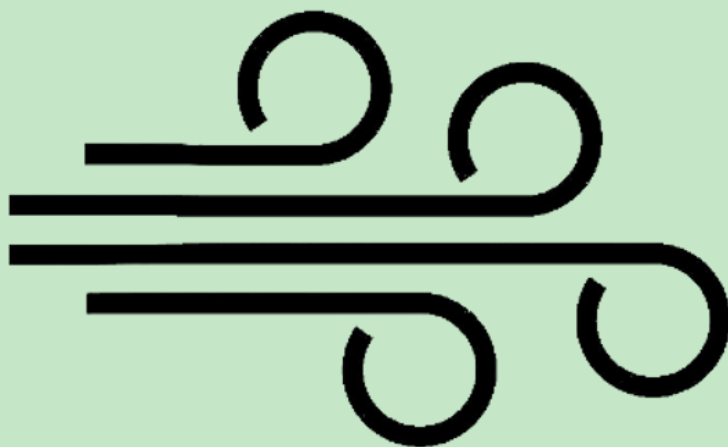


**Muestreo pasivo de
contaminantes orgánicos
persistentes (COP)
en el aire ambiente
Metodología y procedimiento**



AGRADECIMIENTOS

Este documento ha sido preparado por:

Este Procedimiento Operativo Estándar (SOP) ha sido desarrollado dentro del programa financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) titulado “Programa Global de Monitoreo de Sustancias Químicas para Apoyar la Implementación de los Convenios de Estocolmo y Minamata (GCMP)” (GEF ID 11534), incluyendo sus proyectos globales y regionales. Para apoyar el monitoreo armonizado de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) y mercurio bajo el GCMP, se ha desarrollado una serie de SOPs. Estas SOPs cubren las matrices de aire, leche humana y agua para los COPs, y aire para el mercurio.

El documento ha sido preparado por la Unidad de Ciencia y Política Química, Rama de Química y Salud del PNUMA, en colaboración con Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá y RECETOX, Universidad Masaryk de la República Checa. El documento fue desarrollado dentro del marco de la “Coordinación global del Programa Global de Monitoreo de Sustancias Químicas para apoyar la implementación de los Convenios de Estocolmo y Minamata” financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Global (GEF, ID 11535).

Se reconoce a los miembros del Grupo de Coordinación Global (GCG) del Plan Global de Monitoreo (GMP) bajo la Convenio de Estocolmo, la secretaría de la Convenio de Estocolmo, los centros regionales, BCRC-SCRC Senegal, ICIPE/SCRC Kenia, BCRC-SCRC China, BCRC-SCRC Uruguay y BCRC-SCRC Caribe por su revisión perspicaz y sus contribuciones al desarrollo de este documento. El documento ha sido elaborado con la ayuda financiera del GEF.

Maquetación y diseño gráfico: Unidad de Ciencia y Política Química.



LISTA DE SIGLAS

BFR	Retardante de llama bromado
dl-COP	COP similares a dioxinas
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GCMP	Programa mundial de vigilancia de químicos
GMP	Plan Global de Monitoreo bajo el Convenio de Estocolmo sobre COP
ID	Identificación
ISO	Organización Internacional de Normalización
MPT	Tubos de polietileno microporosos
PAS	Muestreadores de aire pasivos
PFAS	Sustancias per-y polifluoroalquiladas
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
PUF	Espuma de poliuretano
SIP	Disco de espuma de poliuretano impregnado con sorbente
SOP	Procedimiento operativo estándar
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

ÍNDICE

Agradecimientos	2
Lista de siglas	3
Listas de figuras	5
Listas de tablas	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Muestreo pasivo de aire bajo el GCMP	6
2. FRECUENCIAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS	7
2.1. Frecuencias de muestreo	7
2.2. Análisis	9
3. SELECCIÓN DE SITIOS DE MUESTREO	10
3.1. Requisitos de los sitios de muestreo	10
4. MATERIALES E INSTALACIÓN DEL PAS	11
4.1. Materiales necesarios para el ensamblaje de PAS	12
4.2. Montaje de PAS	12
4.3. Prelimpieza de discos PUF y discos SIP	13
4.4. Identificación y etiquetado de muestreadores, discos PUF y discos SIP	14
4.5. Colección de discos PUF y discos SIP	15
4.6. Transporte y almacenamiento de discos PUF y SIP	16
5. DOCUMENTACIÓN	17
6. REFERENCIAS	18

