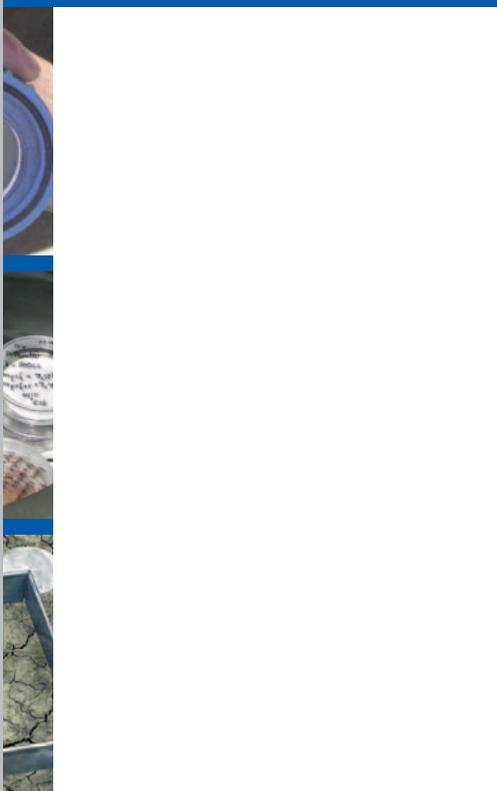


Procedimiento de toma de muestras de aerosoles y radioyodos para la determinación de la radiactividad

CSN



Colección
Informes Técnicos 11.2005
Serie
Vigilancia Radiológica
Ambiental
Procedimiento 1.7

Procedimiento de toma de muestras de aerosoles y radioyodos para la determinación de la radiactividad

Autores: M. Herránz, coordinadora
E. Navarro
J. Payeras
J.L. Pinilla

Colección
Informes Técnicos 11.2005
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental





Índice

1. Prólogo	6
2. Introducción y justificación	7
3. Campo de aplicación del procedimiento	8
4. Sistemática de trabajo	9
4.1. <i>Constitución del grupo de trabajo</i>	9
4.2. <i>Método de trabajo</i>	9
4.3. <i>Bibliografía consultada</i>	9
5. Desarrollo del procedimiento	11
5.1. <i>Definición de objetivos</i>	11
5.2. <i>Definición de terminología</i>	11
5.3. <i>Muestreador</i>	12
5.3.1. <i>Colector</i>	12
5.3.2. <i>Soporte del colector</i>	16
5.3.3. <i>Controladores</i>	16
5.4. <i>Establecimiento del programa de muestreo</i>	18
5.4.1. <i>Definición y clasificación de zonas y subzonas</i>	19
5.4.2. <i>Elección del punto de muestreo</i>	19
5.4.3. <i>Elección del muestreador y características de su instalación</i>	19
5.4.4. <i>Consideraciones sobre el muestreo</i>	22
6. Procedimiento operativo	24
6.1. <i>Muestreo</i>	24
6.2. <i>Remisión al laboratorio e información anexa</i>	24
7. Conclusiones	26
8. Referencias	27

1. Prólogo

El objeto del presente documento es ofrecer un reflejo detallado del proceso seguido por el Subgrupo de Muestreo en el desarrollo del Procedimiento de Muestreo de Aerosoles y Radioyodos para la evaluación de su contenido radiológico, publicado como Norma UNE.

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

- Margarita Herranz Soler Universidad del País Vasco/EHU. Coordinadora
- Elisa Navarro Inglés Universidad de Valencia
- Juan Payeras Socías CEDEX
- José Luis Pinilla Enresa

Con el presente documento se 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 del contenido de un procedimiento normalizado para el muestreo de los aerosoles y/o radioyodos presentes en el aire ambiente.

Dicho procedimiento normalizado deberá garantizar al menos los siguientes aspectos: la obtención de una muestra de aerosoles y/o radioyodos presentes en el aire ambiente, que cumpla los objetivos de control y/o representatividad para los que fue recolectada y con las características necesarias para los análisis que en ella se pretendan desarrollar, la conservación de estas propiedades hasta el momento en que la muestra se entregue en el laboratorio de análisis y, por último, el suministro de los datos necesarios para la caracterización radiactiva de la muestra y la trazabilidad del proceso de muestreo, así como una selección de la bibliografía consultada.

2. Introducción y justificación

El muestreo de aerosoles presentes en el aire en general no reviste una gran complejidad desde el punto de vista técnico puesto que existen en el mercado diferentes tipos de muestreadores adaptados a diferentes condiciones en que este se puede desarrollar, ahora bien, lo que es más difícil de definir son las antedichas condiciones, puesto que estas van a ser fuertemente dependientes de los objetivos del muestreo.

Por ejemplo, se pueden recolectar los aerosoles en el aire presente en la atmósfera de trabajo, los presentes en el aire procedente de la emisión de una fuente estacionaria (salidas de chimeneas), en el propio conducto de emisión (chimenea) o bien en el aire ambiente.

Y, en alguno de estos casos, los objetivos pueden imponer otras subdivisiones referentes a la ubicación física de los muestreadores: en la dirección de la emisión para controlar esta, dirección aleatoria para muestrear un aire promedio, dirección de vientos predominantes.....

Por otra parte se puede tomar la muestra a la altura correspondiente a un hombre para simular lo que este respira, fuera de obstáculos para determinar la calidad del aire sin objetivos de análisis de impacto en los seres humanos, o bien en los puntos en los cuales se sospeche una incidencia mayor de los contaminantes buscados, al margen de cual sea su posición.

También se puede interpretar que queremos muestrear en un punto sea este el que sea, con el objetivo de determinar en él la calidad radiológica del aire y analizar su evolución, para disponer de una serie de datos que sirva como nivel de referencia y que permita detectar posibles anomalías o incidentes y, en su caso, evaluarlos y hacer predicciones evolutivas y dosimétricas.

