



# Plan de Monitoreo Global de Contaminantes Orgánicos Persistentes

## PROCEDIMIENTO PARA EL MUESTREO DE AIRE USANDO CAPTADORES PASIVOS

Junio 2017



Basel Convention Coordinating Centre  
Stockholm Convention Regional Centre  
URUGUAY



Research Centre  
for Toxic Compounds  
in the Environment

## PROCEDIMIENTO PARA EL MUESTREO DE AIRE USANDO CAPTADORES PASIVOS (PAS)

### 1 INTRODUCCIÓN

Este procedimiento ha sido elaborado para dar apoyo a la Implementación del Plan de Vigilancia Mundial (PVM) de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)<sup>1</sup> bajo el Convenio de Estocolmo. El programa incluye a los países participantes en África, Asia, Latinoamérica y el Caribe y las Islas del Pacífico, en los proyectos financiados por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM)<sup>2</sup>.

El objetivo del presente procedimiento es describir la gestión de captadores pasivos de aire (PAS) para el muestreo de contaminantes, incluyendo la sistemática de montaje y desmontaje de los mismos, así como su mantenimiento. Esta sistemática será aplicable a la instalación en localizaciones urbanas, suburbanas, rurales y remotas.

Los contaminantes que se contemplan para el muestreo con PAS son:

COP básicos (aldrín, dieldrín, endrín, *cis*-clordano, *trans*-clordano, *cis*-nonaclor, *trans*-nonaclor, oxiclordano, heptacloro, *cis*-heptacloro epóxido, *trans*-heptacloro epóxido, *p,p'*-DDT, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDE, *o,p'*-DDE, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDD, mirex, hexaclorobenceno, toxafeno), dibenzo-*p*-dioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF) y bifenilos policlorados (PCB).

El procedimiento también será aplicable igualmente para la captación de los nueve COP listados por la Conferencia de las Partes en su cuarta sesión: líndano ( $\gamma$ -HCH),  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH, éteres de difenilos polibromados (PBDE), hexabromobifenilo (PBB), clordecona, pentaclorobenceno, ácido perfluorooctano sulfónico sus sales y fluoruro de perfluorooctano sulfonilo; en su quinta sesión: endosulfán; en su sexta sesión: hexabromociclododecano (HBCD).

---

<sup>1</sup> En inglés: Global Monitoring Plan (GMP) for Persistent Organic Pollutants (POP)

<sup>2</sup> En inglés: Global Environment Facility (GEF)

