que abarquen todos los casos posibles. De hecho, el *modus operandi* concreto más adecuado en cada caso, depende de factores tales como:

- El tipo de agua a analizar: continentales, consumo, marinas o residuales
- Las características físico/químicas de cada tipo de agua
- El tipo de radionucleidos a cuantificar
- La rapidez con que pueden trasladarse las muestras desde el punto de muestreo a los laboratorios de análisis, así como la distancia entre ellos.
- Las características del punto de muestreo
- La temperatura ambiente, etc.

Todas estas circunstancias deben considerarse cuidadosamente en el diseño de los programas de muestreo y análisis de las muestras de agua. En este sentido, cobran particular importancia dos aspectos a tener en cuenta: el filtrado o no de las aguas y su estabilización. La regla general para ambas actuaciones es que siempre deben llevarse a cabo, cuando sean precisas, en el orden indicado, primero se procede al filtrado de la muestra acuosa e inmediatamente después se estabiliza.

Como norma general, no se deben filtrar las muestras de agua. Ahora bien, cuando se trate de aguas con alto contenido en residuos terrosos, o en el caso en que se requiera distinguir entre fracción líquida y particulada, en función de los objetivos del muestreo, debería evaluarse la necesidad de realizar los mismos tipos de análisis radiológicos sobre ambas fracciones.

Estas actuaciones, por otra parte, han de ejecutarse tan pronto como técnicamente sea posible tras recolectar la muestra.

5. Definiciones y terminología

Usar una terminología adecuada y homogénea, a la hora de elaborar cualquier procedimiento, reviste una gran importancia, dado el interés en que todo posible usuario de un procedimiento entienda los términos utilizados con la misma intención con la que fueron escritos. La terminología utilizada ha seguido en líneas generales la presentada en la serie de normas UNE-EN ISO 5667 y otras referencias incluidas (ver apartado 11).

5.1. *Área de estudio*

Región geográfica que ha sido delimitada o se va a delimitar para establecer en ella un determinado programa de muestreo, al margen de los objetivos concretos que en este se contemplen.

5.2. *Zona de muestreo*

Parte del área de estudio que presenta un conjunto de factores ambientales, orográficos y de características homogéneas propias relevantes en el programa de muestreo y que hacen suponer que, en toda ella, el contenido radiactivo será similar. El área de estudio puede estar compuesta por varias zonas de muestreo con características propias definidas.

5.3. *Punto de muestreo*

Es el lugar elegido en la zona de muestreo para tomar una muestra sobre la cual realizar los análisis radiactivos pertinentes. Debe ser representativo de la zona y, en esta, pueden existir uno o más puntos de muestreo, en función de los objetivos concretos de este y de las características de la zona. Se definirá, al menos, por sus coordenadas geográficas, de acuerdo con el sistema internacional de coordenadas tal y como contempla la norma UNE-EN ISO 19112.

5.4. *Muestra*

Porción representativa del medio de interés, o de uno o más componentes de este medio, que poseen las mismas cualidades y características del todo, y que se va a utilizar para determinarlas.

5.5. Equipo de toma de muestras

Se trata de recipientes de plástico, botellas muestreadoras, bombas de inmersión y sistemas automáticos.

5.6. Área o punto testigo

Cuando el objetivo del programa de muestreo sea la vigilancia en el entorno de una instalación, sería el lugar donde se recolectan idénticos tipos de muestras que las que se van a recoger en el punto de muestreo, pero que no estén afectadas por las emisiones de la instalación objeto de interés.

5.7. Acuífero

Es el término usado para la formación geológica o grupo de formaciones, que almacenan agua y permiten su movimiento de forma que puede ser aprovechada por el hombre. El Acuífero es libre cuando su límite superior es la superficie freática, o sea, el movimiento del agua es controlado por la inclinación de la superficie freática, que está bajo condiciones de presión atmosférica. El Acuífero es confinado cuando el material acuífero está limitado a techo por una capa confinante (impermeable), encontrándose el agua a una presión mayor que la atmosférica.

6. Programa de muestreo

6.1. *Sobre el establecimiento de los programas de muestreo*

Antes de proceder a la realización del muestreo, es necesario tener establecido un programa de muestreo no solo como guía para la realización de este, sino también como marco necesario donde se plasmen las decisiones que es necesario adoptar para alcanzar los objetivos con los cuales este se desarrolla.

Aunque no es objeto de este procedimiento indicar cómo debe desarrollarse un programa de muestreo de aguas, sí es necesario señalar que se deberá partir, al menos, de los siguientes conocimientos y estudios previos:

1. Objetivos del muestreo, análisis radiactivos que se quieren realizar, precisión requerida y límites de detección a alcanzar.
2. Investigación inicial del área de estudio. Para poder definir el contenido de un programa de muestreo es necesario llevar a cabo una investigación inicial del área de estudio, que permita conocer sus características, accesibilidad, condiciones climáticas, actividades humanas y otras perturbaciones, posibles focos emisores de radionucleidos existentes en el área, radionucleidos esperados en ella, etc. que nos permitan definir claramente las zonas de muestreo.

Todo ello con objeto de que el programa de muestreo pueda contener al menos la siguiente información: definición de las áreas, zonas y puntos de muestreo, las características específicas de las muestras a tomar (p. ej. El volumen requerido, la necesidad o no de filtrarla, etc.), el equipamiento a usar y el procedimiento específico de toma de muestras, siguiendo las directrices y recomendaciones de este documento, así como los requisitos de seguridad y de personal. También deberá contener la planificación temporal de dicha toma de muestras, la cual se respetará siempre que las condiciones meteorológicas no sean adversas y se garantice la seguridad del personal que realice la toma de muestras.

6.1.1. Definición de objetivos

Cualquier programa de muestreo deberá contener, o al menos referenciar, aspectos como la posición de los lugares de la toma de muestras, la frecuencia, la duración y los procedimientos operativos para estas tomas, donde se incluyen consideraciones como las características del personal que las van a realizar, los registros a rellenar, etc.

Para llegar a definir estos aspectos es fundamental el establecimiento previo de los objetivos. Sin entrar en las razones particulares que hacen necesario el establecimiento de un programa de muestreo, una lista de los cuales viene perfectamente detallada en la norma UNE-EN ISO 5667, se pueden definir tres objetivos principales:

1. Control de la calidad, que generalmente comprende el control de la radiactividad en un momento dado, para compararla con unos límites previamente fijados y para delimitar y/o caracterizar niveles de fondo. Los resultados se utilizan para decidir procesos de corrección a corto plazo.
2. Caracterización de la calidad, es decir, caracterización del contenido radiactivo durante un periodo de tiempo dado. Los resultados se utilizan en el marco de un control a largo plazo, programas de investigación, etc.
3. Análisis del impacto radiológico e identificación de fuentes de contaminación.

6.1.2. Aspectos de seguridad

Es imposible tomar en consideración todas las diversas situaciones que se pueden llegar a plantear al realizar un muestreo de aguas, pero de forma general, la persona responsable del programa de muestreo y de la toma de muestras debe asegurarse de que se han tenido en cuenta todas las medidas de seguridad y de que el personal encargado de la realización de la toma de muestras conoce las precauciones a adoptar para llevarlas a cabo.