Se puede tomar una muestra pretendiendo obtener unos parámetros concretos, por ejemplo distribución del tamaño de los aerosoles contenidos en el aire, o bien, un contaminante concreto o un determinado tamaño de partículas.

Dado que los componentes radiactivos en los aerosoles son sólo uno de los posibles contaminantes presentes en éstos y no necesariamente el más importante desde el punto de vista de calidad medioambiental del aire, existe una amplia normativa y documentación nacional e internacional que aplica a este tipo muestreo, pero de forma mayoritaria toma en consideración otro tipo de parámetros que los radiactivos. Ello conduce a que este tipo de normativa sea de aplicación general pero no siempre ayuda a resolver los problemas concretos que aparecen o pueden aparecer a la hora de realizar un muestreo de los aerosoles y radioyodos presentes en el aire atmosférico con objetivos radiológicos.

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

3. Campo de aplicación del procedimiento

El procedimiento se aplica al muestreo de los aerosoles y radioyodos contenidos en el aire ambiente y contempla las actividades a desarrollar desde la definición de los objetivos del muestreo hasta la llegada de la muestra al laboratorio

Por todo lo citado en el apartado anterior, pareció claro que había que restringir y delimitar el campo de aplicación y los objetivos de este procedimiento y se decidió contemplar el muestreo medioambiental de los aerosoles radiactivos y adicionalmente de radioyodos presentes en el aire ambiente.

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 se constituyó a partir de 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 que incluyesen el muestreo de aerosoles y/o radioyodos. 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 postales y telefónicos, y también a través del correo electrónico. Dado que desde los primeros contactos se atisbaron cuales 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.

Como paso previo al inicio del desarrollo del presente procedimiento normalizado, se distribuyó una encuesta entre los profesionales del sector que se encuentran realizando este tipo de muestreo, con diferentes objetivos, pero todos ellos dentro del campo de la medida y el control radiológico, para recabar información actualizada del estado del arte de la metodología del muestreo de aerosoles y/o radioyodos en España, con objeto de tomar en consideración las diferentes propuestas que se pueden estar aplicando en función de los objetivos del muestreo.

4.3. Bibliografía consultada

La bibliografía consultada referente al tema del muestreo de aerosoles y radioyodos, es muy amplia y se puede agrupar en los siguientes bloques:

Normas y proyectos de normas tanto nacionales como extranjeras

Documentación oficial procedente de diferentes organismos nacionales e internacionales (Reglamentos, Guías, Disposiciones....)

Procedimientos de organismos internacionales de reconocido prestigio

Procedimientos de laboratorios españoles, que permiten conocer la práctica habitual en nuestro país

Libros y manuales técnicos

Revistas científicas

La bibliografía referente al tema del muestreo de aerosoles es amplia, por lo tanto no toda la 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 a lograr con el desarrollo del citado procedimiento, han sido: conocer el fondo radiológico, poner de manifiesto posibles impactos mediante el análisis de su evolución, poder realizar el seguimiento de la calidad del aire en un punto determinado y, en la medida de lo posible, realizar comparaciones entre diferentes puntos o estaciones de muestreo.

Se decidió no contemplar objetivos dosimétricos, ni toma de muestras en zonas de trabajo o en salidas de chimeneas, el motivo de esta exclusión está relacionado con el hecho de que para cumplir con estos objetivos se requiere un muestreo más especializado que implica, en algunos casos, un análisis detallado del tamaño de partículas para poder analizar su probabilidad de deposición tanto en los componentes del muestreador como en los órganos respiratorios.

Hay que considerar que los objetivos planteados para el muestreo de los aerosoles y/o radioyodos, frente a los planteados en el muestreo de otras matrices, son más difíciles de cumplir por no constituir el aire una matriz ni minimamente estática ni estable, lo que impide no solo hablar de su carácter representativo, sino incluso asegurar que un determinado impacto vaya a ser detectado, dependiendo entre otras cosas, de la dirección del viento en un momento determinado. Por otra parte hay que considerar que nunca muestras posteriores recolectadas en el mismo punto, podrán reproducir las mismas condiciones.

5.2. Definición de terminología

La terminología a utilizar a la hora de elaborar cualquier procedimiento, reviste una particular importancia, dado el interés en que todo posible usuario de un procedimiento entienda los términos utilizados con la misma intención con que fueron escritos. En el caso concreto del muestreo de aerosoles y radioyodos, existe una amplia terminología en muchos casos ya normalizada, como son las definiciones de muestra representativa, muestreo aniso cinético o isocinético, diámetro de partícula, etc.

La terminología utilizada, ha seguido en líneas generales la presentada en la norma ISO 2889 (ISO, 1975). Sin embargo especial atención mereció la terminología a utilizar para los siguientes conceptos:

Partículas o aerosoles: atendiendo a sus definiciones, el *Aerosol* es una dispersión de partículas ultramicroscópicas, sólidas o líquidas, en el aire, mientras que la *Partícula* no es más que una parte pequeña de materia. Esta definición se puede acotar aun más añadiendo que los aerosoles quedan en suspensión en el aire y sin embargo las partículas acaban decantándose por efecto de la gravedad.

Cuando se toma una muestra en las condiciones descritas en este documento, se recogen tanto aerosoles como partículas que pueden estar en proceso de decantación. La pretensión de este procedimiento es realmente el muestreo o recolección de todo tipo de partículas de polvo que se encuentren

en dispersión en el aire en un momento determinado, de alguna forma es una extensión del término aerosol, y por lo tanto decidimos usar éste a lo largo de todo el procedimiento.