## 2 MATERIALES, MONTAJE Y DESMONTAJE DE LOS CAPTADORES

### 2.1 MATERIALES

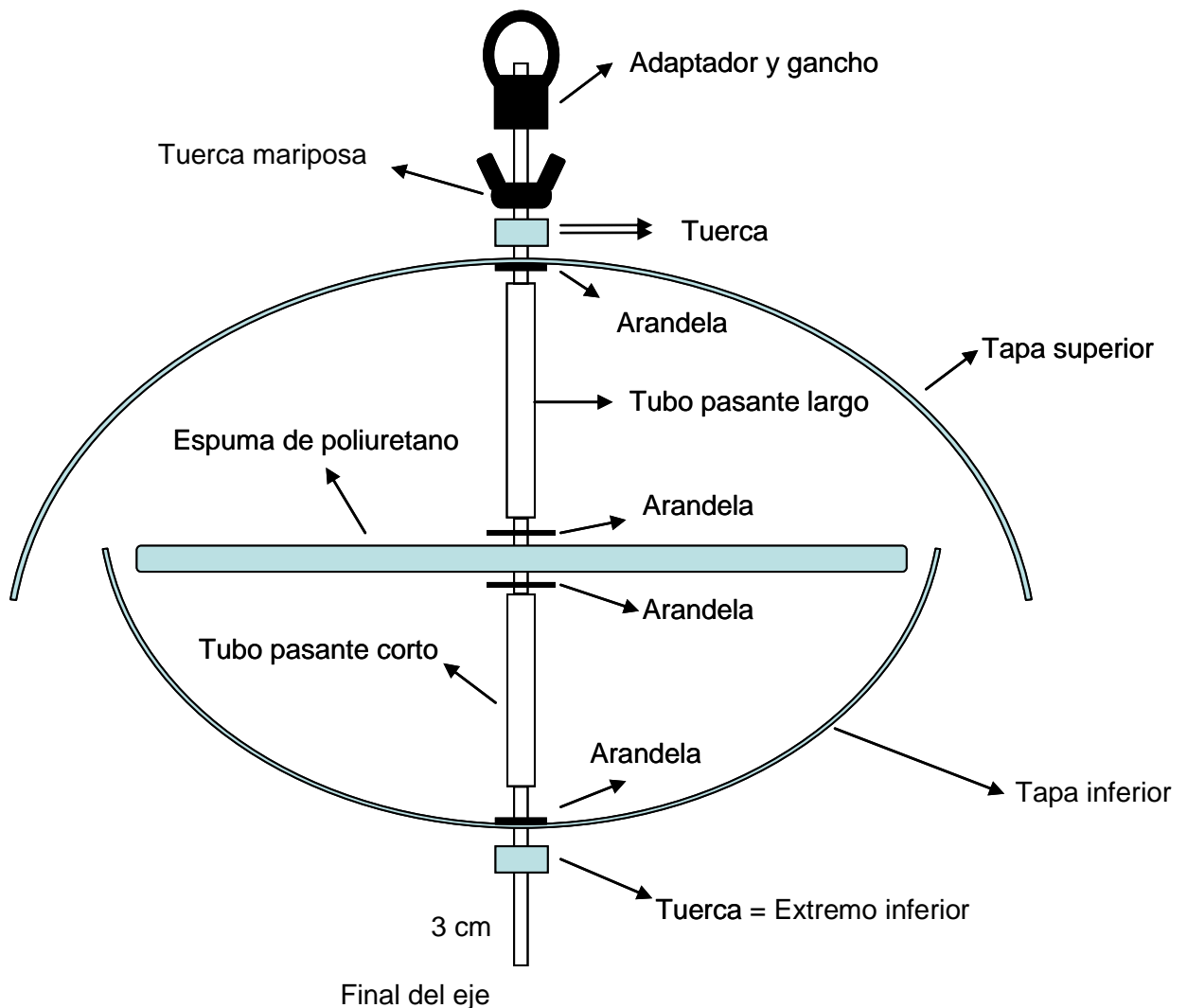
Las partes que componen un captador pasivo de aire son:

- Tapa superior e inferior: la superior de mayor tamaño que la inferior
- Eje roscado: uno
- Tubos pasantes: uno largo (10 cm) y otro corto (7 cm)
- Arandelas: cuatro
- Tuercas: dos
- Tuerca mariposa: una
- Gancho: uno
- Adaptador para gancho: uno

*Esta configuración hace referencia al muestreador 'tipo CSIC', pudiéndose observar ligeras variaciones en otros diseños de captadores, si bien todos ellos se basan en el mismo principio.*



Esquema de montaje del captador mostrando las distintas piezas:



## 2.2 MONTAJE DEL CAPTADOR

El montaje del captador de aire se realizará, preferentemente, empezando por la parte inferior y acabando por la parte superior. A continuación se describe, paso a paso, y de forma secuencial:

1. Colocar el eje roscado en posición vertical. Por la parte inferior se enrosca una tuerca que tendrá la función de extremo inferior. La tuerca debe de quedar a tres centímetros del final del eje. Posteriormente, se inicia el proceso de montaje, añadiendo las diferentes piezas por la parte superior del eje hasta completar el montaje.