Algunas consideraciones particulares, de entre las que aparecen plasmadas en la norma UNE-EN ISO 5667, son:

- Deben tomarse en consideración las condiciones climatológicas. A modo de ejemplo, si el muestreo debe realizarse bajo una capa de hielo, debe controlarse su espesor y resistencia.
- Deben evitarse los puntos de muestreo peligrosos, y de resultar imposible, el muestreo lo llevará a cabo, preferentemente, más de una persona.
- Los puntos de muestreo deben encontrarse en zonas que sean accesibles y que esta condición se pueda mantener incluso en condiciones climatológicas adversas.
- Hay que prestar especial atención al empleo de material eléctrico, dado que su uso cerca del agua puede comportar peligro de electrocución.

6.1.3. Consideraciones relativas al muestreo

Es necesario prestar especial atención a que el procedimiento operativo de toma de muestras no perturbe las características de la muestra que se pretende medir.

- En función de los objetivos del muestreo, puede ser necesario el obtener muestras compuestas, las cuales pueden tener un carácter temporal o espacial. Las primeras de ellas permiten obtener una mejor estimación del valor medio (temporal) de la concentración de actividad en el agua. Por su parte, las compuestas por diferentes puntos de la misma masa de agua, permiten obtener una mejor estimación del valor medio (espacial) de la concentración de actividad en el agua.
- El lugar de toma de muestras debe quedar perfectamente identificado. Debería definirse mediante una referencia de coordenadas de acuerdo con el sistema internacional de coordenadas tal y como contempla la norma UNE-EN ISO 19112.
- Si la toma de muestras se va a realizar en una corriente de agua, lo ideal es que esta se encuentre en régimen turbulento, para que el agua esté bien mezclada. Deben tomarse precauciones cuando la corriente se encuentra en un flujo laminar, ya que puede venir acompañada de la formación de capas de agua con diferentes características radiológicas dependiendo de la profundidad.
- En el caso de las aguas subterráneas importante tener en cuenta que la parte del acuífero que es más sensible a la contaminación es la capa más superficial del mismo, ya que la contaminación suele acceder al agua subterránea a través de su migración por la capa no saturada del subsuelo.
- En ciertos tipos de agua (p. ej. ríos poco caudalosos, pequeños estanques...) unas fuertes variaciones meteorológicas pueden repercutir en la medida de la concentración de actividad. Por lo tanto, las consideraciones meteorológicas deben anotarse y, en su caso, tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados.

Dependiendo del objetivo del muestreo, puede ser importante conocer el origen del agua, para asegurar si puede estar o no impactada, por ejemplo, por una descarga o vertido.

6.1.4. Consideraciones sobre algunos tipos de muestras

Las aguas suelen catalogarse en cuatro grandes tipos: continentales, consumo, marinas y residuales. Dentro del primer grupo se engloban las de precipitaciones (depósito total), las de ríos, lagos, pozos, etcétera, (continentales no tratadas), así como las tratadas no destinadas al consumo humano, como son las de piscinas y las de sistemas de refrigeración, entre

otras (continentales tratadas). Estos cuatro grandes tipos de aguas entran dentro de las tipologías de muestras que inicialmente son objeto de este documento, aunque de nuevo hay que señalar que para el caso específico del depósito total existe un documento específico en esta serie: Procedimiento de muestreo para la determinación de la radiactividad en el depósito total, que tiene en cuenta sus peculiaridades.

Los muestreos de todos y cada uno de estos tipos de agua tienen una serie de consideraciones específicas, más o menos amplias, que aparecen detalladas en las diferentes partes de la norma UNE-EN ISO 5667, en las que se basa el desarrollo del presente documento. Sin embargo, para cada uno de ellos, se pueden realizar unas consideraciones de tipo general, referentes fundamentalmente a la elección del punto de muestreo.

- Estuarios, aguas costeras, mares y océanos

La zona sometida a estudio debe estar claramente delimitada y el punto de muestreo que en ella se defina debe ser representativo de la zona, considerando que las mareas, el tráfico marítimo, la proximidad de la costa, vertidos o descargas, etc., pueden afectar a las características del agua que se muestrea, dejando de ser representativa de la zona de muestreo (figura 1).

- Ríos y cursos de agua

Tratándose de un medio no-estacionario, la ubicación del punto de muestreo va a depender fuertemente de los objetivos de este, teniendo además que tomar en consideración el hecho de que la presencia de fuertes corrientes o estratificaciones puede obligar a realizar muestreos compuestos, tanto transversales como longitudinales.

- Canales de navegación

En este caso, se deben adoptar las mismas precauciones que en los ríos, teniendo en cuenta los posibles cambios de sentido del flujo y el aumento de la estratificación debido a las mayores condiciones de reposo del agua con respecto a de los ríos.

- Embalses de almacenamiento y lagos

La ubicación de los puntos de muestreo dependerá fuertemente de los objetivos de este. No obstante, como consideración importante hay que señalar que las tomas de agua deben realizarse en los puntos de llenado, así como en los de vaciado de dichos embalses y/o lagos, si el objetivo perseguido es realizar un control de calidad desde el punto de vista radiactivo y/o su caracterización.

- Aguas subterráneas

Las precauciones a adoptar dependen de los objetivos del muestreo. Si se quiere evaluar la calidad de una determinada captación, habrá que muestrearla directamente, mientras que, si se quiere conocer la calidad del acuífero, habrá de asegurarse que el agua muestreada proviene de él y, además, en su caso, la profundidad deseada. También se tendrá que considerar la realización de muestreos paralelos que permitan evaluar el grado de estratificación, y adoptar, en su caso, precauciones suplementarias.

Cuando se desea identificar la contaminación difusa de un acuífero, se recomiendan puntos de muestreo con piezómetros grandes que permitan obtener muestras integradas que representen un gran volumen del acuífero. Se recomienda que los puntos seleccionados estén distribuidos de la forma más uniforme posible a lo largo del área en estudio, y que representen las diferentes condiciones hidrogeológicas y de uso del terreno, así como las áreas consideradas más vulnerables a dicha contaminación difusa

Sin embargo, para especificar los puntos de muestreo con el fin de controlar el impacto de una fuente puntual de contaminación, es muy importante considerar la localización de la fuente en relación a la dirección del flujo del agua subterránea. Se recomienda también que al menos un punto se encuentre directamente por debajo de la instalación en el sentido del flujo de agua, y que la muestra de agua se recoja de la superficie libre ya que es donde primero llegarán los contaminantes emitidos por la instalación. Los demás puntos de muestreo son las estaciones de seguimiento y deberán localizarse a distancias progresivas según se alejan de la instalación en el sentido de la velocidad del agua. Si es posible, también es recomendable recolectar muestras de agua a diferentes profundidades ya que la forma de la pluma de contaminación no se conoce como punto de partida.

- Aguas de consumo

Los puntos de toma de muestras deben elegirse en función de cuál sea el tipo de instalación suministradora del agua a analizar, eligiendo dichos puntos de forma que se tome el agua después de los procesos de potabilización y de desinfección que sobre ella se hayan realizado, estando ya lista para el suministro. Ahora bien, si se pretende analizar el agua de consumo público, los grifos situados en los locales de los propios consumidores suelen ser, en general, el mejor punto de muestreo (figura 1). Deberá de tenerse en cuenta la legislación al respecto (Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro).

- Aguas residuales

Los puntos de muestreo deben elegirse en función de cuál sea el origen del agua a caracterizar, eligiendo dichos puntos de forma que se tome el agua antes o después de los procesos de tratamiento que sobre ella se vayan a realizar o se hayan realizado, dependiendo de los objetivos del muestreo.