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Instalaciones de PAS y despliegue de discos PUF

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Muestreadores de aire pasivos desplegados en el campo 10

Figura 2. Haz un esquema con las diferentes partes de un PAS. 11

Recuadro 1. Procedimiento para pre-limpiar discos PUF14

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Los muestreadores pasivos de aire (PAS) detallan la duración del número de muestras de PUF y el grupo de COP a muestrear 8

Tabla 2. Calendario recomendado de muestreo para PAS 1 y 2. 8

Tabla 3. Calendario recomendado de muestreo para PAS 3, 4, 5, 6, 7 y 88

1. INTRODUCCIÓN

Desde 2005, el PNUMA ha implementado proyectos de monitoreo de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) a través de iniciativas del Plan Global de Monitoreo (GMP) del convenio de Estocolmo, financiadas por el GEF, fortaleciendo las capacidades de monitoreo de COP en países en desarrollo y en transición. Estos proyectos han contribuido con datos para la evaluación de la eficacia del Convenio de Estocolmo.

El objetivo de este procedimiento es describir la gestión de los Muestreadores de Aire Pasivos (PAS) para el muestreo de COP bajo el Programa Global de Monitoreo de Sustancias Químicas (GCMP), incluyendo los pasos principales para el ensamblaje, instalación, recogida, almacenamiento y transporte de muestras, y el mantenimiento de los muestreadores pasivos de aire. Este procedimiento es aplicable para el despliegue de PAS en todo tipo de sitios de muestreo, incluyendo zonas urbanas, suburbanas, rurales y remotas.

1.1. Muestreo pasivo de aire bajo el GCMP

Los muestreadores de aire pasivos (PAS) que utilizan discos de espuma de poliuretano (PUF) fueron desarrollados como un método sencillo y rentable, y ha sido recomendado su uso en proyectos globales de monitoreo bajo el Convenio de Estocolmo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] y la Secretaría de la Convenio de Estocolmo 2025). Debido a la simplicidad del proceso y al bajo requerimiento de espacio del PAS, el despliegue y recuperación de muestras trimestralmente puede realizarse con un compromiso de tiempo mínimo (por ejemplo, normalmente unas pocas horas de tiempo de operador al año). Como resultado, los costes para mantener la muestra son mínimos e incluyen principalmente los costes relacionados con el envío de muestras hacia y desde los sitios de muestreo.

Es útil consultar el capítulo 4.1 Aire del Documento de Orientación para el Plan Global de Monitoreo (GMP) del Convenio de Estocolmo (PNUMA y Secretaría de la Convenio de Estocolmo 2025), que incluye información detallada sobre la teoría del muestreo pasivo, consideraciones para la selección y caracterización de los sitios, así como nuevos métodos de regresión del uso del suelo y aplicaciones para la interpretación de datos. Continuar el muestreo en los sitios GEF empleados durante proyectos anteriores de PNUMA/GEF permitirá ampliar la información de tendencias temporales para los COP cuyos datos previos se reportaron. También es útil considerar estrategias que se utilizaron para implementar otros programas colaborativos y a largo plazo de monitoreo pasiva del aire.

Este procedimiento es una versión actualizada del procedimiento operativo estándar (SOP) desarrollado por el PNUMA en 2017 (PNUMA 2017). Este Procedimiento Estándar actualizado proporciona apoyo al Programa Global de Monitoreo de Sustancias Químicas (GCMP) y a sus proyectos regio-

nales. El programa incluye un proyecto global y cinco proyectos regionales con países participantes de África, Asia e Islas del Pacífico, y América Latina y el Caribe, con apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Global (GEF). Los tutoriales en vídeo se prepararon bajo los proyectos anteriores del PNUMA/GEF y están disponibles públicamente en la página web del PNUMA (PNUMA s.f.).