Muestreo o recolección o captación: el muestreo ya implica la colección de muestras representativas, por lo tanto será esta la terminología usada de forma general. Sin embargo utilizaremos captación cuando nos refiramos al aire como un fluido, que resulta captado para recolectar de él los aerosoles.

Muestreador o captador o colector: utilizaremos el término muestreador para referirnos al instrumento completo de muestreo, captador para referirnos al sistema de recogida de aire y por último colector para referirnos al sistema que se utiliza para retener los aerosoles, partículas y/o radioyodos.

5.3. Muestreador

Un muestreador es un instrumento que en cuanto a su estructura y de forma general, consta de los siguientes componentes (ANSI/HPS, 1999): sistema de captación de aire (boquilla o embocadura), línea de transporte, sistema de acondicionamiento del aire, colector de aerosoles, partículas o radioyodos con su soporte, bomba de aspiración, controladores y sistema de descarga.

No necesariamente todos los equipos deben de contar con todos estos componentes, ello estará en función de los objetivos y el lugar de muestreo. Las características mínimas serán colector con su soporte, controladores y bomba de aspiración.

En medidas ambientales, fuera de instalaciones radiactivas o nucleares y de sus canales de emisión, la boquilla y la línea de transporte suelen coincidir en el mismo lugar que el colector, que habitualmente, es un filtro para la captación de aerosoles y, en su caso, un cartucho de carbón activo o equivalente cuyo objetivo es recolectar los radioyodos en forma gaseosa.

La boquilla puede estar en el plano horizontal o en el vertical. La segunda posibilidad permite la orientación del sistema de captación en la dirección del viento, e impide la deposición directa de partículas por gravimetría, sin embargo, la primera posibilidad permite utilizar captadores de mayor superficie y por lo tanto la recolección de altos volúmenes.

Los equipos pueden ser fijos o portátiles, en general estos últimos son los que se utilizan para realizar muestreos de corta duración y su diseño es lo más sencillo posible.

Los equipos fijos, en función del caudal de captación, oscilan entre los extremos llamados de bajo o alto flujo.

A continuación, se describen brevemente las características de sus componentes que afectan o pueden afectar a su adecuación a los objetivos del muestreo y a su eficiencia de recolección:

5.3.1. Colector

5.3.1.1. De aerosoles

El colector típico para aerosoles, es un filtro, entre los cuales existen grandes diferencias en función de las necesidades y características del muestreo.

Se pueden utilizar diferentes tipos de filtros de entre los existentes en el mercado (ANSI, 1999; Kathren, 1991; ISO, 1975; Hasl-300, 1997), compuestos de celulosa, fibra de vidrio, fibras sintéticas (polipropileno...), de membrana, metálicos. La elección de unos u otros depende del tipo de análisis que se desee realizar, de las características del muestreo y del punto en que este se vaya a realizar. De forma general habrá que tomar en consideración:

- a) que su fondo radiactivo sea mínimo si se pretende medir en condiciones de baja actividad, por ejemplo, los de fibra de vidrio suelen tener una pequeña cantidad de ^{40}K , lo que determina que sus fondos β puedan ser elevados.
- b) que sean fácilmente solubles si sobre ellos se pretende realizar determinaciones que requieran separaciones radioquímicas, lo que, por ejemplo, no es el caso de los filtros de fibra de vidrio.
- c) que se fabriquen con condiciones controladas de tamaño de poro.
- d) que su eficiencia de recolección sea estable y a ser posible elevada para el intervalo de variación de las condiciones en que ésta se va a producir.
- e) que sean suficientemente resistentes para las condiciones en las cuales el muestreo se va a realizar lo que incluye el que sean químicamente resistentes a los posibles contaminantes químicos contenidos en el aire a muestrear, sin embargo, hay que prestar especial atención a las posibles implicaciones de esa resistencia, por ejemplo, los filtros de celulosa pura son robustos pero su grosor determina que no sean adecuados para realizar en ello recuentos alfa de forma directa debido a la incrustación de las partículas en el material.

Una vez elegido el tipo de filtro que mejor se adapta a los requerimientos del muestreo, se tendrá que procurar poner las condiciones necesarias para que la consideración d), anteriormente citada, se cumpla. Esto es para que el muestreo se realice de manera tal que las eficiencias de recolección permanezcan altas además de estables.

La recolección de partículas por un filtro se realiza por un conjunto de procesos físicos, pero para la mayor parte de los filtros los mecanismos mayoritarios son el impacto y la difusión. El primer efecto crece con el tamaño y la velocidad de las partículas y el segundo, al contrario. Por lo tanto, la eficiencia de recolección va a ser función de:

- Características del filtro, como su composición y tamaño de poro.
- Características del aire, como la distribución de tamaños aerodinámicos y la humedad.
- Características de la recolección, como la velocidad lineal de las partículas en el sistema de recolección, que se puede calcular a partir del caudal de captación.

Para un filtro dado, la eficiencia nominal de recolección se informa para unas determinados intervalos de tamaño de partícula, caída de presión en el filtro y velocidad lineal del aire en la recolección. Según el tipo de filtro, la eficiencia puede variar fuertemente en función de estos parámetros, los cuales deberán adoptar valores que la maximicen y mantenerse en un intervalo de ellos tal

que permita trabajar con valores de eficiencia conocidos, estables y cercanos a los nominales, y todo ello a lo largo de un periodo de muestreo que puede ser largo.

En ocasiones, para lograrlo se puede actuar sobre las características del aire o de la recolección.

Sobre el tamaño de partículas no podemos actuar, tendremos que conocer los tamaños de las mismas y su distribución y calcular los factores correctores correspondientes (ANSI/HPS, 1999). En cualquier caso, es importante realizar las siguientes consideraciones:

Si el equipo dispone de línea de transmisión, no alcanzan el colector la misma fracción de partículas de uno u otro tamaño, debido fundamentalmente a problemas de deposición en tuberías. Por suerte, este no es el caso habitual en medidas ambientales, ya que los equipos comúnmente utilizados no disponen de línea de transmisión.