Figura 1. Toma de muestras de aguas de consumo y marina

6.2. Sobre las muestras

Las muestras de agua recolectadas pueden clasificarse en base a la siguiente característica: individuales (puntuales) y compuestas.

6.2.1. Muestra individual

Son muestras discretas, representativas de la calidad del agua en el momento y lugar de su recolección. La recolección de una muestra de agua individual se recomienda llevarla a cabo en los siguientes casos:

- Cuando el caudal del agua no es uniforme.
- Cuando los valores de los parámetros radiactivos objetos de interés no son constantes.
- Cuando se busca una posible contaminación o se quiere controlar su extensión.
- Cuando existe un límite legal sobre el contenido radiactivo del agua, que se debe cumplir en todo momento y no de forma promediada en el tiempo.

También deberían de tomarse para la determinación de parámetros inestables, como son la concentración de gases disueltos y materias volátiles (radón).

Este tipo de muestreos y de muestras es el aplicado habitualmente en los planes de vigilancia radiológica, así como en los controles de la calidad radiológica del agua.

6.2.2. Muestras compuestas

Son muestras de agua de cualquiera de los ya citados tipos que se obtienen combinando alícuotas de muestras individuales para formar una nueva muestra. A partir de ellas se pueden conocer, exclusivamente, datos de composición media. Por lo tanto, resultan útiles cuando los parámetros radiactivos objeto de interés no se espera que varíen durante todo el periodo de toma de las muestras que integran la compuesta y también cuando los valores límites o los datos buscados se refieren a valores medios. Estas muestras también pueden denominarse integradas o acumuladas.

6.3. Sobre los tipos de toma de muestras

Se puede indicar de forma general que los tipos de muestreo pueden ser periódicos, continuos o en serie. En función de la masa de agua a tomar, de los objetivos del análisis o de los efectos esperados, se aplicarán unos u otros.

6.3.1. Toma de muestras periódica (discontinuo)

De los diferentes tipos de muestreos periódicos que se presentan en la norma UNE-EN ISO 5667, el más habitual para la realización de determinaciones radiactivas es el muestreo discontinuo, también denominado puntual, de volumen constante y a intervalos de tiempo constantes.

6.3.2. Toma de muestras continua

En el objeto de este documento se considera muestreo continuo a la secuencia continua de muestreos discretos. Este tipo de muestreo se puede realizar independientemente del caudal.

En el caso concreto de que se quiera realizar un muestreo continuo en el cual se quiera detectar la variación de los contaminantes con el caudal (como puede ocurrir con algunos radionucleidos, por ejemplo, en un río), dicho muestreo deberá ser una secuencia continua de muestreos discretos, el cual recibe el nombre de muestreo proporcional en continuo e implica la necesidad de medir el caudal.

6.3.3. Toma de muestras en serie

Este muestreo es el que se realiza cuando se requiere tener conocimiento del contenido existente en un perfil de aguas, que puede ser de tipo horizontal o de tipo vertical.

Por último y atendiendo a la necesidad de empleo o no de sistemas de equipamiento automático, la toma de muestras se denomina automática o localizada (toma de muestras de forma manual).

6.4. *Sobre la conservación de las muestras*

De forma general, debe entenderse que el proceso de conservación de muestras de agua se aplica no sólo a la conservación a partir del momento en que la muestra se recepciona en el laboratorio para su preparación y posterior análisis, sino que es un proceso que debe iniciarse en el momento mismo de la toma de muestras.

Por lo tanto, los materiales, mecanismos y precauciones que se describen en todo este apartado serán de aplicación tanto para las entidades que realizan la toma de muestras, como para los laboratorios en donde se preparan y analizan. Debiendo realizarse especial hincapié en la necesaria continuidad del proceso cuando la custodia de la muestra pase, en su caso, de una organización a otra.

6.4.1. Métodos de conservación

De entre las diferentes alternativas consideradas y siguiendo la normativa internacional al respecto, se recomienda la acidificación con nítrico, a $\text{pH} < 2$ (de manera general, 1 ml de HNO_3 concentrado por litro debería ser suficiente), como método más generalmente recomendado tanto en la norma UNE-EN/ISO 5663-3 como en otros documentos; aunque si sobre el agua se van a realizar algunos análisis específicos, como el del tritio, carbono o radón, la acidificación no debe utilizarse y tampoco en el caso del yodo, que debe estabilizarse con hipoclorito de sodio.

Las técnicas para la conservación de muestras, relacionadas con el tipo de determinación a realizar (parámetros radioquímicos), aparecen reflejados en la norma UNE-EN/ISO 5667-3 donde también se presentan los tipos de recipientes, los tiempos máximos de conservación recomendados antes del análisis y una serie de observaciones (mantenimiento de muestras en oscuridad, agitación, etc.).

Este método de la acidificación se basa en lograr la **estabilización química** de la muestra, ya que ciertas propiedades físicas y químicas de estas pueden estabilizarse por la adición de compuestos químicos a ella, después de ser recolectada (y en su caso, una vez filtrada). Con la estabilización de la muestra acuosa se podrá garantizar que, a efectos prácticos, se elimina la probabilidad de que las sales existentes en la misma precipiten o se adsorban por las paredes del recipiente que la contiene y se evita el crecimiento de algas o la degradación biológica (en definitiva, para garantizar que su contenido radiactivo permanece homogéneo y estable y que sólo se modifica con el tiempo por su desintegración radiactiva).

En cualquier caso, e incluso con muestras ya acidificadas, es conveniente que estas permanezcan en lugares frescos, y fuera de la incidencia directa de la luz solar, hasta el momento de realizar sobre ellas los análisis radiactivos pertinentes.

El empleo de **refrigeración** ayuda a la ralentización de ciertos procesos físicos y químicos al disminuir la temperatura del agua. Si bien no se considera una etapa de conservación para los análisis radiológicos, en algunos casos puntuales, como es el caso de la determinación del radón, el hecho de mantener una temperatura no superior a la del agua muestreada, evitará las pérdidas por desorción de la muestra.

6.4.2. Plazos para la conservación

La regla fundamental a seguir en cuanto se toma una muestra, es que esta se prepare para su análisis en el menor tiempo posible. Y que en el lapso temporal que media entre la toma de muestras y su preparación se garantice que se mantienen inalteradas las características radiactivas a determinar. Tanto en la norma UNE-EN ISO 5667-3, como en otras referencias normativas (Standard Methods, normas específicas...) se señalan los tiempos máximos que

pueden transcurrir antes de realizar un análisis. Si bien, aun considerando los tiempos como generalmente adecuados, en ocasiones, pueden no ser ajustados a la realidad.

Es importante señalar que la acidificación puede realizarse en el mismo momento de la toma de la muestra, si esta no ha de filtrarse. Sin embargo, si la muestra lo requiere, es necesario que se filtre previamente, salvo que los datos a informar afecten al total de la muestra. Esto es así puesto que el proceso de acidificación pone en disolución ciertos compuestos químicos, posibilitando que su contenido radiactivo pase de la fase sólida a la disuelta.

En condiciones ideales, tanto la filtración como la acidificación deberían realizarse preferentemente en el momento mismo de la toma de muestras. Sin embargo, la diferente casuística que se presenta en la realización de los muestreos dificulta en ocasiones que se puedan llevar a cabo inmediatamente después, debiéndose realizar en consecuencia la matización de la precitada regla.