Además, el rendimiento de muestreo de partículas de los muestreadores ha sido y puede ampliarse para estudiar otros contaminantes asociados a partículas como metales traza, carbón negro, bioaerosoles o ADN ambiental. Los muestreadores también se han utilizado para evaluar la carga tóxica de la mezcla de contaminantes presentes en el aire ambiente, utilizando nuevas metodologías de enfoque (ensayos) que evalúan una variedad de criterios de toxicidad. Estas aplicaciones extendidas generan oportunidades transversales y sinergias con otros impulsores de políticas y programas científicos para aprovechar al máximo el programa de muestreo (Harner et al. 2024).

2. FRECUENCIAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Bajo el GCMP, el monitoreo del aire se realizará utilizando muestreadores pasivos de aire (PAS) equipados con discos de espuma de poliuretano (PUF) y discos de espuma de poliuretano impregnados con sorbente (disco SIP). Los discos SIP tienen una mayor capacidad de sorción en comparación con el muestreador de discos PUF, debido a su impregnación con resina XAD molida, lo que mejora la captura de COP más volátiles, como los PFAS, y el HCB (Rauert et al. 2018).

2.1. Frecuencias de muestreo

En cada sitio se desplegarán 8 PAS para monitorear simultáneamente diferentes grupos de COP. Los PAS 1 y 2 con discos PUF estarán expuestos de forma estacional, es decir, tres meses de exposición. Los PAS 3 a 6 con discos PUF estarán expuestos durante medio año, es decir, seis meses de exposición. Los discos SIP se usarán en PAS 7 y 8 y estarán expuestos durante medio año, es decir, seis meses de exposición. Más detalles sobre el muestreo se proporcionan en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Los muestreadores pasivos de aire (PAS) detallan la duración del muestreo, el número de PUF y el grupo de COP a muestrear.

PAS	Duración por año	N° de PUF o SIP	Blanco de campo	Grupo de POP
PAS 1	Tres meses, cuatro periodos	4 PUF	1 PUF	Para COP, pesticidas y PCB indicador
PAS 2	Tres meses, cuatro periodos	4 PUF	1 PUF	Para COP, pesticidas y PCB indicador
PAS 3	Seis meses, dos periodos	2 PUF	1 PUF	Para COP similares a dioxinas (dl-COP)
PAS 4	Seis meses, dos periodos	2 PUF	1 PUF	Para COP similares a dioxinas (dl-COP)
PAS 5	Seis meses, dos periodos	2 PUF	1 PUF	Para retardante de llama bromado (BFR)
PAS 6	Seis meses, dos periodos	2 PUF	1 PUF	Para retardante de llama bromado (BFR)
PAS 7	Seis meses, dos periodos	2 SIP-PUF	1 SIP-PUF	Para PFAS y COP volátiles
PAS 8	Seis meses, dos periodos	2 SIP-PUF	1 SIP-PUF	Para PFAS y COP volátiles

Nota: Todos los PAS con número par (es decir, PAS 2, 4, 6 y 8) son muestras duplicadas.

En resumen, cada país recibirá para los dos años de muestreo pasivo: 8 muestreadores pasivos de aire (PAS), 44 discos PUF (32 muestras + 12 blancos) y 12 discos SIP (8 muestras + 4 blancos).

El calendario de muestreo recomendado para el momento de despliegue de cada PUF y disco SIP se proporciona en las [Tabla 2](#) y [Tabla 3](#).

Tabla 2. Calendario recomendado de muestreo para PAS 1 y 2.

Períodos	Primer año de muestreo 2027	Segundo año de muestreo 2028
1ª Etapa	principios de enero a principios de abril de 2027	principios de enero a principios de abril de 2028
2º periodo	principios de abril a principios de julio de 2027	principios de abril a principios de julio de 2028
3º periodo	principios de julio a octubre-2027	principios de julio a octubre-2028
4º periodo	principios de octubre de 2027 a principios de enero de 2028	principios de octubre de 2028 a principios de enero de 2029

Nota: Cada PUF será desplegado estacionalmente durante cuatro periodos de tres meses cada uno.