Si el muestreo es anisocinético, se produce un fraccionamiento de las partículas muestreadas, recogándose preferentemente las pequeñas frente a las grandes, de manera que si el diámetro aerodinámico de las partículas es $>5\mu\text{m}$, este efecto es muy apreciable y nos puede conducir a errores elevados y de difícil cuantificación (ISO, 1975).

Sobre la velocidad lineal se puede influir modificando el caudal de captación, sin embargo la colmatación dificulta el lograr su la estabilidad. Una forma de disminuir este efecto es acondicionar el aire reduciendo su humedad con sistemas de calefacción y reduciendo, en su caso, los periodos de captación hasta valores compatibles con los errores y límites de detección tolerables. Si embargo, en virtud de lo dicho anteriormente, las modificaciones del caudal deben de ser tales que no sitúen el muestreo en condiciones anisocinéticas que precisen de factores de corrección.

Estudios comparativos de diferentes tipos de filtros son habituales en la literatura (ANSI, 1999; Kathren, 1991; NRL, 1964). Sin embargo se debe solicitar al fabricante que proporcione las características de estos junto con el certificado de calibración del filtro.

Atendiendo a la bibliografía consultada y a la experiencia acumulada por los diferentes laboratorios que realizan este tipo de muestreo en España, puede señalarse que los filtros de nitrato de celulosa con $0.8\mu\text{m}$ de tamaño de poro son una opción razonablemente buena para las medidas de bajo flujo y los sintéticos (polipropileno) para los captadores de alto flujo.

5.3.1.2. De radioyodos

Los radioyodos son de origen antropogénico, pero pueden existir en el aire en forma gaseosa y también asociados a partículas. En el aire ambiente la primera de estas formas es la mayoritaria.

El colector de radioyodos en forma gaseosa suele ser un lecho de material adsorbente normalmente un cartucho con carbón activado o filtros moleculares de plata-zeolita. El primero de ellos es más económico, y por lo tanto más ampliamente utilizado, aunque el segundo cuenta con la ventaja de que fija el yodo pero no los gases nobles. (ANSI, 1999; Kathren, 1991; ISO, 1975).

Este colector se suele incluir en el muestreador a continuación de un filtro de aerosoles con el objetivo de retirar del flujo de aire los posibles interferentes radiactivos, captar el yodo asociado a partículas, que también se debe considerar y, por último, para evitar la saturación del adsorbente.

La eficiencia de recolección (Gavila, 2002) va a ser función de las siguientes características:

- Características del cartucho, como el tipo de carbón y su activación, se recomienda con TEDA. El tamaño de grano, es conveniente utilizar un grano entre 12 y 30 mesh. Y, el espesor de la capa de carbón: deben de estar diseñados para lograr un tiempo medio de residencia atmosférica de unos 0.05 seg/cm de lecho adsorbente.
- Características del aire, como su temperatura, la eficiencia empeora con su aumento. La humedad, un aumento de esta conduce a una pérdida de eficiencia, principalmente para los compuestos orgánicos de yodo. Y el nivel de yodo, si es demasiado bajo la eficiencia tiende a disminuir.
- Características de la recolección, velocidad lineal de recolección, calculable a partir del caudal de captación, la eficiencia disminuye con su aumento, que se recomienda un valor entre 20 y 50 l/min.

Para un filtro dado, la eficiencia nominal de recolección se informa en función del caudal de recolección. Según los valores de éste, la eficiencia puede variar hasta un 20%, por lo tanto hay que procurar que el caudal adopte valores que maximicen la eficiencia y se mantengan estables a lo largo de un periodo de muestreo que puede ser largo.

En cuanto al acondicionamiento del aire, es necesario considerar que la mayoría de los muestreadores que incluyen la posibilidad de introducir un filtro de carbón activo, no cuentan con sistema de acondicionador de aire, y que por lo tanto en condiciones extremas de T^a y humedad se tendría que estudiar la conveniencia de utilizar factores correctivos.

Por otra parte, en este tipo de muestreo es importante conocer la probabilidad de que en el aire muestreado existan otros gases, ya que podrían llegar a saturar el cartucho de carbón activo, influyendo por lo tanto fuertemente en la eficiencia de recolección.

Los gases pueden resultar adsorbidos por el carbón durante el proceso de muestreo, pero también durante el periodo de almacenamiento previo a su utilización, por lo tanto, una precaución a adoptar es que los cartuchos o el carbón activo con que se preparan, permanezcan cerrados desde el momento de su preparación hasta su uso, no debiéndose utilizar, en general, para muestreos superiores a una semana, salvo que el ambiente sea extraordinariamente seco.

No es una práctica aconsejable el acondicionar y/o reutilizar los cartuchos después de ser calentados a temperaturas de varios centenares de $^{\circ}\text{C}$, puesto que no se puede garantizar la eficiencia del proceso.

De forma general, hay que señalar que una vez elegido el filtro y/o el cartucho que se va a utilizar, se debe de alcanzar un compromiso entre la cantidad mínima de muestra que es necesario recolectar, y por lo tanto el tiempo requerido de muestreo, para alcanzar los errores y límites de detección requeridos y el caudal que proporcione la mayor eficiencia.