De forma general, el muestreo de aguas se realiza siguiendo una de estas secuencias:

1. Realización del muestreo y remisión inmediata de la muestra al laboratorio para su preparación y análisis, al que llega en el mismo día.
2. Realización del muestreo y remisión de la muestra al laboratorio para su preparación y análisis, al que llega transcurridos unos pocos días.
3. Realización del muestreo y almacenamiento temporal de las muestras antes de su remisión al laboratorio para su preparación y análisis.

En cada uno de estos supuestos, es posible que las muestras deban filtrarse antes de su estabilización, lo que frecuentemente es difícil de realizar en el propio punto de muestreo, ya que se precisa un equipamiento específico, tanto para filtrar como para acidificar, que no suele estar disponible en todos los programas de muestreo de aguas. Figura 2.



Figura 2. Vehículo tomamuestras provisto de grupo electrógeno y sistema de filtración in situ.

En los tres anteriores supuestos debe tenerse en cuenta que la estabilización de la muestra debe efectuarse lo antes posible, lo cual implica que, tanto en el supuesto 2 como en el 3, esta debe llevarse a cabo antes de su remisión al laboratorio, bien en campo o bien en el almacén temporal.

En el supuesto 1 se asume que la muestra puede estabilizarse y, en su caso, filtrarse, una vez recepcionada en el laboratorio de preparación y análisis, siempre que el tiempo que transcurre entre el muestreo y dicha estabilización no supere las 24 horas y si durante las

mismas no se ha sometido a la muestra a elevadas temperaturas, ni a la acción directa del sol. En caso contrario, deberá estabilizarse con anterioridad a su llegada al laboratorio.

En el caso de **muestreos continuos**, si la determinación lo permite, deberá añadirse el ácido en el recipiente de toma de muestras. Con esta sistemática y en función del objetivo del muestreo y del tipo de muestra tomada, no podrá realizarse la filtración. En caso de no ser posible la conservación (p. ej. porque la muestra deba filtrarse) la representatividad de la muestra podría verse comprometida. Hay que tener en cuenta que en los casos en los que la periodicidad de recogida de muestras sea igual o superior a los plazos de conservación, la representatividad de la muestra podrá verse afectada.

Ante la falta de representatividad indicada, se entiende que la entidad o el cliente será quien debería asumir la responsabilidad teniendo en cuenta el beneficio obtenido por el tipo de muestra analizada (compuesta) o muestreo realizado (continuo). En estos casos y siempre y cuando sea posible, podrían implementarse controles de calidad sobre las muestras individuales que aseguren y justifiquen el tipo de muestra tomada, así como el muestreo aplicado.

En cualquier caso, cada entidad de toma de muestras debe disponer de los correspondientes procedimientos, suficientemente detallados y probados, con los que puedan demostrar que, con el procedimiento de estabilización seleccionado, se garantiza el fin perseguido, es decir, que se entrega la muestra al laboratorio de preparación y análisis en las debidas condiciones de conservación.

6.5. Sobre la manipulación de las muestras

6.5.1. Toma de alícuotas

En ocasiones hay que tomar alícuotas de las aguas muestreadas para su remisión a distintos laboratorios de análisis o para la realización de diferentes determinaciones. En estos casos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Siempre es recomendable realizar el proceso de filtración (en su caso) y acidificación previamente a la toma de alícuotas. Si esto no es posible, deberá garantizarse una perfecta homogeneización de la muestra antes de la toma de alícuotas, así como asegurarse de que, en su caso, ambos laboratorios (o almacenes intermedios) aplicarán exactamente el mismo procedimiento de filtración y conservación una vez recepcionada la muestra y que este sea el reflejado en este documento. Figuras 3 y 4.



Figura 3. Toma de muestras con separación de alícuotas.



Figura 4. Generación de alícuotas con bidón de homogeneización y acidificación in situ.

- Cuando sobre una muestra se vayan a realizar determinaciones que no permitan la acidificación de la muestra (p. ej. tritio), la alícuota deberá tomarse antes del proceso de acidificación, aunque no antes del de filtración (en su caso).
- Para el caso del radón, la toma de muestras deberá efectuarse de manera independiente a las de la muestra principal, en caso de existir esta, de manera que se evite en todo caso el trasvase de agua y la toma de alícuotas.

6.5.2. Acumulación de muestras

Cuando, con alguna frecuencia, haya que acumular varias muestras de agua para obtener otra resultante de las anteriores sobre la que efectuar una serie de analíticas, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La acumulación deberá realizarse sobre muestras ya filtradas (en su caso) y acidificadas y deberá comprobarse la acidificación tras la composición total de la muestra.
- Se tomarán partes proporcionales a la cantidad total de muestra a acumular, con la premisa de que hay que obtener un volumen mínimo de muestra acumulada tal que sea posible realizar todos los análisis programados.
- En los casos en los que la periodicidad de la composición sea igual o superior a los plazos de conservación, la representatividad de la muestra podrá verse afectada.

6.6. Sobre los materiales

Los medios necesarios para proceder a la conservación de las muestras van a depender de si el sistema elegido es la estabilización química y también de si la muestra necesita ser filtrada o no.

Lógicamente las características técnicas de los medios necesarios van a depender de si la posible filtración y la preservación de la muestra se van a realizar en el mismo punto de muestreo o si, por el contrario, se van a realizar en un almacén temporal o en el propio laboratorio de preparación de muestras. En este sentido hay que tener presente que, de forma general, cuando las muestras hay que filtrarlas, este proceso no suele realizarse en los puntos de muestreo, sino en un almacén temporal o ya en el laboratorio de destino.

Por ello hay que prever, en su caso, los frascos o botellas adecuados para la extracción de alícuotas o para la preparación de muestras compuestas.

De forma general, el material necesario, se describirá posteriormente en el procedimiento operativo, según la estrategia elegida.



6.7. Personal involucrado, características de formación

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 qué formación mínima va a tener con sus correspondientes registros. Ello no implica que esta formación deba ser más que el conocimiento del procedimiento, pero ciertamente deberá figurar en algún documento que esto es así.

En el programa de muestreo, y en función de al menos las citadas consideraciones, se deberá referenciar el procedimiento a seguir, así como los correspondientes registros a completar.

7. Procedimiento operativo de la toma de muestras

Existen diferentes técnicas de toma de muestras adaptadas a las distintas situaciones geográficas que se pueden plantear, así como a los diferentes tipos de aguas a muestrear, de muestras a obtener y de muestreos a realizar, en las partes más específicas de la norma UNE – EN ISO 5667, referenciadas al final de este documento.

No es objeto de este documento describir los procedimientos operativos de cada uno de los diferentes tipos de aguas ni de las diferentes casuísticas existentes, ya que éstos se encuentran detalladamente descritos en las distintas partes de la norma ISO citada. Esta parte del documento constituye, por tanto, una guía general para las técnicas de toma de muestras a utilizar con el fin de obtener las muestras necesarias para la realización de los análisis destinados al control de la calidad radiactiva de las aguas, a su caracterización y a la identificación de las eventuales fuentes de contaminación radiactivas.

Ahora bien, parece necesario destacar ciertos puntos específicos que, en ocasiones, aparecen ya descritos en otras partes de este documento.