Tabla 3. Calendario recomendado de muestreo para PAS 3, 4, 5, 6, 7 y 8

Períodos	Primer año de muestreo 2027	Segundo año de muestreo 2028
1ª Etapa	principios de enero a principios de julio de 2027	principios de enero a principios de julio de 2028
2º periodo	principios de julio de 2027 a principios de enero de 2028	principios de julio de 2028 a principios de enero de 2029

Nota: Cada PUF y disco SIP se desplegarán cada dos años, correspondientes a dos periodos de seis meses cada uno.

2.2. Análisis

Se utilizarán dos PAS (ya sea dos discos PUF o 2 discos SIP) para cada grupo de COP a analizar. **Los PAS con número impar** será analizado por un laboratorio experto regional, y **el de número par** será analizado como muestras duplicadas en los laboratorios nacionales, en los casos en que estos laboratorios tengan la capacidad requerida. Las muestras duplicadas ayudarán a evaluar las capacidades analíticas, identificar laboratorios regionales adecuados y asegurar el control de calidad de la calidad.

Los COP que se analizarán utilizando las diferentes muestras (discos PUF o discos SIP) son:

- **PAS 1 y 2:** Estos discos PUF serán analizados para detectar COP clorados, a saber, dieldrin, diclorodifeniltricloroetano (DDT), hexaclorociclohexanos (HCHs), endosulfanos, metoxicloro, clorpirifos, clordano, y los seis PCB indicadores serán analizados estacionalmente. Mientras que aldrin, endrin, mirex, heptacloro, clordecona y dicofol se analizan solo una vez al año.
- **PAS 3 y 4:** Estos discos PUF serán analizados para detectar dioxinas, furanos y COP similares a dioxinas. Se analizarán 17 PCDDs/PCDFs y 12 dl-PCB, cada dos años.
- **PAS 5 y 6:** Estos discos PUF se analizarán dos veces al año para detectar BFRs, incluyendo ocho éteres difenílicos polibrominados (PBDEs), hexabromociclododecano, éter decabromodifenilo (BDE-209) y decolorano. Los bifenilos polibrominados (PBB) se analizarán solo una vez al año.
- **PAS 7 y 8:** Estos discos SIP serán analizados dos veces al año para detectar compuestos fluora dos y otros COP volátiles: incluyendo PFAS, HCB, pentaclorobenceno (PeCB) y hexaclorobadieno (HCBd).

Las bolsas Ziplock que contienen los discos PUF y/o los discos SIP envueltos en papel de aluminio se almacenan en el congelador del laboratorio desde el momento de su llegada hasta que son analizadas o enviadas al laboratorio correspondiente para su análisis

Las modalidades de envío se acordarán en estrecha cooperación y coordinación entre el país y el laboratorio regional/internacional correspondiente.

3. SELECCIÓN DE SITIOS DE MUESTREO

3.1. Requisitos de los sitios de muestreo

Es fundamental seleccionar los sitios que no estén directamente influenciados por fuentes cercanas, asegurando que proporcionen datos representativos de una región más amplia y no de un punto crítico de contaminación. La ubicación de terreno abierto sin obstáculos significativos para el flujo de aire libre alrededor del muestreador es óptima. El muestreador debe instalarse en una estación de fondo que no se vea afectada por las fuentes directas de contaminación del aire, es decir, evitar sistemas de extracción u otros materiales, actividades que puedan afectar o sesgar la muestra de aire recogida respecto a los niveles de COP. Para evitar daños o la pérdida de muestreadores, se requiere un lugar seguro. **Continuar el muestreo en los sitios empleados durante proyectos anteriores del PNUMA/GEF permitiría ampliar la información de tendencias temporales para los COP de los que se reportaron datos previos.**

Los muestreadores de aire pasivos se montan en paralelo/nivelado al suelo, con el cuenco más grande en la parte superior, y se colocan **al menos entre 1,5 y 2,0 m de altura**. Los soportes o marcos de montaje se usan comúnmente para fijar/montar muestreadores. Un ejemplo de PAS desplegado en el campo se muestra en la [Figura 1](#).



Figura 1. Muestreadores de aire pasivos desplegados en el campo.

4. MATERIALES E INSTALACIÓN DEL PAS

Esta sección describe los procedimientos para la instalación y retirada del PAS.