5.3.2. Soporte del colector

Consta o puede constar de los siguientes elementos

- Sistema de acondicionamiento de la muestra, usualmente un calefactor-desecador. Ya se ha comentado su interés para mantener estable la eficiencia de recolección.
- Elementos de fijación del colector al soporte, que deben de ser tales que no sean susceptibles de dañar el filtro utilizado y además no dejen zonas de entrada directa de aire al sistema de vacío y controladores, ya que esto conduciría a una pérdida de la cantidad de aerosoles recolectados en el colector para la misma cantidad de aire captada.
- La conexión del soporte con el sistema de vacío, que puede ser fija o articulada, lo que permite no solo la orientación espacial del captador sino también el alejar el colector del sistema de vacío y de los controladores, permitiendo, por ejemplo la ubicación de estos en una caseta o similar, mientras el colector se ubica en un punto que cumpla las condiciones requeridas en el muestreo. En general los captadores de alto flujo tienen sistemas fijos y los de bajo flujo articulados.

En general la conexión del soporte con el sistema de vacío, es móvil, lo que permite que todo o parte del soporte pueda ser retirado del muestreador, permitiendo la extracción del colector en el laboratorio.

5.3.3. Controladores

Todos los controladores deberán estar debidamente calibrados, según el programa de calibración desarrollado por la entidad que realiza el muestreo. En principio, deben ser al menos de dos tipos distintos:

- Controladores de caudal: cualquier equipo debe de disponer de un controlador totalizador que proporcione el volumen total de aire captado y, a ser posible, de otro instantáneo (caudalímetro) que proporcione el volumen captado por unidad de tiempo y permita controlar la colmatación.
- Controladores horarios: que permita determinar el tiempo total de funcionamiento del equipo a lo largo del periodo de muestreo por diferencia con el tiempo medido con un reloj independiente del muestreador, esto servirá, para tener constancia de los posibles cortes de tensión, su duración y, según el sistema, el momento en que estos se han producido.

Dado que los valores de actividad se proporcionan en Bq/m^3 , si se dispone de un totalizador de caudal tenemos los datos precisos para realizar el cálculo. Ahora bien, el control horario se considera necesario para asegurar la calidad del muestreo. El que se produzca un corte de tensión durante el periodo de muestreo influye en que se pueda afirmar o no que se haya producido un determinado impacto atmosférico que nos haya pasado desapercibido y también en que si se deben determinar isótopos de vida corta puede ser importante el poder ubicar el periodo real de muestreo.

Si hay un corte de tensión durante el periodo de muestreo, se observaría que la lectura del totalizador es más pequeña que la teórica, sin embargo no se podría asegurar si lo que se ha producido es una colmatación o un corte de tensión o ambas cosas.

Se puede realizar una valoración de lo ocurrido a partir de los valores proporcionados por el caudalímetro, que en caso de colmatación serían más bajos y en caso de corte de tensión, más altos. Para poder valorar este dato, sería necesario tener un buen registro histórico de los datos proporcionados por el equipo, y aún así no tendríamos la certeza de lo ocurrido, dado el carácter variable de los aerosoles presentes en el aire. Si este análisis permite suponer la existencia de un corte de tensión, lo que no podemos hacer es valorar su duración, para ello en cualquier caso necesitaríamos un controlador horario.

De forma opcional:

- Sistema que garantice la alimentación eléctrica ininterrumpida: es conveniente disponer, asociado al muestreador, de una UPS o electrogrupo que evite las paradas del equipo motivadas por cortes de tensión y que en caso de llegar a producirse nos indiquen, de ser posible, el momento en que estos se han producido y su duración.



Figura 1. Muestreador de bajo flujo



Figura 2. Captador (soporte de colectores) de un muestreador de bajo flujo



Figura 3. Despiece del captador de un muestreador de bajo flujo

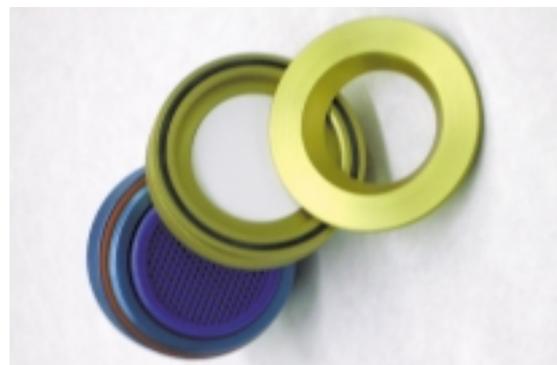


Figura 4. Captador de un muestreador de bajo flujo con los colectores de yodo (cartucho) y de aerodoles (filtro)



Figura 5. Muestreador de alto flujo



Figura 6. Muestreador de alto flujo, abierto



Figura 7. Colector de aerosoles (filtro) con su soporte de un muestreador de alto flujo

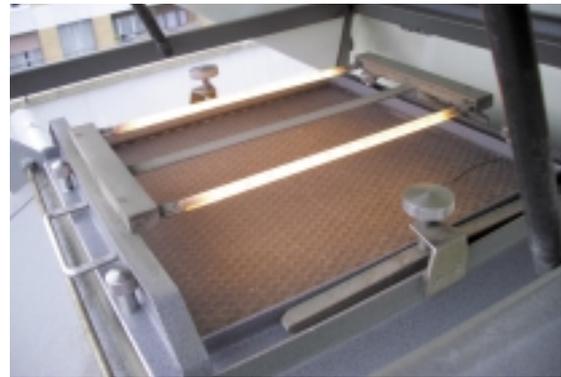


Figura 8. Colector de un muestreador de alto flujo, ya ubicado, y sistema de acondicionamiento del aire en operación

5.4. Establecimiento del programa de muestreo

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

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

1. Análisis de las características de la zona, incluyendo la existencia en ella o en su posible zona de influencia, de instalaciones susceptibles de emitir aerosoles o radioyodos.
2. Análisis de las características del aire: se debe conocer al menos las distribuciones de frecuencias de velocidad y dirección de viento (valores medios anuales, obtenidos preferentemente me-

dian­te me­días “in situ” o a partir de los ma­pas eóli­cos) y su con­tenido en hu­medad; así como po­seer in­for­ma­ción sobre la dis­tri­bu­ción del ta­ma­ño de par­ti­cu­las. Tam­bién se­ría con­vie­niente tener la ma­yor can­ti­dad po­si­ble de in­for­ma­ción sobre la com­po­si­ción del aire. Es­tos da­tos de­berán es­tar me­di­dos en la di­rec­ción en la cual se va a re­a­li­zar la cap­ta­ción, en su caso.