2. Por encima de la tuerca se incorpora la tapa inferior, seguido de una arandela, el tubo pasante corto y, finalmente, otra arandela.
3. Incorporación de la espuma (disco) de poliuretano (Ver 2.3):
  - En primer lugar, se realiza un orificio en el centro del disco de poliuretano, utilizando dos pinzas que tendrán las puntas envueltas en papel de aluminio.
  - Una vez realizado el orificio, con la ayuda de las pinzas, o con las propias manos pero utilizando papel de aluminio para sujetar el disco, de manera que NUNCA se toque directamente la espuma con las manos, se introduce el disco en el eje y se posiciona tocando a la última arandela colocada.
  - Con el disco en su lugar, se coloca otra arandela, que quedará también en contacto con él por la parte superior. Las dos arandelas mantienen el disco en su posición.
4. Colocar el tubo pasante largo seguido de una arandela y, finalmente, la tapa superior. Enroscar la segunda tuerca para cerrar el captador. Para que el conjunto no se abra, incorporar la tuerca mariposa por encima de la otra tuerca.
5. Instalación del captador: Se enrosca a la parte superior del eje el adaptador y el gancho. El gancho permite instalar y posicionar el captador en el soporte. Se debe ajustar y sujetar con firmeza para evitar posibles caídas que podrían invalidar la captación. No obstante, la instalación del gancho es opcional y dependerá de la ubicación final del captador. En cualquier caso, el captador SIEMPRE debe permanecer vertical, con la tapa superior (la más grande) arriba, durante toda la captación, tal y como se muestra en la foto a continuación:



6. Identificar el captador pasivo de aire con los datos de la captación:

- a) Localización
- b) Código identificativo del captador (Ver 2.5)
- c) Fecha de inicio del muestreo
- d) Fecha prevista de finalización del muestreo
- e) Compuestos a analizar

7. Anotar en la planilla (archivo MsExcel adjunto, Ver 6) todos los datos de la captación, así como cualquier incidencia que pudiera haberse producido.

NOTA: durante el proceso de montaje y desmontaje de los captadores, los técnicos responsables de cada operación deben estar equipados con guantes de *latex* o equivalentes.

### 2.3 MATERIALES AUXILIARES

Además de las piezas que componen el captador, se necesitará:

- Disco de espuma de poliuretano convenientemente acondicionado (Ver 2.4)
- Papel de aluminio
- Pinzas: Dos
- Cutter o tijeras
- Lámina de plástico de cierre extensible para sellar tipo zip-lock
- Guantes de *látex* o equivalentes
- Acetona y/o etanol para limpiar las piezas del captador
- Bolsa de basura
- Rotulador marcador permanente
- Libreta para anotar datos e incidencias de la captación

### 2.4 ACONDICIONAMIENTO DE LAS ESPUMAS DE POLIURETANO (PUFs)

El acondicionamiento de las espumas (discos) de poliuretano (PUFs) tiene por objeto eliminar cualquier tipo de impureza o compuesto no deseado que pueda contener, y que se pueden haber producido durante la fabricación del PUF, o haberse incorporado durante su almacenamiento.

NOTA: Este proceso de acondicionamiento se realizará en el laboratorio de referencia previamente al envío de los PUFs a los distintos países para su utilización en las captaciones.

*Proceso de acondicionamiento:*

1. Introducir la espuma en un vaso de precipitados de 2000 ml y añadir agua ultra pura de forma que quede cubierta. Apretar la espuma para asegurarse que queda totalmente mojada. Añadir más agua ultra pura en el caso de no quedar sumergida. Este proceso puede incluir la limpieza simultánea de varias espumas.