7.1. *Material de toma de muestras*

7.1.1. Equipos

Excluyendo las características específicas de los colectores automáticos de muestras, puede indicarse de forma general que las propiedades que deben tener los recipientes, tanto para la toma como para el transporte y el almacenamiento de las muestras de agua sobre las cuales se van a realizar determinaciones radiactivas, son:

- Características físicas. Se deben considerar los siguientes criterios: resistencia a temperaturas extremas, resistencia mecánica, facilidad de cierre hermético y de reapertura, así como tamaño, forma, masa, posibilidades de reutilización, coste, etc.
- Características químicas. Se debe elegir un material que reúna las siguientes condiciones:
 - Mínimas posibilidades de contaminación de la muestra.
 - Inercia química de los materiales para impedir las posibles reacciones con los constituyentes de la muestra.

- Fácil de limpiar y de tratar las paredes y superficies para evitar la contaminación cruzada y en su caso posibilitar la reutilización.
- Mínimas posibilidades de adsorción en las paredes y superficies tanto del muestreador como del recipiente de transporte / conservación.

Si se utilizan equipos de muestreo, hay que considerar que estas mismas condiciones las deberán cumplir las conducciones y todas las partes del equipo de muestreo por donde fluya el agua.

De manera general, los materiales metálicos y plásticos serán los más adecuados para dar cumplimiento a las características físicas y químicas aquí listadas, siendo los plásticos la opción más económica.

Los “equipos o utensilios” a utilizar, varían en función del tipo de muestreo:

- Muestreo localizado: las muestras se toman habitualmente de forma manual. El material más simple y comúnmente utilizado es un recipiente de cuello ancho con el que se recolecta directamente la muestra (por inmersión, en su caso). Figura 5.

Si la toma de muestras se debe realizar a una profundidad predefinida, se deberán emplear recipientes (botellas muestreadoras) abiertos en ambos extremos y provistos de un mecanismo que permite su cierre a la profundidad requerida o bien dispositivos (sistemas de bombeo, sumergibles o de succión) que aspiran la muestra para introducirla en el recipiente por medio de una sonda suspendida a la profundidad requerida. A su vez, deberá evitarse la obstrucción del cabezal o sonda por detritus del agua. Figuras 6 y 7.



Figura 5. Toma de muestras de aguas superficiales.



Figura 6. Toma de muestras profundas.



Figura 7. Toma de muestras profundas. Botella Niskin.



Figura 8. Toma de muestras de aguas subterráneas. Con bomba y cabezal.

En el caso de aguas subterráneas, según la profundidad del acuífero, el volumen de muestra requerido y el punto donde este se quiera ubicar, se debe elegir uno u otro sistema de muestreo. Así, se puede indicar que en la práctica una bomba de succión instalada en superficie no puede extraer agua a más de unos 8 m de profundidad bajo la superficie libre del líquido, por lo que, en general, se recomienda la utilización de bombas sumergibles, las cuales están especialmente recomendadas para muestreos en los que se requiera una gran cantidad de agua por muestra, como por ejemplo 50 L. Figura 8. Por el contrario, cuando los volúmenes de agua requeridos por muestra sean inferiores a los 10 litros, es recomendable utilizar un sistema de botella cilíndrica muestreadora. Aunque la cantidad de agua que permite recoger este dispositivo es muy inferior a las bom-

bas sumergibles, presenta la ventaja frente a estas de que, al no requerir alimentación eléctrica, permite la recogida de agua en puntos de muestreo de más difícil acceso.

Si se desea obtener un perfil, existen los cilindros de toma accionados a distancia, que no son más que una serie de cilindros, abiertos por los dos extremos que se cierran una vez alcanzada la profundidad deseada.

Finalmente, para tomar una muestra representativa de toda la columna de agua existen mangueras en las que se han practicado perforaciones a diferentes distancias para que el agua de diferentes profundidades entre a la vez en el sistema de captación.

- Muestreo automático: existen dos tipos principales de sistemas, los dependientes del tiempo y los dependientes del volumen. En general estos equipos están altamente automatizados y sus características dependen de los objetivos del muestreo y también de los fabricantes. Figura 9.



Figura 9. Equipo de toma de muestras en continuo con alimentación solar en aguas superficiales.

7.1.2. Recipientes para muestras

Atendiendo a las consideraciones efectuadas en el apartado previo, se recomienda el uso de recipientes de plástico previamente lavados.

Si alguno de los análisis a realizar requiriese que o bien los frascos o bien el procedimiento de estabilización de la muestra responda a unas características predefinidas, estas deberán tomarse en consideración desde el momento mismo del muestreo (p. ej. muestreo de agua para determinar su contenido en tritio o radón).

Para la toma y el análisis de muestras que contengan gases disueltos o constituyentes y materias volátiles que pudieran verse afectados por la aireación, típicamente el radón, deberán emplearse recipientes de vidrio o plásticos de baja difusión y de boca estrecha o boca recubierta con aluminio, que se tendrán que llenar completamente durante la toma, evitando el aire en su interior. Dado que el radón se libera fácilmente de la muestra de agua, se debe tener cuidado para evitar pérdidas de analitos durante el muestreo.

Bajo ningún concepto deberá trasvasarse el agua antes de su estabilización del recipiente en el que se la depositó después de la toma.

7.2. Técnicas de toma de muestras

7.2.1. Consideraciones generales

- Se lavarán los recipientes y resto de materiales con agua destilada o desionizada. Si el volumen disponible lo permite, también debería enjuagarse varias veces los recipientes con agua del propio punto de muestreo. Cada vez que se realiza una toma de muestra, se lavará el equipo de toma de muestras completo con agua destilada o desionizada con el fin de evitar contaminaciones cruzadas. En el caso de que el recipiente tenga que reutilizarse, la limpieza deberá ser más exhaustiva pudiendo emplear jabón y/o ácido nítrico.
- Si se realizan medidas *in situ*, por ejemplo, temperatura, pH y conductividad eléctrica, etc. deben hacerse sobre una fracción de la muestra separada que se desechará una vez efectuadas las medidas.
- Del volumen total recolectado, se tomarán las muestras necesarias, agitando/homogeneizando previamente, para el/los laboratorios/s de análisis.

- Si se realiza la estabilización química *in situ*, se indicará explícitamente el conservante empleado y la cantidad adicionada, ya que esta información es importante para el desarrollo de los análisis posteriores.
- Se señalarán los contenedores de las muestras con sus respectivas etiquetas adhesivas o con su identificación rotulada de manera que contengan, al menos, la información especificada en el anexo 1 de este procedimiento.

7.2.2. Consideraciones específicas

- En toma de muestras de aguas subterráneas, la medición del nivel freático se efectuará introduciendo lentamente la sonda de nivel en el pozo o sondeo. Cuando el avisador indique detección de agua, se interrumpirá el descenso y se comprobará sobre la cinta graduada la distancia entre la lámina de agua y la boca del sondeo o brocal del pozo. Esta operación deberá realizarse dos veces: la primera, antes de proceder a la toma, y la otra, inmediatamente después de dicha toma. Ambas distancias, comparadas con la cota absoluta de la referencia del punto, darán el nivel freático antes y después de la toma. Por último, la medición de la profundidad se llevará a cabo mediante el descenso controlado del sensor hasta el fondo, el cual quedará patente por la percepción de la pérdida de rigidez de la cinta. Figuras 10, 11 y 12.
- En caso de toma de muestras de aguas superficiales o subterráneas de fuentes, generalmente, la recogida se realiza mediante toma de muestras individuales que en ocasiones se acumulan empleando equipos de muestreo automáticos. Para la toma de muestra individual se sumerge la botella en la fuente o la masa de agua (río, lago, embalse...).
- En caso de toma de muestras de aguas de consumo, en general se realiza directamente de grifos, dejando correr el agua 2-3 minutos.
- Cuando se muestree con bomba (aguas superficiales, pozos, etc.) y siempre y cuando sea posible, la muestra se obtendrá después de bombear, al menos, durante 5 minutos. En sondeos, donde el nivel se recupere fácilmente, se bombeará dos veces el volumen de la columna de agua. Si esto no fuera posible por conocerse el comportamiento del punto de muestreo, por dificultad de acceso, detección de escasez de agua, o una baja capacidad de recarga, se purgará en la medida de lo posible.



