

NTP 151: Toma de muestras con captadores pasivos



Passive sampling
Ecjhantillonnage de polluants avec dispositifs passifs

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

José Bartual Sánchez
Doctor en Ciencias Químicas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Objetivo

La captación de contaminantes ambientales mediante el empleo de dispositivos pasivos es un sistema útil para la toma de muestras y posterior determinación analítica de una amplia variedad de sustancias de interés en Higiene Industrial.

La presente Nota Técnica tiene por objeto la descripción de las bases y metodología general de este sistema, señalando sus ventajas y limitaciones, con la finalidad de facilitar una correcta utilización de estos dispositivos de toma de muestras.

Fundamento del sistema de captación pasivo

El procedimiento pasivo de captación de muestras tiene su fundamento en los fenómenos de difusión y permeación, por los cuales las moléculas de un gas, que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas hasta repartirse uniformemente en su seno, así como de atravesar una membrana sólida que le presente una determinada capacidad de permeación.

Debido a estos fenómenos, un dispositivo que responda al esquema representado en la figura 1, situado en un ambiente contaminado durante cierto tiempo, será capaz de incorporar sobre el material captador dispuesto en su interior una determinada cantidad del contaminante que será proporcional, entre otros factores, a la concentración ambiental del mismo.

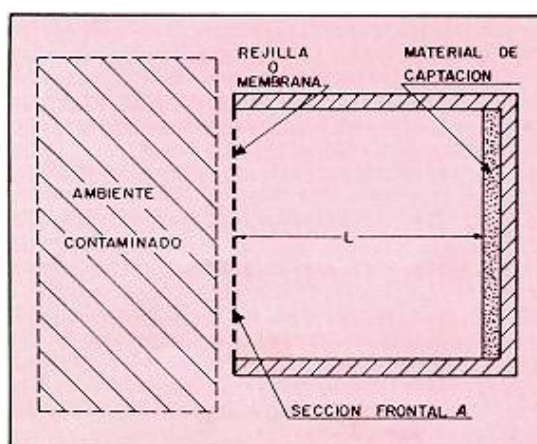


Fig. 1: Captador pasivo

Considerando las leyes físicas de la difusión se llega a la expresión:

$$c = \frac{M.L}{D.A.t}$$

siendo:

C = Concentración ambiental media del contaminante

M = Masa de contaminante captada

t = Tiempo de captación

A = Sección frontal del dispositivo de captación

L = Longitud del espacio interno de difusión

D = Coeficiente de difusión del contaminante

que relaciona la concentración ambiental del contaminante con los parámetros reseñados y constituye la base para, la utilización analítica de los dispositivos de captación de muestras por difusión.

Los parámetros de diseño físico A y L del captador y el coeficiente de difusión D del contaminante pueden englobarse en una constante Q, siendo:

$$Q = \frac{D \cdot A}{L}$$

que tiene las dimensiones de un caudal (volumen/tiempo), por lo que se denomina caudal equivalente de muestreo. De este modo resulta una expresión más sencilla para la concentración ambiental del contaminante captado:

$$C = \frac{M}{Q \cdot t}$$

Los valores de Q deben ser determinados para cada analito y modelo de captador y suele facilitarlos el fabricante del dispositivo de muestreo.

También es posible integrar los parámetros L y A en una constante K, tal que $K = L/A$, y que será característica de cada modelo de captador, con lo que la concentración ambiental del contaminante responderá a la expresión:

$$C = \frac{M \cdot K}{D \cdot t}$$

Algunos fabricantes de captadores pasivos facilitan el valor de esta constante K, con lo que el empleo de sus dispositivos sólo precisa el complemento del conocimiento de los coeficientes de difusión de los diversos contaminantes.

En cualquiera de las expresiones indicadas para la concentración ambiental del contaminante, el valor de M corresponde a la masa del contaminante realmente captada, por lo cual el valor analítico encontrado deberá corregirse siempre que el coeficiente de recuperación analítico sea inferior a la unidad. La determinación de estos coeficientes se puede realizar mediante procedimientos semejantes a los empleados con el mismo fin en los captadores activos y sus valores suelen facilitarlos también los fabricantes de los dispositivos pasivos.

Campo de aplicación

Debido al mecanismo de los fenómenos de difusión, la captación pasiva de muestras sólo es posible para sustancias en fase gaseosa o de vapor.

En consecuencia, el campo de aplicación de los captadores pasivos se centra en la toma de muestras de compuestos volátiles, mayoritariamente de naturaleza química orgánica, cuya presencia en el ambiente sea en estado gaseoso y excluyendo las sustancias que aparezcan, en todo o en parte, en forma de aerosoles.