2. Poner el vaso en un baño de ultrasonidos y sonicar durante 15 minutos.
3. Decantar este primer lavado con agua ultra pura, eliminar el agua de la espuma y volver a lavar repitiendo los pasos 1 y 2.
4. Una vez realizado los dos lavados, se eliminan los restos de agua que pudieran haber quedado retenidos en la espuma de poliuretano. En un cuerpo Soxhlet del diámetro adecuado (para que la espuma no quede muy comprimida), se introduce ésta y se procede a realizar una extracción con acetona de calidad para análisis de residuos, durante 24h.
5. Una vez terminado el periodo de extracción, se elimina el exceso de acetona de la espuma de poliuretano, y se procede a realizar una segunda extracción, con un disolvente distinto, pero durante el mismo tiempo y en las mismas condiciones aplicadas para la extracción con acetona. El disolvente empleado en la segunda extracción depende del tipo de compuestos que se pretenden captar y analizar posteriormente en la espuma:
  - diclorometano, si se va a realizar la captación y análisis de los COP básicos (Basic-POPs) o los 6 PCBs indicadores.
  - tolueno, si se va a realizar la captación y análisis de dioxinas y compuestos tipo dioxina, así como para el caso de los compuestos bromados (PBDEs, HBCD y HxBB)
  - metanol, si se va a realizar la captación y análisis de compuestos fluorados (PFOS y otros compuestos relacionados)
6. Una vez finaliza la segunda extracción se elimina el exceso de disolvente de la espuma de poliuretano y, en un desecador mediante vacío, se terminan de eliminar los restos de disolvente, finalizando el proceso cuando la espuma esté totalmente seca.
7. La espuma de poliuretano, una vez seca, se protege de la luz envolviéndola en papel de aluminio.
8. Se etiqueta con la fecha de limpieza y de caducidad y se guarda en un lugar oscuro y seco hasta su utilización.

NOTA: Las espumas son de un ÚNICO uso. Una vez utilizadas en un muestreo no se pueden reutilizar, recuperar o reciclar.

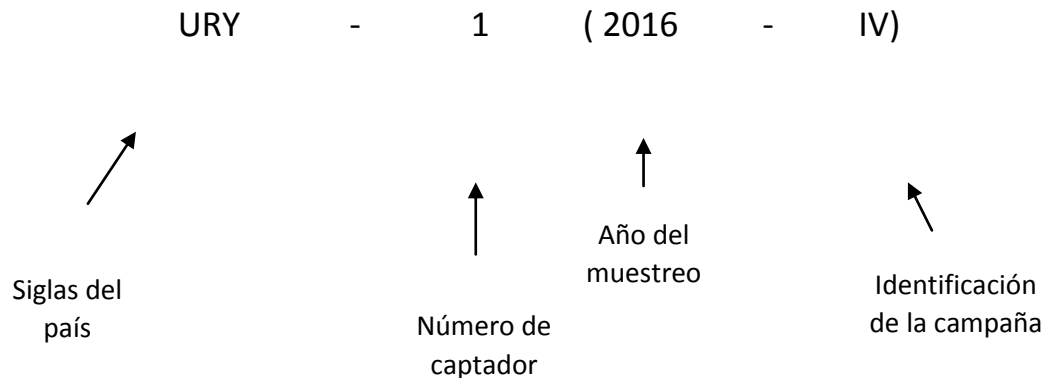
## 2.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS CAPTADORES Y LOS DISCOS PUFs

Para evitar cualquier tipo de error con los captadores y los discos de poliuretano que se emplean para la captación, se utiliza un código de ONU Ambiente que consta de un conjunto de letras y números que definen inequívocamente: el país donde se instala cada captador, el año de la captación y el número de campaña dentro de ese año, así como los compuestos a determinar en cada espuma después de la captación. Los captadores serán identificados en las dos tapas con su código correspondiente.

De este modo, un código ONU Ambiente estará compuesto siempre de: un primer conjunto de tres letras que hará referencia al país, seguido de un guión y un número

de captador (relacionado con los compuestos a determinar), y seguido, entre paréntesis, del año del muestreo (con cuatro cifras) junto con la identificación del número de campaña en números romanos.

Como ejemplo de código identificativo sería:



- El primer grupo de tres letras corresponde a las siglas del país según la nomenclatura de Naciones Unidas, utilizando los códigos ISO. (Ver Tabla 1 y <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49alpha.htm>.)
- El número tras el guión corresponde a la codificación de los diferentes captadores que se instalarán y se relaciona con el tipo de análisis que se realizará, así como con el laboratorio que se encargará de realizar el análisis. (Ver Tabla 2)
- El número escrito en números romanos tras el año de muestreo identificará a cada una de las campañas que se realicen dentro de un mismo año. (Ver Tabla 3)

Tabla 1: Código ISO para la identificación del país. Primer conjunto de tres letras del código de las muestras.