3. Tipos de análisis que se pretenden realizar.

4. Objetivo final de estos análisis.

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

5.4.1. Definición y clasificación de zona y subzonas

Se entiende por zona de muestreo la región geográfica donde se pretende aplicar un determinado programa de muestreo. Al margen del análisis orográfico, es conveniente clasificarla en rural, industrial, urbana, semi-urbana o mixta. En este último caso y también siempre que los objetivos del muestreo así lo requieran, es necesario dividir estas zona en subzonas, o regiones geográficas que tengan características lo más homogéneas posible.

Lógicamente, la definición de zonas y/o subzonas va a estar directamente relacionada con los objetivos de muestreo. Por ejemplo, si se van a controlar las emisiones procedentes de una instalación habrá que delimitar la zona en la cual es posible que se produzca un impacto; y dentro de esta las posibles subzonas en función de los sectores de la rosa de los vientos, pero también de la orografía o de la existencia o no de otro tipo de instalaciones emisoras, etc..... Si se quiere analizar la calidad del aire que se respira en una determinada zona geográfica, esta se tendrá que subdividir en subzonas atendiendo por ejemplo a su carácter urbano o rural, industrial o agrícola, y también a temas orográficos y geológicos.

5.4.2. Elección del punto de muestreo en cada subzona

En cada una de estas posibles subzonas habrá que ubicar un punto de muestreo o dicho de otra manera el punto geográfico en el cual se va a instalar el muestreador con el cual obtendremos la muestra de aerosoles y/o radioyodos. Evidentemente este punto deberá ser seleccionado con el criterio de que presente las características contempladas en la definición de la subzona a la cual debe representar.

Ahora bien, otras consideraciones como son la accesibilidad y las capacidades de evitar intru­sismo en el punto y por lo tanto en el muestreador, deben de ser tomadas en consideración y en ocasiones pueden llegar a primar sobre la representatividad del punto con respecto a la subzona, lo cual obligaría a buscar otro punto o a redefinir ésta.

5.4.3. Elección del muestreador y características de su instalación

La elección del tipo de muestreador, del caudal de captación y de sus componentes, incluido el co­lector, será función de los objetivos del muestreo, tipos de análisis a realizar, de las características de la zona y el lugar donde se vaya a ubicar y de las características del aire en ese punto.

En cuanto a la instalación, los principales parámetros considerados, han sido los siguientes:

5.4.3.1. Localización

Al hablar de la localización un muestreador se debe considerar desde dos puntos de vista distintos: macroimplantación y microimplantación (CE, 1999). La primera de ellas está directamente relacionada con los objetivos de muestreo y su elección en el marco de este procedimiento se ha incluido en la definición de zonas o subzonas de muestreo.

En cuanto a la microimplantación, en la medida de lo posible deben seguirse las siguientes indicaciones (CE, 1999; Oak Ridge, 2000)

- No deberían existir restricciones al caudal alrededor de la entrada del muestreo ni obstrucciones que afecten al caudal de aire en la vecindad del sistema de muestreo. Esto implica el que la captación debe colocarse a una cierta distancia de edificios, balcones, árboles y otros obstáculos... sin embargo el definir esa distancia no es obvio ya que dependerá de las características del aire pero también de los objetivos del muestreo, por ejemplo si se busca la calidad del aire, en general, podemos estar hablando de varios metros, si se quiere calidad de aire en la línea de edificios, 0.5 m y si queremos calidad del aire urbano que respira una persona tipo varios metros de distancia de los edificios supone alejarse de las zonas de paso de los peatones. Dado que los objetivos del muestreo en este procedimiento son amplios, se decidió dejar relativamente abierto el tema de la distancia, indicando la condición que debe cumplir: "Localización del sistema de captación de aire: para evitar turbulencias artificiales en la captación, el captador se ubicará lo más alejado posible de obstáculos, por lo general varios metros."
- La captación del aire no deberá estar situada en las proximidades de fuentes de emisión, hay que dar tiempo a que estas se hayan mezclado con el aire ambiente.
- La descarga deberá colocarse de manera tal que se evite la recirculación de aire saliente hacia la captación.

5.4.3.2. Altura de la captación del aire con respecto al suelo

Como en el caso anterior, este tema es ampliamente citado en la bibliografía manejada al respecto, sin embargo tampoco existe acuerdo al respecto. (CE, 1999; Oak Ridge, 2000, DOE, 1991, MAR-LAP, 2004).

1,5 m, al menos, sobre la línea de base parece ser una distancia adecuada para evitar problemas como la resuspensión. Ahora bien donde estará situada esa línea de base va a depender claramente de los objetivos del muestreo y del grado de representatividad de la zona o subzona de muestreo.

Por ejemplo, si se quiere conocer la calidad del aire que respira una persona, 1,5 m del suelo es una buena opción, ahora bien si se quiere saber la calidad media del aire en una determinada zo-

na, la altura de la captación respecto al suelo dependerá tanto del tipo de zona como de su extensión; si se quiere conocer la calidad del aire en una zona urbana no se puede muestrear por encima de los tejados, si se quiere que represente todo un territorio, alturas por encima de obstáculos pueden ser convenientes.