Para el posicionamiento e instalación de PAS, proyectos anteriores han desarrollado un tutorial en vídeo disponible públicamente en la página web del PNUMA, utilizando el siguiente enlace [Tutorial en vídeo sobre muestreo pasivo de aire](#)

Existen varios diseños de muestreadores PAS que se utilizan regularmente para monitorear COP y otros productos químicos seleccionados en diversas regiones del mundo. En proyectos anteriores del PNUMA financiados por el GEF, los diseños de PAS de muestreo empleados eran los mismos que los utilizados por la red MONET (RECETOX), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la red GAPS (ECCC) en diferentes proyectos regionales. En el programa actual, el Comité Directivo de cada proyecto regional determinará qué diseño de muestreo utilizar, basándose en sus necesidades específicas y experiencias previas.

Un esquema que muestra las diferentes partes del PAS y la forma de ensamblarlas se presenta en la **Figura 2**.

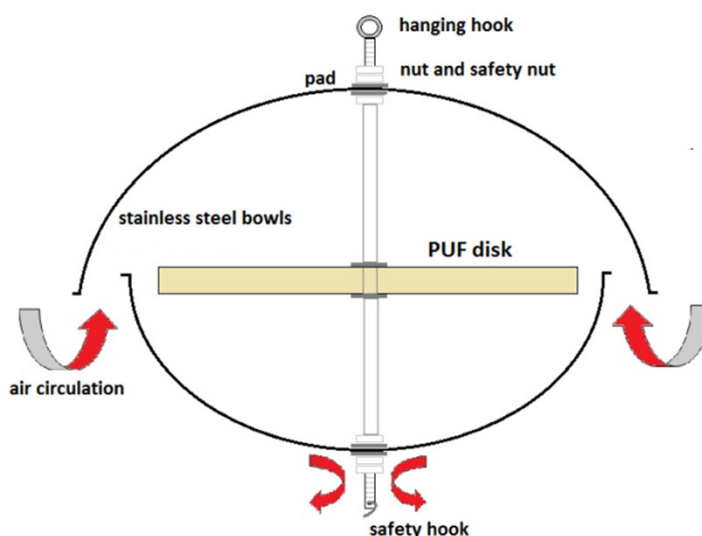


Figura 2. Esquema de un PAS con sus diferentes partes.

4.1. Materiales necesarios para el ensamblaje de PAS

Todos los materiales de muestreo deben prepararse antes de la instalación de los muestreadores pasivos de aire.

A continuación, se proporciona una lista de materiales necesarios para instalar el PAS:

- Muestreador de aire pasivo – dos cuencos, uno grande (cuenco superior) y uno pequeño (cuenco inferior)
- Discos PUF y discos SIP
 - Disco de espuma de poliuretano (PUF), convenientemente acondicionado (véase 2.2 y 4.4) para PAS 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
 - Disco SIP, convenientemente acondicionado para PAS 7 y 8.
- Protocolo de muestreo y lápiz
- Llave de extremo abierto o anular (17 mm)
- Caja de refrigeración
- Botellas con etanol para limpiar (alternativamente hexano, acetona o isopropanol) para limpiar herramientas y partes del muestreador
- Pañuelos de papel (preferiblemente certificado por laboratorio libre de PFAS)
- Rotulador permanente (bolígrafo impermeable)
- Papel de aluminio
- Sujetadores de plástico (aproximadamente 150 mm de longitud)
- Guantes desechables de Nitro para examen libres de PFAS (también llamados guantes de látex)
- Manual – Metodología de muestreo pasivo de aire
- Dos pinzas
- Cortador o tijeras
- Lámina plástica extensible para sellar
- Bolsa de residuos

4.2. Montaje de PAS

El montaje del PAS puede variar según el diseño de los cuencos del PAS utilizado.

Ejemplos de diseños de muestreadores PAS utilizados en los anteriores proyectos financiados por el GEF del PNUMA, de La red MONET, CSIC y GAPS se proporcionan en el ANEXO 1.