África:

PAÍS	CÓDIGO PAÍS
República Democrática del Congo	COG
Egipto	EGY
Etiopía	ETH
Ghana	GHA
Kenya	KEN



Mali	MLI
Marruecos	MAR
Mauricio	MUS
Nigeria	NGA
Senegal	SEN
Tanzania	TZA
Togo	TGO
Túnez	TUN
Uganda	UGA
Zambia	ZMB

Asia:

PAÍS	CÓDIGO PAÍS
Camboya	KHM
Indonesia	IDN
Laos	LAO
Mongolia	MNG
Tailandia	THA
Vietnam	VNM

Latinoamérica y el Caribe:

PAÍS	CÓDIGO PAÍS
Antigua y Barbuda	ATG
Argentina	ARG

Barbados	BRB
Brasil	BRA
Chile	CHL
Colombia	COL
Ecuador	ECU
Jamaica	JAM
México	MEX
Perú	PER
Uruguay	URY

Islas del Pacífico:

PAÍS	CÓDIGO PAÍS
Fiji	FJI
Islas Marshall	MHL
Islas Salomón	SLB
Kiribati	KIR
Niue	NIU
Palau	PLW
Samoa	WSM
Tuvalu	TUV
Vanuatu	VUT

Tabla 2: Codificación de los captadores; indica a la vez el tipo de análisis a realizar y el laboratorio encargado de realizarlo.

<b>Nº</b>	<b>CORRESPONDE A:</b>
-----------	-----------------------

CAPTADOR	
1	Análisis de los COP básicos (Basic-POPs) plaguicidas en el Laboratorio de Referencia
2	Análisis de los COP básicos (Basic-POPs) plaguicidas en el Laboratorio Nacional
3	Análisis de los COP básicos PCBs indicadores en el Laboratorio de Referencia
4	Análisis de los COP básicos PCBs indicadores en el Laboratorio Nacional
5	<p>Análisis de contaminantes orgánicos persistentes como las dioxinas (PCDD, PCDF y PCB tipo dioxinas) en el Laboratorio de Referencia, dato promedio anual</p> <p>Los 4 discos PUFs serán enviados al Laboratorio de Referencia quien los combinará para obtener la muestra anual y proceder a su análisis.</p>
6	<p>Análisis de contaminantes orgánicos persistentes como las dioxinas (PCDD, PCDF y PCB tipo dioxinas) en el Laboratorio Nacional, dato promedio anual</p> <p>El laboratorio nacional combinará los 4 discos PUFs para obtener la muestra anual y proceder a su análisis</p>
7	Análisis de contaminantes orgánicos persistentes como las dioxinas (PCDD, PCDF y PCB tipo dioxinas) en el Laboratorio de Referencia, dato por campaña individual
8	Análisis de contaminantes orgánicos persistentes como las dioxinas (PCDD, PCDF y PCB tipo dioxinas) en el Laboratorio Nacional, dato por campaña individual
9	<p>Análisis de contaminantes orgánicos persistentes bromados (PBDE, HBCD y PBB) en el Laboratorio de Referencia</p> <p>Se analizarán los discos PUFs individuales, lo cual arrojará 4 datos anuales estacionales</p>
10	<p>Análisis de contaminantes orgánicos persistentes bromados (PBDE, HBCD y PBB) en el Laboratorio Nacional</p> <p>Se analizarán los discos PUFs individuales, lo cual arrojará 4 datos anuales estacionales</p>
11	<p>Análisis de contaminantes orgánicos persistentes (PFOS) en el Laboratorio de Referencia</p> <p>Se analizarán los discos PUFs individuales, lo cual arrojará 4 datos anuales estacionales</p>

12	Análisis de contaminantes orgánicos persistentes (PFOS) en el Laboratorio Nacional Se analizarán los discos PUFs individuales, lo cual arrojará 4 datos anuales estacionales
----	---

Tabla 3: Número romano: Identifica el nº de campaña (cada campaña durará 90 días).