Por lo tanto, y como en el caso anterior, se decidió dejar relativamente abierto el tema de la distancia, indicando la condición que debe cumplir:

“Altura de la captación del aire con respecto al suelo, que estará en función del objetivo final de los análisis que se pretenden realizar, pero se encontrará al menos a 1,5 m del suelo.”

5.4.3.3. Orientación del sistema de captación de aire

Parte de los equipos de muestreo poseen sistemas de captación orientables. El plano horizontal, hacia arriba; presenta la ventaja de muestrear sobre un aire promedio y por lo tanto nos proporcionara muestras más reproducibles, tiene el inconveniente de requerir un sistema de protección para evita la destrucción del colector (generalmente filtro) así como el deposito de residuos en su superficie, que hay que procurar que altere el flujo en el entorno del sistema de captación lo menos posible. El plano horizontal, hacia abajo; presenta las ventajas del anterior, pero con el inconveniente de la posible caída gravimétrica de las partículas más pesadas. El plano vertical presenta la ventaja de no requerir estos sistemas de protección, siendo orientable en una dirección determinada el aire captado no será un aire promedio y las muestras obtenidas serán menos reproducibles, por otra parte, el impacto del viento puede llegar a perturbar la eficiencia de la recolección. (Oak Ridge, 2000).

La elección de uno u otro sistema dependerá de los objetivos del muestreo, si por ejemplo se quiere analizar el impacto de una determinada instalación o la calidad del aire que respira una persona, la toma en el plano vertical permite en el primer caso una orientación en la dirección de ella y en el segundo caso, simular el aire inhalado.

La única consideración a realizar es respecto al hecho de que si el sistema de captación tiene la toma en el plano vertical, se tendrá que indicar su orientación, que será en la dirección predominante del viento, salvo que se pretenda comprobar si los contaminantes proceden de un foco emisor concreto, en cuyo caso se debería orientar en su dirección.

5.4.3.4. Requisitos eléctricos y de seguridad

A la hora de definir el punto de muestreo, sobre todo si se trata de la instalación de un equipo fijo, es necesario tomar en consideración cuestiones como su accesibilidad, la posibilidad de operar en él en condiciones de seguridad, la facilidad para obtener conexiones eléctricas y, en su caso, telefónicas, así como la facilidad para adoptar medidas que eviten los intrusismos. Estas cuestiones en ocasiones predominaran sobre otros aspectos de índole técnico.

El intrusismo se puede evitar en parte dotando al muestreador con una caseta o similar. En este caso, hay que considerar que el sistema de captación de aire debe estar situado fuera de la caseta y a ser posible por encima de ella.

5.4.4. Consideraciones sobre el muestreo

Las más importantes consideraciones sobre el muestreo: tipo, duración y frecuencia y caudal de captación, van a estar directamente relacionadas con los objetivos de este y también con las características del muestreador, y del aire que se pretende captar, un muestreo correctamente realizado será aquel en el cual la combinación de estos tres factores permita que:

- a) En el colector quede depositada una cantidad de materia tal que permita la realización de las determinaciones requeridas con los LLD previamente establecidos.
- b) No se alcancen situaciones de colmatación en el colector de aerosoles que llevarían a una alteración del caudal y a una posible alteración de la eficiencia de recolección ni tampoco situaciones de saturación del adsorbente utilizado para el radioyodo gaseoso.

5.4.4.1. Tipo

El muestreo se puede realizar, al menos, de dos formas distintas, bien de forma puntual, o de corta duración, que es cuando la captación se realiza en un intervalo corto de tiempo y recolectando un volumen predeterminado de aire; bien, de forma continua o de larga duración, que es cuando la captación se realiza a lo largo de un tiempo más prolongado y de forma continua.

En muestreos medioambientales lo más habitual es el muestreo continuo, aunque en el caso de que se prevea la llegada de una nube radiactiva resulta más indicado efectuar muestreos puntuales sucesivos, que pongan de manifiesto la importancia del aporte radiactivo, así como la duración de la contaminación en la atmósfera de la zona muestreada, aspectos ambos que quedarían enmascarados en un muestreo de carácter continuo.

5.4.4.2. Duración del muestreo

En muestreos medioambientales lo más habitual es la recolección continua en intervalos de una semana, mientras que en los puntuales, el intervalo es generalmente igual o inferior a 20 minutos.

5.4.4.3. El caudal de captación

El seleccionar uno u otro equipo y los caudales con los cuales se va a realizar la captación, esta fuertemente relacionada con los objetivos.

En equipo fijos, si se quiere simular la cantidad de aire inhalada por una persona hay que trabajar con equipos que permitan trabajar con valores de caudal en el entorno de los 30 l/min (llamados equipo de bajo flujo), si se quiere determinar la calidad del aire, es conveniente irse a grandes caudales que permitan a posteriori minimizar los límites de detección, por ejemplo 13.000 l/min (llamados equipo de alto flujo); lógicamente, entre estos extremos hay diversas situaciones intermedias. Si se quiere captar radioyodos, hay que tener en cuenta las características del colector para maximizar su eficiencia, esto en general se consigue con un caudal entre 30 y 90 l/min.



En equipos portátiles que en general se usan en situaciones puntuales, los caudales puede variar entre 30 l/minuto y 1800 l/minuto, aproximadamente y se usara uno u otro de nuevo en función del objetivo a alcanzar.

5.4.4.4. Material necesario para realizar el muestreo

Aparte del muestreador, el material requerido dependerá de que la extracción de los correspondientes colectores se realice bien “in situ”, bien en el laboratorio, ahora bien en cualquiera de estos dos casos, es importante poder garantizar que se dispone del material suficiente como para etiquetar y almacenar las muestras hasta su medida evitando la pérdida de deposito, así como evitar la contaminación del instrumental y la contaminación cruzada entre muestras.