Identificar el PAS con los siguientes datos del muestreo:

- a) Ubicación
- b) Código de identificación del muestreador y número de PAS (véase 2.1 y 4.5)

- c) Fecha de inicio del muestreo
- d) Fecha de finalización del muestreo
- e) Tipo de compuestos a analizar

Anotar y reportar todos los datos del muestreo, así como cualquier observación. .

4.3. Prelimpieza de discos PUF y discos SIP

Los discos de espuma de poliuretano (discos PUF), cuando se compran recientemente a un proveedor, pueden contener contaminación no deseada procedente del proceso de fabricación o del almacenamiento. El objetivo de la prelimpieza es eliminar esta posible contaminación para lograr un nivel aceptable de blanco y un control de calidad fiable. Los discos PUF se limpiarán previamente antes de enviarlos a cada país para su muestreo.

Es importante señalar que las especificaciones de los discos PUF pueden variar según el programa de monitoreo de aire, el diseño del muestreador pasivo de aire (PAS) y el proveedor. Las diferencias en las propiedades del disco PUF pueden influir tanto en la tasa de acumulación química (es decir, la tasa de muestreo) como en la capacidad máxima de sorción, siendo esta última especialmente importante para compuestos más volátiles. La tasa de muestreo es proporcional al área superficial externa del disco PUF, mientras que la capacidad de adsorción depende de la densidad PUF y la masa total. El acercamiento al equilibrio (capacidad de adsorción) en el disco PUF solo ocurre para los COP más volátiles. Por tanto, estos parámetros deben tenerse en cuenta al derivar las concentraciones en el aire ambiente de contaminantes orgánicos persistentes (COP) a partir de mediciones de discos PUF.

El método más utilizado para derivar el volumen efectivo muestreado es el modelo desarrollado para el estudio GAPS por Environment and Climate Change Canada (ECCC), comúnmente conocido como el modelo de Tom Harner. Este modelo utiliza un algoritmo matemático que tiene en cuenta las propiedades fisicoquímicas de las sustancias objetivo, así como las características específicas de los discos PUF y/o SIP. Los cálculos de concentración usando este modelo se realizan con una plantilla de Excel estandarizada (Harner 2025), que se actualiza regularmente.

En el caso de los discos SIP, es preferible que sean prelimpiados por el proveedor comercial.

Recuadro 1. Procedimiento para pre-limpiar discos PUF

1. Introducir el disco PUF en un vaso de precipitado y añade 2000 ml de agua ultrapura para que permanezca cubierto. Apretar la espuma para asegurarte de que está completamente mojada. Añadir más agua ultra pura en caso de que no esté totalmente sumergida. Este proceso puede incluir la limpieza simultánea de varias espumas.
2. Colocar el vaso en un baño ultrasónico durante 15 minutos.
3. Descartar el agua y repite los pasos 1 y 2 una vez más.
4. Exprimir, usando pinzas limpias, cualquier exceso de agua que quede en el disco PUF y colócala en un Soxhlet para realizar una extracción con acetona (usa acetona de alta calidad adecuada para análisis orgánico de trazas) durante 24 horas.
5. Tras la extracción de Soxhlet, eliminar el exceso de acetona en la espuma de poliuretano apretando con pinzas y proceder a una segunda extracción, con un disolvente diferente, pero durante el mismo tiempo y bajo las mismas condiciones aplicado para la extracción con acetona. El disolvente utilizado en la segunda extracción depende de los compuestos destinados al análisis del disco PUF:
 - Diclorometano, para la recogida y análisis de COP básicos y los 6 indicadores PCB.
 - Tolueno, para la recogida y análisis de dioxinas y COP similares a dioxinas, así como para el caso de compuestos bromados (PBDEs, HBCD y HxBB).
6. Tras la segunda extracción, se elimina el exceso de disolvente del poliuretano, primero manualmente apretando con pinzas y después colocando la espuma en un desecador bajo vacío. El proceso termina cuando la espuma está completamente seca.
7. Una vez seca, proteger la espuma de la luz envolviéndola en papel de aluminio prelimpiado (ya sea horneado o enjuagado con disolvente). Asegúrese de doblar los extremos abiertos del papel de aluminio bien ajustados y repetidamente para conseguir un buen sellado.
8. Colocar el sobre de papel de aluminio que contiene el disco PUF limpio en una bolsa de plástico ziploc limpia para congelar y etiquetar la fecha de limpieza, y guárdalo en un lugar al abrigo de la luz hasta su uso.