CAMPAÑA	CORRESPONDE A:
I	1ª Campaña
II	2ª Campaña
III	3ª Campaña
IV	4ª Campaña

## 2.6 DESMONTAJE DEL CAPTADOR

La recogida del disco de poliuretano, una vez finalizada la captación, se debe realizar con cuidado para evitar cualquier incidencia que pueda cuestionar la validez de la captación. Los pasos a seguir para el desmontaje del captador son:

1. Retirar el captador del soporte donde haya estado colocado durante la captación.
2. A partir de este momento se procederá a desmontar el captador siguiendo esta secuencia de pasos:
  - a. Retirar el gancho y el adaptador.
  - b. Desenroscar la tuerca mariposa y la tuerca superior. Retirar la tapa superior.
  - c. Retirar la primera arandela, el tubo pasante largo y la segunda arandela (con pinzas). Retirar el disco de poliuretano con la ayuda de dos pinzas con las puntas envueltas en papel de aluminio, o con las propias manos pero utilizando papel de aluminio para sujetar el disco, de manera que NUNCA se toque directamente la espuma con las manos.
  - d. Envolver el disco en una lámina de papel de aluminio.
  - e. Envolver de nuevo este conjunto en una segunda lámina de papel de aluminio y rotularlo con un marcador permanente, con el mismo código identificador asignado previamente al captador (Ver 2.5).
  - f. Acabar de desmontar el resto de las piezas que forman el captador: arandela, tubo pasante corto, arandela, tapa inferior, tuerca y eje.

Los discos son trasladados refrigerados hasta el laboratorio y almacenados en el congelador, a aproximadamente  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta su análisis o envío al laboratorio de referencia correspondiente.

Una vez al año será necesario realizar blancos de muestreo, lo que consistirá en discos que no son expuestos en los captadores. Para ello se llevarán discos acondicionados y envuelto en papel de aluminio iguales a los que se van a cambiar pero etiquetados

como "0". Se desenvuelven en el mismo momento que los discos que van a ser cambiados en los captadores y se mantienen así mientras dura el proceso de montaje de los nuevos discos. Una vez finalizado dicho procedimiento se envuelven nuevamente con una nueva lámina de papel de aluminio, se etiquetan y se transportan y almacenan junto con los demás discos correspondientes a la campaña. Se utilizarán tantos discos como sustancias o grupos de sustancias vayan a ser recolectados en el muestreo convencional.

Tomar fotografías de cada muestreo.

*NOTA: durante el proceso de montaje y desmontaje de los captadores, los técnicos responsables de cada operación deben estar equipados con guantes de látex o equivalentes.*

## 2.7 MANTENIMIENTO

Los captadores están fabricados en acero inoxidable, por lo tanto su mantenimiento se reducirá a una limpieza de las superficies internas con acetona o etanol, para eliminar el polvo o restos que puedan quedar adheridos.

Arandelas, tuercas y otros elementos roscados, junto con las piezas que hayan estado en contacto con la espuma de poliuretano, se limpiarán igualmente con acetona o etanol entre una captación y la siguiente.

## 3 MUESTREO

### 3.1 CONSIDERACIONES SOBRE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Entre los requisitos que deben cumplir las zonas o puntos de muestreo cabe señalar la disponibilidad de observaciones meteorológicas, de forma de disponer de mediciones auxiliares como pueden ser: composición atmosférica, velocidad del viento, temperatura y humedad.

### 3.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Los captadores se cuelgan verticalmente con la tapa más grande arriba, a una altura de 1.5-2.0 m por encima del suelo, en la zona de respiración del hombre. Normalmente se cuelgan de instalaciones metálicas, ubicándolas en terrenos abiertos y sin obstáculos significativos, de modo que la corriente de aire alrededor de los captadores sea óptima.



### 3.3 FECHAS Y FRECUENCIA DE MUESTREO

El período de exposición es de 3 meses para cada campaña, por lo que son 4 campañas por año, durante 2 años. En cada captador será colocado un disco PUF por trimestre, lo que totaliza 4 discos PUF en el año/captador, durante 2 años.