5.4.4.5. Personal involucrado, características de formación

A pesar de ser un tema controvertido, se considera que el programa de muestreo debe incluir que 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.

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

6. Procedimiento operativo

6.1. Muestreo

Los controladores de los muestreadores pueden ser del tipo que permite su puesta a cero, o del que no. Por otra parte el soporte del colector puede venir ya preparado, limpio y con el colector o colectores ubicados, desde el laboratorio o realizarse estas operaciones in situ. Estas dos cuestiones condicionan los pasos a realizar en la medida.

Con el equipo parado y los controladores puestos a cero, i bien los valores de inicio anotados, se instala el soporte ya preparado en el muestreador o bien se extrae de él y se coloca el colector, teniendo cuidado de que sus bordes queden debidamente aprisionados por el sistema de fijación. Asimismo, se introduce, en su caso, el cartucho de carbón activo en su habitáculo, asegurándose que haya permanecido aislado de la humedad hasta ese momento.

A continuación, se pone en funcionamiento el muestreador, seleccionando, en su caso, el caudal y/o el tiempo requerido. Se verifica que el paso del caudal no produce alteraciones en la superficie del filtro. Si se dispone de sistema de acondicionamiento del aire, es también el momento de activarlo.

Al terminar el periodo de captación y antes de parar el sistema se debe anotar el registro del caudalímetro. A continuación se para el equipo y se anotaran los registros de los demás controladores.

Acto seguido se extrae el soporte del colector y o bien se introduce en el recipiente adecuado para su transporte al laboratorio o bien se retira de él el colector o colectores usados, siendo estos los que se introducen en contenedores adecuados.

Precauciones fundamentales serán: evitar tanto la pérdida de material recolectado como la dispersión de este al soporte, realizar una inspección ocular del filtro para evaluar su estado de conservación y la homogeneidad de la deposición, cepillar cuidadosamente el soporte antes de proceder de nuevo a su utilización.

6.2. 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: el traslado de la muestra al laboratorio, deberá de realizarse con ésta introducida en un recipiente bien cerrado para evitar la absorción de humedad y las posibles pérdidas de materia, el transporte de las muestras al laboratorio se realizara en el menor tiempo posible

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 de contener todos los datos referentes a la muestra, al punto y periodo de muestreo y al procedimiento y entidad realizadora de este. Así como los datos referentes a la muestra en sí que proporcionen o al menos permitan calcular el tiempo real de muestreo, el volumen total de muestreo y la existencia o no de colmatación superior a un valor predeterminado. Por último, aparecerá la entidad responsable de la toma de muestra y la fecha de realización.

Hay que entender que éstos son contenidos que se han considerado como mínimos, cada entidad realizadora de muestreo deberá adecuar los registros a sus necesidades. Por ejemplo, no se ha considerado, en este registro de mínimos, que se deba incluir el tipo de muestreador ni de colector, ya que deben figurar detallados en el procedimiento correspondiente.

7. Conclusiones

Como resultado del análisis realizado para el muestreo de los aerosoles y opcionalmente los radioyodos 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 la calidad del aire 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 73320-3, titulada “Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad ambiental. Parte 3: Aerosoles y radioyodos” (AENOR. UNE 73320-3, 2004), donde aparecen sintetizadas las conclusiones presentadas en este documento.

8. Referencias

- AENOR UNE 73320-3, 2004. Procedimiento para la determinación de la radiactividad ambiental. Toma de muestras, parte 3: Aerosoles y radioyodos.
- ANSI/HPS N13.1-1999: Sampling and Monitoring Releases of Airborne Radioactive Substances From the Stacks and Ducts of Nuclear Facilities.
- ASTM D1357-95(2000) Standard Practice for Planning the Sampling of the Ambient Atmosphere.
- ASTM D1739: D1739-98(2004) Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter)
- CE (Comunidad Europea): Directiva 1999/30/CE del Consejo, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas: y plomo en el aire ambiente.
- CEI/IEC 61171: Radiation protection instrumentation – Monitoring equipment – Atmospheric radioactive iodines in the environment. 1992.
- CEI/IEC 61172: Radiation protection instrumentation – Monitoring equipment – Radioactive aerosols in the environment. 1992.
- DOE/EH-0173T: Environmental Regulatory Guide for Radiological Effluent Monitoring and Environmental Surveillance. 1991.
- Gavila Frank M.: Radioiodine Collection Filter Efficiency Testing Program at F&J Specialty Products, Inc. 12TH Annual RETS/REMP Workshop, 2002.
- HASL-300 : Methods of Sampling.. Section 2.2: Air., Vol. I, 1997.
- IAEA- Technical Reports Series N° 295: Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. 1989.
- ISO, 1975. General principles for sampling airborne radioactive materials. ISO 2889.
- Kathren, Ronald L.: Radioactivity in the environment: sources, distribution and surveillance. Harwood Academic, 1991.
- NRC Regulatory Guide 1.52: Design, Testing, and Maintenance Criteria for Post-Accident Engineered-Safety-Feature Atmosphere Cleanup System Air Filtration and Adsorption Units of Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants. 1976.

- **NRL Report 6054: Characteristics of Air Filter Media Used for Monitoring Airborne Radioactivity.** By L.B. Lookhart y otros. 1964
- **NUREG-1576, EPA 402-B-04-001A, NTIS PB2004-105421: Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual (MARLAP).** July 2004
- **Oak Ridge Institute for Science and Education: Air Sampling for Radioactive Materials Course (H-119).** STP-00-035. 2000.
- **RAC Report No. 1-CDC-SRS-1999-Final: Savannah River Site Environmental Dose, Reconstruction Project.** 2001.