Figura 10. Toma de muestra agua subterránea en sondeo con bomba de bajo caudal y bidón de homogeneización.



Figura 11. Medida de nivel freático.



Figura 12. Entrada de acuífero.

- En caso de emplearse sistemas de toma de muestras en continuo, antes de proceder a la toma, se detiene o apaga el equipo, se saca el recipiente del colector, se homogeneiza la muestra y se toma de este recipiente las alícuotas necesarias. Después se enjuaga con agua destilada o desionizada el recipiente y se vuelve a colocar en su posición u alojamiento. Generalmente, estos equipos disponen de un controlador, el cual deberá estar calibrado y se comprobará el correcto funcionamiento de los mismos.
- En el caso particular del **muestreo de radón**, dado que se requiere un flujo controlado para evitar aireación, en caso de tener que tomarse la muestra en un grifo (agua de consumo), deberá ser posible disminuir el caudal hasta que el agua se obtenga sin turbulencias y del que previamente se hayan retirado los dispositivos de aireación. Una buena práctica consiste en conducir el agua a través de un tubo de plástico de pequeño diámetro, que se deposita en el fondo del recipiente y que permanece en esa posición mientras este se llena lentamente y evitando turbulencias y burbujas. Siempre y cuando sea posible, se deberá dejar que el agua desborde del recipiente al menos durante 2 min y se tomará la muestra mientras sigue fluyendo con un recipiente que asegure la baja difusión (vidrio o polietileno de alta densidad – HDPE). Una vez cerrado el recipiente, se deberá inspeccionar para asegurar que no hay burbujas. En caso de haberlas, deberá desecharse la muestra y repetir la toma. La norma ANSI/AARST MW-RN incluye información amplia y detallada sobre distintos sistemas de recolección de muestra (botella o botella con embudo vertical; jeringa y embudo; etc...).

También referente al muestreo de radón, si lo que se quiere muestrear son aguas de cualquier otro tipo, la toma de muestras deberá realizarse siempre por inmersión del recipiente, el cual, en su versión más completa a utilizar en aguas subterráneas, deberá estar provisto de un mecanismo de apertura que permita “retirar el tapón” a la profundidad requerida y evitar, por lo tanto, el empleo de sistemas de bombeo que no permitan el control de flujo.

En el caso particular de la medida de radón por centelleo líquido, se puede llevar a cabo la preparación “in situ” eliminando la necesidad de trasvase de la muestra en el laboratorio. Para ello, se acudirá a la toma de muestras con los viales necesarios conteniendo el coctel de centelleo de manera que la muestra se inyectará, bien con ayuda de una jeringa o de un tubo flexible de PVC y pequeño diámetro que conduzca directamente el agua a la base del vial, por debajo del líquido centelleador.

7.3. Registro de la toma de muestras

En cualquier muestreo, y de forma general, se deben tomar todos los datos que ayuden a identificar la muestra, el método de muestreo y las condiciones en que este se ha realizado. De todo ello debe dejarse constancia escrita en dos tipos de registros distintos. Por un lado, en la etiqueta que acompaña al recipiente que contiene a la muestra y por otro en una ficha de toma de datos que la acompaña como mínimo hasta su ingreso en el laboratorio.

Ejemplos de ambos registros aparecen en los anexos 1 y 2 de este documento. En cualquier caso, se considera imprescindible disponer en los citados registros de, al menos, la siguiente información:

- Identificación del punto de muestreo.
- Fecha y hora de muestreo y, en su caso, fecha inicial y final de este.
- Método de muestreo.
- Indicación del tipo de muestra y su referencia.
- En su caso: tratamiento preliminar y/o agentes conservantes utilizados.
- Volumen total recogido de muestra.
- Persona que ha efectuado la toma. Organismo responsable.
- Persona que ha realizado, en su caso, el tratamiento preliminar o la conservación.
- Datos del destinatario: laboratorio al cual se debe remitir la muestra y, si no es el mismo que realiza la toma de muestras, datos de contacto del laboratorio destinatario.
- Observaciones, como, por ejemplo, datos del terreno y de las condiciones meteorológicas.

8. Control de calidad del muestreo

Un programa de calidad de muestreo deberá comprender todas las etapas necesarias para garantizar la obtención de resultados válidos (personal competente, métodos de recogida y manipulación de muestras apropiados, registros completos y seguros, etc.).

La competencia del personal se debe garantizar a través de las correspondientes actividades de formación que se consideran fuera del alcance de este procedimiento. Los otros dos aspectos se consideran cubiertos si el proceso de muestreo se realiza siguiendo este procedimiento.

Ahora bien, dentro de este programa deben plantearse medidas de control de calidad para la identificación y posibilidad de cuantificación de errores asociados al muestreo. Dicho control de calidad en el muestreo tiene 3 objetivos principales:

- Proporcionar un modo de monitorizar y detectar el error de muestreo, así como los medios para el rechazo de datos inválidos.
- Actuar como demostración de que los errores de muestreo han sido controlados adecuadamente.
- Indicar la variabilidad del muestreo, y, por lo tanto, proporcionar indicación de este importante aspecto del error.

Estos principios fundamentales del control de calidad en el muestreo, que alcanzan el acuerdo unánime por parte de todos los miembros del grupo, no siempre tienen una aplicación práctica sencilla que se traduzca en actividades a realizar para las distintas matrices a muestrear. No obstante, se considera que, para cualquier procedimiento de muestreo, entre estas actividades se debe incluir, al menos:

- El intercambio de información entre el cliente, el personal de muestreo y el personal de laboratorio como pieza clave para mejorar la calidad del muestreo y del análisis.
- La supervisión y auditoría independientes del proceso de toma de muestras por las distintas partes interesadas, entre las que debería estar el laboratorio.

Normalmente, los laboratorios que analizan las muestras disponen de programas de aseguramiento de la calidad y control de calidad tal y como requieren las regulaciones naciona-

les o la norma ISO/IEC 17025. No se debe caer en el error de pensar que éstos pueden sustituir a los programas de calidad de muestreo que se requieren para la recogida y manipulación de muestras. Un programa de calidad de muestreo deberá comprender todas las etapas para garantizar la obtención de resultados válidos (personal competente, métodos de recogida y manipulación de muestras apropiados, registros completos y seguros, etc.).

Tal y como se incluye en la citada norma, deben emplearse medidas de control de calidad para la identificación de los posibles errores asociados al muestreo. La norma indica que al menos un 2% de todo el esfuerzo analítico debería estar dedicado al control de calidad.