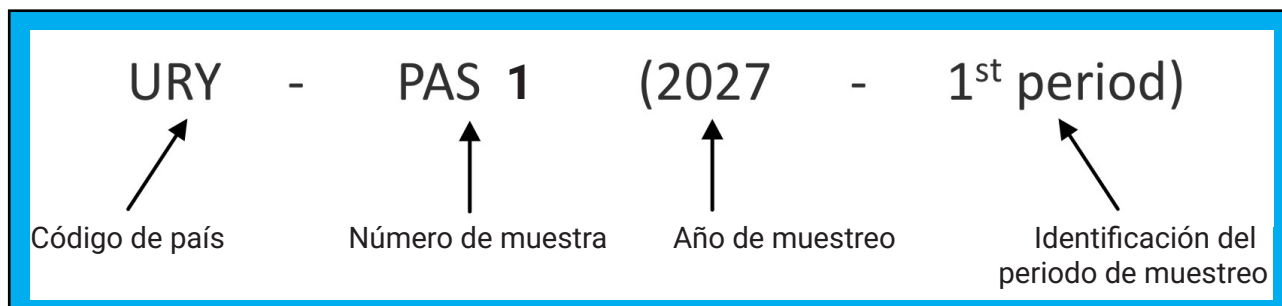
4.4. Identificación y etiquetado de muestreadores, discos PUF y discos SIP

Para identificar correctamente los muestreadores y los discos PUF y SIP de los diferentes periodos y sitios de muestreo, se ha definido un formato de código que consiste en un conjunto de letras y números que identificarán inequívocamente: el país donde se instalan los muestreadores, el año de muestreo, así como el periodo de campañas de monitoreo dentro de ese año, y los compuestos a determinar. Los muestreadores instalados en el campo, así como las bolsas Ziploc que contienen el disco PUF o SIP, se identificarán con el formato de código correspondiente.

En este sentido, el formato de código siempre está compuesto por un primer conjunto de tres letras que forman referencia al país, seguida de un guion y un número PAS que va de PAS 1 a PAS 8 (relacionado con los compuestos a analizar, véase [Tabla 1](#)). La información entre paréntesis incluye el

año de muestreo junto con el periodo. El periodo de muestreo debe especificar las fechas exactas de inicio y fin de la actividad muestral. Para PAS 1 y 2, el muestreo se realizará en cuatro periodos de tres meses al año (estacionalmente). Para las PAS 3, 4, 5, 6, 7 y 8, el muestreo se realizará dos veces al año, correspondiente a dos periodos de seis meses (véanse las [Tabla 2](#) and [Tabla 3](#)). Por favor, incluya, si es necesario, comentarios sobre cualquier cambio observado en el PAS o en el disco PUF o SIP, o cualquier información relevante.

Un ejemplo de código de identificación sería:



El primer conjunto de tres letras corresponde a la abreviatura del país según el código ISO utilizado por la ONU (<https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>).

4.5. Colección de discos PUF y discos SIP

1. La recogida de los discos PUF y SIP, una vez finalizado el periodo de muestreo, debe hacerse con cuidado (y utilizando únicamente herramientas y materiales pre-limpiados y esterilizados) para evitar cualquier incidente que pueda cuestionar la validez del muestreo. El desmontaje se ejecutará mediante los siguientes pasos:

1. Desinstalar el PAS del soporte de muestreo. Dependiendo del diseño del muesteador, la desinstalación del PAS puede ser diferente.

PAS utilizado por la Red MONET (RECETOX) (véase [ANNEXE 1](#))

- a Desmontar el gancho colgante y el adaptador de gancho.
- b Desmontar el cuenco superior desenroscando la tuerca y la tuerca.
- c Quitar la primera arandela plana, el tubo de mayor distancia y la segunda arandela plana (con pinzas).