El primer trimestre comienza el día 1 de enero en cada país y finaliza el 31 de marzo para la totalidad de los países.

Todos los países gestionarán los captadores en las mismas fechas (en simultaneo) según se establece en el archivo Excel *UNEP-GEF Project/Region –samples template – country name*.

## 4 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS SOBRE LOS EQUIPOS DE MUESTREO

El Laboratorio de Referencia enviará a cada país los captadores y los discos PUF acondicionados según lo descrito en este documento (Ver 2.4).

El número de captadores y discos PUFs es de acuerdo a las capacidades analíticas de cada país, con un mínimo de 8 captadores y un máximo de 12.

Los discos PUFs una vez recibidos se guardan en un lugar oscuro y seco hasta su utilización.

## 5 ALMACENAMIENTO, EMPAQUE Y ENVÍO DE PUFs TRAS EL MUESTREO

Tras las captaciones, los discos PUFs son almacenados en los laboratorios en el congelador, a aproximadamente  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta su análisis o envío al laboratorio de referencia correspondiente.

### **Para América Latina y el Caribe:**

Los discos PUFs correspondientes a los muestreadores 1, 3, 5, 7 y 9 serán enviados al CSIC:

Dr. Esteban ABAD HOLGADO  
Científico Titular  
Laboratorio de Dioxinas  
IDAEA/CSIC  
C/ Jordi Girona 18-26  
E08034 Barcelona  
España

Los discos PUFs correspondientes al muestreador 11 serán enviados al MTM:

Dr. Heidelore FIEDLER  
Profesor  
Örebro University  
MTM Research Center  
School of Science and Technology  
SE-701 82 Örebro  
Sweden

### **Para las demás regiones:**

Los discos PUFs correspondientes a los muestreadores 1, 3 y 9 serán enviados al IVM:

Prof. Dr. Jacob de Boer  
Vrije Universiteit Amsterdam  
Head Dep. Environment and Health  
De Boelelaan 1108  
1081HZ Amsterdam  
The Netherlands

Los discos PUFs correspondientes a los muestreadores 5, 7 y 11 serán enviados al MTM:

Dr. Heidelore FIEDLER  
Profesor  
Örebro University  
MTM Research Center  
School of Science and Technology



SE-701 82 Örebro  
Sweden

La modalidad de envío de las espumas será acordada con el laboratorio de referencia, el cual estará debidamente informado de dicho envío y de los datos del mismo para poder seguirlo.

## 6 DOCUMENTACIÓN

Se adjunta un archivo de MsExcel para documentar cada evento de muestreo. El archivo de Ms Excel - llamado "muestreo pasivo de aire GMP2" contiene las siguientes hojas de trabajo e información:

Hoja de "Georeferencias"

Esta hoja proporciona un resumen de la información relativa a la localización y condiciones en que se lleva a cabo el muestreo:

Nombre del país:	Nombre completo y el código ISO_3
Sitio/Lugar:	Nombre abreviado asignado
Dirección:	Dirección Física
Clasificación del sitio:	Remoto, urbano, rural
Coordenadas GPS:	Grados: Latitud y longitud Decimales: Latitud y longitud
Altura del captador: en metros	
Narrativa:	Breve descripción de las características del lugar
Institución responsable:	Nombre de la institución que realiza el muestreo
Fotografías:	Insertar una fotografía del sitio de muestreo

## 7 ABREVIATURAS

COP Contaminantes Orgánicos Persistentes

FMAM Fondo Mundial para el Medio Ambiente

ISO Organización Internacional de Normalización (por su sigla en inglés)

PUF Espuma de poliuretano (por su sigla en inglés)

PVM Plan de Vigilancia Mundial



## 8 REFERENCIAS

- <sup>1</sup> UNEP (2015): Guidance on PFAS analysis in water for the Global Monitoring Plan on POPs.  
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/POPs/PFAS/Guide%20PFAS%20waterUNEP%202015.pdf>