En función del objetivo, los medios a implementar de control de calidad propuestos en la parte 14 de la norma UNE-EN ISO 5667 son:

1. **Muestras replicadas:** tienen por objeto evaluar el error aleatorio asociado a distintos niveles del proceso (cálculo de la precisión del muestreo). Este control sería el más adecuado para el muestreo en aguas en las que se va a determinar radón debido a la alta probabilidad de desorción.
2. **Muestras blanco** (ambiental, campo, transporte, equipo, filtro): tienen por objeto identificar errores relacionados con la contaminación de los recipientes y del proceso de muestreo.
3. **Muestras enriquecidas o fortificadas con patrón (analito o analitos a determinar):** tienen por objeto estimar el error sistemático de los procesos del muestreo que incluye la identificación de los errores relacionados con la contaminación de los recipientes de muestreo y los procesos de muestreo. Este control es valioso para la identificación de errores debidos a la inestabilidad de la muestra, pérdida de analitos por volatilización, adsorción y factores de tipo biológico. El enriquecimiento se podría hacer con un patrón sobre muestras de agua desionizada o muestras ambientales.

9. Procedimiento operativo para la conservación/manipulación de las muestras

9.1. Consideraciones generales

Es imprescindible una manipulación adecuada de la muestra para evitar su contaminación. El trasvase de muestra de unos contenedores a otros, así como la partición de la misma o la extracción de alícuotas, es una de las causas más frecuentes de contaminación. Cuando se lleven a cabo estas operaciones, se deberán realizar en un lugar libre de polvo u otros contaminantes.

Todo el instrumental empleado debe estar convenientemente limpio y seco (o enjuagado con la misma agua que se desea muestrear o con agua destilada o desionizada).

Si, por cualquier motivo, una muestra se recibe refrigerada, no se debe romper la cadena de frío.

9.2. Equipos y materiales

Los equipos y materiales que a continuación se reseñan deben estar disponibles en las distintas etapas entre el punto de muestreo y el laboratorio de análisis, ambos incluidos, pero dependiendo de la estrategia específica que se siga de entre las tres definidas en 8.3., los equipos estarán situados en uno u otro.

- Equipo de filtrado.
- Sistema de vacío para realizar el filtrado.
- Garrafas y frascos de plástico o vidrio (según el radionucleido a determinar) del tamaño necesario según el volumen de la muestra final, si hay acumulación o para contener la alícuota correspondiente a analizar. En la norma UNE-EN ISO 5667-3 vienen indicados los recipientes que se deben utilizar para la conservación de las muestras en función de los radionucleidos a determinar.
- Material volumétrico de uso habitual en el laboratorio: probetas, pipetas, dosificadores de ácidos, matraces aforados.

- Material de uso normal en el laboratorio: productos de limpieza, etiquetas autoadhesivas, guantes, rotulador indeleble, etc.
- Filtros adecuados para el equipo de filtrado usado en el laboratorio, típicamente de tamaño de poro 0,4-0,45 mm y cápsulas Petri, o similares, para su conservación.
- Estabilizantes químicos (ácido nítrico, hipoclorito sódico...).

9.3. Procedimiento operativo

9.3.1. Estabilización y filtración de muestras “in situ”

- Antes de proceder a la estabilización de tipo químico, en el caso que sea necesario, se procede al filtrado de la muestra y a continuación, se añade la cantidad de reactivo necesaria, en función del volumen de agua recolectado y de los radionucleidos a determinar (para la mayoría, $\text{pH} < 2$). El filtro se conservará por si hubiera que analizarlo en el laboratorio. Si no hay que filtrar, el reactivo puede estar contenido en el propio recipiente de forma previa al muestreo, siempre y cuando la determinación lo permita, debiendo haber previsto tantos recipientes como distintos reactivos, o ausencia de los mismos, deban utilizarse.
- Si hubiera que filtrar y no fuese posible *in situ* deberá tenerse en cuenta que no debería transcurrir más de 24 horas desde la toma para la estabilización de la muestra.

9.3.2 Conservación en el laboratorio, o en el almacén temporal, de muestras de agua ya estabilizadas y filtradas (en su caso)

Debe limitarse al mínimo el tiempo de almacenamiento de la muestra de agua, antes de su preparación y puesta a disposición para su medida o tratamiento químico.

En todo caso:

- a) Si la muestra se recibe una vez estabilizada químicamente, es suficiente con situarla en un lugar fresco y fuera de la incidencia directa de la luz solar.
- b) Si la muestra se recibe refrigerada, es importante no romper la cadena de frío. Si esto no es posible y no va a prepararse para su medida a continuación, debe estabilizarse químicamente teniendo en cuenta los reactivos que en su caso han de aplicarse a cada alícuota.

9.3.3. Estabilización en el laboratorio, o en el almacén temporal, de muestras de agua sin pretratar

En el caso de muestras de agua que se recepcionen en el laboratorio, o en el almacén temporal sin pretratar, es decir, sin filtrar en su caso y sin estabilizar, debe ejecutarse inmediatamente ambas acciones, según se detalle en el correspondiente protocolo desarrollado para ello. En este debe venir perfectamente establecido, entre otros aspectos, el tipo de filtro a utilizar, si es el caso, el tipo o los tipos de estabilizantes a emplear, así como el número de alícuotas de la muestra acuosa (y sus respectivos volúmenes) en las que los mencionados estabilizantes deben aplicarse.

Si es necesaria la filtración y no hay posibilidad de realizarla en almacén temporal, las muestras deberán reemitirse diariamente al laboratorio de análisis.

Respecto a la estabilización, como se ha indicado en el apartado 8.2., no debería exceder las 24 horas desde la toma. En caso de no ser posible garantizar este plazo, deberá hacerse un control de temperatura sobre las muestras (almacenaje temporal y/o transporte). Con este control, el plazo podría extenderse a 72 horas (el cual podría superarse si la entidad evalúa técnicamente que, para las determinaciones o radionucleidos y tipo de muestras, la estabilización en un plazo determinado no afecta a los resultados).

9.3.4. Sobre la acumulación de muestras

Una vez recepcionada la muestra y resuelto el problema de la filtración y de la conservación, se procede a su acumulación, si esta condición viene indicada en la petición de análisis. Para ello:

- Se comprueba el número de muestras que van a componer la muestra acumulada.
- Se comprueba el número de análisis indicados en la petición de análisis.
- Dependiendo de las condiciones anteriores, se calcula el volumen de muestra que se ha de tomar de cada alícuota para tener el volumen preciso en la muestra final.
- Se prepara un recipiente con cierre hermético, limpio, de un volumen tal que pueda contener la muestra acumulada, el cual ha sido calculado previamente como se indica en el apartado anterior.
- Tras su llenado, se cierra el recipiente herméticamente y, para su conservación, se aplica lo ya descrito en este documento.

9.4. Registro de la conservación/manipulación de muestras

Entendiendo que el proceso de toma de muestras finaliza en el momento en que la muestra se pone a disposición del laboratorio de análisis, hay que ser consciente de que en ocasiones esta muestra ya llega a este preservada y/o filtrada y, por lo tanto, si estos pasos han sido realizados debe quedar constancia de ellos en la hoja de toma de muestra. Por lo tanto, tal y como aparece en el ejemplo que se presenta en el anexo 2 de este documento, debe existir la posibilidad de incluir lo siguiente:

- Muestra filtrada (SI/NO).
- Tamaño de poro del filtro.
- Conservación (acidificación) (SI/NO). Reactivo utilizado.
- Fecha y hora de realización de la filtración/conservación.
- Persona responsable del proceso / Entidad.

10. Procedimiento operativo para la recepción de la muestra en el laboratorio

Tres son los aspectos que deben destacarse sobre la recepción en el laboratorio de una muestra de agua para la posterior medida de su contenido radiactivo.