La lista de compuestos específicos que pueden ser captados con estos dispositivos es ya bastante extensa y continúa incorporando nuevas sustancias, por lo que es recomendable acudir a los catálogos de los fabricantes para obtener una información actualizada.

No obstante puede indicarse que, aparte de otras sustancias, prácticamente todos los compuestos muestreables mediante el sistema activo de captación sobre carbón activo también son susceptibles de captación mediante sistema pasivo.

Las características de la captación pasiva hacen que la utilización de estos dispositivos sea particularmente ventajosa en los casos en que interesan muestras promediadas a lo largo de un tiempo prolongado, de una a varias horas, así como en aquellas circunstancias en que es preciso evitar la distorsión en el ambiente u operaciones de trabajo que conlleva el muestreo activo, o existe una disponibilidad de espacio muy limitado.

Cabe destacar la posibilidad de aplicación de la captación pasiva en dispositivos analíticos de respuesta directa, pero esta aplicación no debe confundirse con la de los sistemas de toma de muestras para su posterior análisis en laboratorio que son objeto de esta Nota.

Ventajas y limitaciones

La toma de muestras con captadores pasivos presenta algunas características ventajosas, tales como:

- a. La simplicidad operativa del sistema y su mínima necesidad de mano de obra.
- b. La facilidad de su empleo debida a no ser necesarias actividades de mantenimiento y calibración de bombas de aire.
- c. Posibilidad de tiempos de muestreo prolongados.
- d. Mínima probabilidad de comisión de errores personales.
- e. Fiabilidad general del método aceptable.

Asimismo, como limitaciones más importantes cabe señalar:

- a. La necesidad de tener un conocimiento exacto del caudal equivalente de muestreo para cada contaminante y tipo de captador.
- b. La invariabilidad del caudal equivalente de muestreo y su valor relativamente bajo.
- c. La sensibilidad del sistema pasivo a factores ambientales físicos y químicos.

Tipos de dispositivos

La variedad de modelos de muestreadores pasivos disponibles en el mercado es creciente. La diferencia fundamental entre ellos se concreta en los materiales empleados como soportes de captación, que incluyen una amplia gama de sustancias, algunas de las cuales son las mismas que se utilizan en los sistemas activos.

En general los captadores pasivos pueden clasificarse en dos tipos: específicos e inespecíficos. Los primeros están diseñados para la captación de un compuesto o un reducido grupo de compuestos en concreto, utilizando un material captador apropiado, que suele actuar por absorción química del analito.

Los captadores inespecíficos, en cambio, permiten el muestreo de un conjunto de compuestos muy amplio, utilizando material captador de tipo adsorbente, por lo general.

Otra posible distinción entre los muestreadores pasivos se basa en la utilización de una rejilla o placa porosa para cerrar la boca del captador, propia de los dispositivos normales de difusión, o el empleo como cierre de una membrana permeable, característico de los dispositivos que actúan mediante permeación - difusión.

En cuanto a la estructura física, se da una cierta variedad de modelos, presentándose con formas circulares, rectangulares o cilíndricas, construídas con materiales diversos, siempre de dimensiones y peso muy reducidos (figura 2).

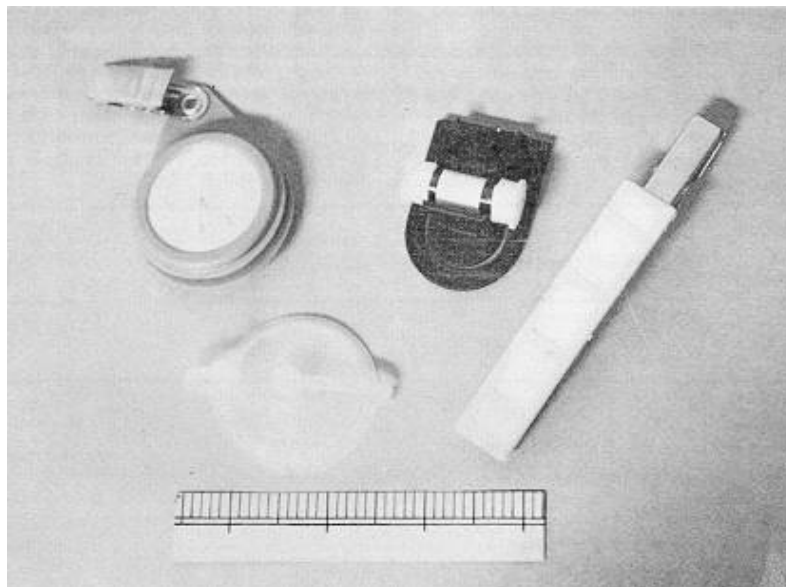


Fig. 2: Estructura física de los diferentes dispositivos

Condiciones de la toma de muestras

Debido a las características de los captadores pasivos, la toma de muestras con uno de estos dispositivos sólo admite como variable de elección la duración del muestreo. El valor máximo para este tiempo dependerá del caudal equivalente del contaminante a determinar, de su concentración ambiental estimada y de la capacidad de carga límite M_{max} del muestreador, debiéndose cumplir la relación:

$$t < \frac{M_{max}}{CQ}$$

Como ya se ha indicado, el caudal equivalente Q (o la constante K) y también la capacidad de carga límite Mmax son datos específicos que debe suministrar el fabricante del dispositivo utilizado.

Cuando puedan estar presentes en el ambiente varios contaminantes se deberá considerar especialmente el tiempo de muestreo, para evitar la saturación del captador por el conjunto de los contaminantes o la posible disminución de la capacidad límite para alguno de ellos por la influencia de otro. Un caso frecuente, en el que deberán tenerse en cuenta estas indicaciones, será cuando la humedad ambiental sea alta y se realice una toma de muestras de compuestos poco polares (disolventes u otros compuestos orgánicos) con un dispositivo provisto de captador adsorbente.

Otra condición a cumplir en la toma de muestras con dispositivos pasivos es que la masa de aire alrededor del captador no esté en reposo absoluto. Esta situación negativa no es fácil que se produzca en las tomas de muestras personales, pero sí deberá cuidarse en las tomas de muestras de ambiente. Una velocidad frontal del aire mayor de 7 cm/seg. es suficiente para evitar cualquier factor de desviación por este motivo.

En cuanto a la influencia de la temperatura, debe tenerse en cuenta que los valores extremos pueden producir ligeras variaciones en los resultados de los muestreos. En general se considera posible una variación máxima en el valor experimental de la cantidad de analito captada de un 0,2% por cada $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de diferencia de temperatura.

Procedimiento de muestreo

Los captadores pasivos deben mantenerse en todo momento, aparte del periodo de muestreo, perfectamente cerrados o al abrigo de sus envoltorios de protección. Por esta razón, la apertura y preparación de estos dispositivos deberá realizarse de modo inmediato antes de iniciar la toma de muestras.

La elección de los puntos de muestreo y colocación de los captadores pasivos se debe realizar con los mismos criterios empleados con los sistemas activos para asegurar la representatividad de las muestras, cuidando el aspecto ya señalado de evitar los lugares en los que el aire pudiera estar en completo reposo.

Transcurrido el periodo de muestreo, se volverá a cerrar los captadores con cuidado, identificándolos adecuadamente y anotando los correspondientes tiempos de muestreo.

Debido al hecho de no precisar sistemas de bombeo, ni perturbar de modo apreciable la labor del trabajador, los captadores pasivos son adecuados para realizar muestreos simultáneos con dos o más unidades, a efectos de promediar resultados o resaltar diferencias significativas de exposición o nivel de contaminación ambiental. Esta posibilidad tiene particular interés en situaciones de gran irregularidad en el nivel de presencia del contaminante o de la exposición personal. No obstante, en los casos de toma de muestras simultáneas es recomendable no acumular demasiados dispositivos en una vecindad inmediata, para evitar una captación competitiva que proporcionaría resultados inferiores a los reales.

Transporte y almacenamiento

En su manipulación los captadores pasivos deben ser objeto de los mismos cuidados que los dispositivos de muestreo activo. En el caso de los muestreadores que utilizan material de captación por adsorción se deberá cuidar particularmente de la temperatura a la que puedan estar sometidos, recomendándose su conservación en nevera siempre que sea posible.

En estas condiciones la estabilidad de los captadores pasivos, debidamente cerrados, es suficiente para la práctica analítica habitual, permitiendo un almacenamiento en nevera de hasta dos semanas sin pérdidas apreciables.

Para enviar las muestras al laboratorio deberán tenerse en cuenta las instrucciones generales sobre la toma y envío de muestras, relativas principalmente a la muestra "blanco", al etiquetado e identificación y a la solicitud de análisis (N.T.P. 19.82).

Bibliografía

(1) KELLEY, W.D. Ed.

Dosimetry for Chemical and Physical Agents

Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., Vol. 1 (1981), Cincinnati.

(2) ROSE, V.E. and PERKINS, J.L.

Passive dosimetry-state of the art review

Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1982, 43(8), 605-21

(3) BARTUAL, J.

Sistemas de toma de muestras pasivos

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Documento técnico 1984/29