En primer lugar, la importancia que tiene el registro, la aceptación, el rechazo o la realización de las observaciones que deban efectuarse sobre las muestras recibidas y sobre la documentación que las acompaña a su llegada al laboratorio.

Este aspecto es clave para asegurar tanto la correcta identificación de la muestra, como para poder garantizar que esta no ha sufrido alteraciones significativas desde su toma, o que, en cualquier caso, se han documentado convenientemente las deficiencias o anomalías existentes en la misma, de forma que se puedan tener presentes a la hora de valorar los resultados que se obtengan.

En este sentido, es clave la existencia de unos criterios claramente establecidos en cada laboratorio para aceptar o rechazar una muestra en el mismo, lo cual, en el caso de aquéllas a las que este procedimiento se refiere, puede ser el rechazo que debe producirse cuando la muestra recibida carezca de una correcta identificación o cuando no estén suficientemente selladas, o estén rotos los contenedores y se haya podido producir la pérdida de muestra o cuando de forma evidente se haya roto la cadena de conservación. En cualquier caso, dichos criterios no deben dejarse al libre albedrío de la persona concreta que en cada momento efectúa la recepción de la muestra.

La correcta identificación de la muestra en el laboratorio se garantiza registrando en su base de datos todas aquellas informaciones relativas a su toma, las cuales deben venir consignadas en la correspondiente ficha, que debe acompañar a cada muestra a su llegada al laboratorio (en el anexo 2 de este documento se encuentra un ejemplo de la información que deben contener estas fichas). Por ello, para su correcto ingreso en el laboratorio, solo se precisa completar dichos datos con la fecha de recepción en el mismo, la clave identificativa de la muestra en el laboratorio, que puede coincidir o no con la referencia dada a la muestra durante su toma, y las observaciones efectuadas durante el muestreo. Así mismo, deben reflejarse los comentarios que haya sido necesario realizar en el acto de su recepción en el laboratorio.

En segundo lugar, ha de destacarse la necesidad de poseer un sistema eficiente de registro y de documentación de las muestras recepcionadas, que abarque desde que esta ingresa en el laboratorio, hasta que se efectúa la emisión del correspondiente informe de resultados y el posterior archivo definitivo de la determinación realizada.

En tercer lugar, debe garantizarse la integridad y la confidencialidad de los datos en los diferentes procesos realizados en el laboratorio. Sería suficiente con que los trabajadores del laboratorio firmen un documento de confidencialidad. Una alternativa a la firma de este documento podría ser la encriptación de la referencia de la muestra, de forma que los operadores y analistas que trabajan con ella ignoren tanto el origen de la muestra, como el destinatario final de los datos obtenidos.

Por lo tanto, al recepcionar en el laboratorio una muestra, y como paso previo a su aceptación y registro, debe verificarse su correcta identificación. Es decir, deben ser coincidentes los datos que figuran en la etiqueta existente en el recipiente que contiene la muestra, con los de la ficha de toma de muestra que la acompaña.

Seguidamente se procede al registro de la muestra en el sistema previsto al efecto en cada laboratorio, en el que al menos deben figurar los datos que a continuación se relacionan.

10.1. En la base de datos de muestras recepcionadas

- Datos que figuran en la hoja de toma de muestra (anexo 2), salvo los referentes a la persona/entidad responsable de la toma de muestras, además de:
- Observaciones sobre el estado en que se recibe la muestra.
- Observaciones relevantes que figuran en la ficha de muestreo.
- Observaciones relevantes a tener presentes para su preparación.

10.2. Acompañando a la muestra durante su preparación

- Referencia de la muestra.
- Fecha y hora de la toma de muestra.
- Volumen (aproximado) de la muestra en el momento de su recolección.
- Observaciones relevantes a tener presentes para su preparación.
- Relación de las anomalías habidas durante la preparación.

- Registro de otros datos relevantes obtenidos durante la preparación.

Durante el tránsito de las muestras de agua por los diferentes laboratorios de preparación, de radioquímica y de medida, estas deben ir siempre acompañadas de la información necesaria para conocer: a) la evolución que han ido experimentando como consecuencia de los tratamientos a que han ido siendo sometidas, b) los tratamientos o análisis que posteriormente se deberán llevar a cabo o si finalmente debe almacenarse como una muestra ya medida y c) todos aquellos datos necesarios para poder informar los resultados en las unidades requeridas; por lo tanto es muy importante registrar todos los volúmenes desde el momento mismo del muestreo.

11. Bibliografía

- Real Decreto 1029/2022 sobre Protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Boletín Oficial del Estado número 305, de 21 de diciembre de 2022.
- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- UNE-EN ISO 5667-1:2022 Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo (ISO 5667-1:2020).
- UNE-EN ISO 5667-3:2019 Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua (ISO 5667-3:2018)
- ISO 5667-4:2016 Guía para el muestreo de lagos naturales y hechos por el hombre
- UNE-ISO 5667-5. Calidad del agua. Parte 5: Guía para el muestreo de agua potable procedente de instalaciones de tratamiento y redes canalizadas de distribución. (UNE-ISO 5667-5. 2021)
- UNE-EN ISO 5667-6:2017. Calidad del agua. Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua (ISO 5667-6:2014)
- ISO 5667-8:1993 Guía para el muestreo de depósito húmedo.
- ISO 5667- 9:1992 Guía para el muestreo de aguas marinas.
- ISO 5667- 10:2020 Guía para el muestreo de aguas residuales.
- ISO 5667- 11:2009 Guía para el muestreo de aguas subterráneas.
- UNE-EN ISO 5667-14:2017 Calidad del agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el aseguramiento de la calidad y el control de la calidad en el muestreo y manipulación de muestras ambientales de agua. (ISO 5667-14:2014).

- UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (ISO/IEC 17025:2017).
- UNE-EN ISO 19112:2019. Información geográfica. Sistemas de referencia espaciales por identificadores geográficos. (ISO 19112:2019)
- ANSI/AARST MW-RN 2020. Protocol for the collection, transfer and measurement of radon in water
- UNE-EN ISO 13164-4: 2020. Calidad del agua. Radón-222. Método de ensayo por recuento de centelleo líquido en dos fases.
- D4107-20 Standard Test Method for Tritium in Drinking water
- *Documentos de Jornadas de Calidad en la Radiactividad Ambiental (Sitges y Málaga).*

Anexo 1 – Ejemplo de etiqueta de muestra

Tipo de muestra:	Tipo de muestreo:
Punto de muestreo:	Referencia muestra:
Destinatario:	Dirección Postal:
Entidad que toma la muestra:	Fecha y hora de la recogida:

NOTA: Cuando el destinatario coincide con la entidad que toma la muestra, se hará constar en el programa de muestreo y no será necesario rellenar ambos



Anexo 2 – Ejemplo de hoja de recogida de datos

Tipo de muestra:		
Destinatario:	Ref. muestra:	
Dirección postal:	Proc. de muestreo	
Ref. punto de muestreo:		
Características de la muestra:		
Filtrada: Sí: NO:		
Filtro:		
Conservación: Sí: NO:		
Reactivo:		
Cantidad remitida (peso, volumen, unidades):		
Observaciones:		
Entidad responsable del muestreo:		
Responsable:	Fecha y hora:	Firma
Entidad responsable de la conservación		
Responsable	Fecha y hora:	Firma

Procedimiento de muestreo y preparación de muestras para la determinación de la radiactividad en aguas

Colección Informes Técnicos 11.2009
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental
Procedimiento 1.15 (Rev.1, 2025)