PAS utilizado por la Red GAPS (ECCC) (véase [ANNEXE 1](#))

- d Abrir el muestreador desabrochando el gancho en “S” entre sus cámaras superior e inferior. Dentro del muestreador hay un anillo de soporte de acero inoxidable que está anclado firmemente en el cuenco inferior y se utiliza para suspender el disco PUF dentro del muestreador.
2. Retirar el disco PUF o SIP del PAS con unas pinzas o con tus propias manos, pero usando papel de aluminio para sujetar la espuma (**NUNCA toques la espuma directamente con las manos**) y envuélvela en un papel de aluminio limpio (es decir, ya sea horneado y/o enjuagado y seco con disolvente).
3. Envolver de nuevo este set en una segunda hoja de papel de aluminio, asegúrese de doblar los extremos abiertos del papel bien y repetidamente para conseguir un buen sellado.
4. Meter el disco PUF o SIP envuelto en aluminio en una bolsa de plástico ziploc y cerrar el Ziploc. Etiquetar con un rotulador permanente la bolsa ziploc, con el mismo código identificador previamente asignado al PAS (véase [4.5](#)).
5. Para el nuevo periodo instalar un nuevo disco PUF limpio o SIP en el PAS con unas pinzas o con tus propias manos, pero usando papel de aluminio para sujetar la espuma.

4.6. Transporte y almacenamiento de discos PUF y SIP

El laboratorio proporcionado enviará a cada país los muestreadores (PAS) y los discos PUF y SIP limpios siguiendo el procedimiento descrito en este documento.

Los discos PUF y SIP, una vez recibidos por los operadores del sitio para su despliegue, se almacenan en un lugar oscuro y seco hasta su uso. Los discos PUF y SIP que han sido desplegados y recogidos se transportan refrigerados/fríos al laboratorio y se mantienen en un congelador a -18°C hasta el envío o análisis de los analitos objetivo.

Las modalidades de envío se acordarán en estrecha coordinación entre el país y el laboratorio regional/internacional identificado, y se realizará una vez al año o cada medio año.

5. DOCUMENTACIÓN

Se proporciona un archivo **MsExcel** para documentar cada evento de muestreo. El archivo MsExcel – llamado “GCMP” – contiene las siguientes hojas de cálculo e la siguiente información: Hoja de trabajo “Georreferencias”

Esta hoja de trabajo ofrece un resumen de toda la información relacionada con la ubicación y las condiciones donde se realiza la muestra:

Nombre del país:	Nombre completo y código ISO_3
Emplazamiento/Ubicación:	Nombre corto asignado
Dirección:	Dirección física
Tipo de sitio:	Remota, urbana, rural
Coordenadas GPS:	Grados (latitud y longitud) y valores decimales (latitud y longitud)
Narrativa:	Breve descripción narrativa del lugar y sus alrededores, y cualquier otra observación importante sobre el sitio o los dispositivos de muestreo.
Institución responsable:	Proporcione el nombre de la institución que realiza la muestra.
Foto:	Por favor, inserte una foto del lugar de muestreo.

6. REFERENCIAS

Harner, T. (2025). 2025 v5 1 Template for calculating PUF and SIP disk sample air volumes. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28436.00643>.

Rauert, C., Harner, T., Schuster, K., Eng, A., Fillmann, G., Castillo, L. et al. (2018). Atmospheric Concentrations of New Persistent Organic Pollutants and Emerging Chemicals of Concern in the Group of Latin America and Caribbean (GRULAC) Region. *Environmental Science & Technology* 52, 7240–7249. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b00995>.

United Nations Environment Programme (2017). *Global Monitoring Plan: Protocol for POPs sampling - Passive air*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/21742>.

United Nations Environment Programme and Secretariat of the Stockholm Convention (2025). *Guidance on the Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants*. <https://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-Guidance-GMP-POPs-Jan2025.En.docx>.

United Nations Environment Programme (n.d.). *Capacity building (GMP2)*. [Capacity building \(GMP2\). Capacity building \(GMP2\) | UNEP - UN Environment Programme](#). Accessed 19 September 2025.

ANEXO 1. INSTALACIONES DE PAS Y DESPLIEGUE DE DISCO PUF

RED GAPS

La Red Global de Muestreo Pasivo Atmosférico (GAPS-Network) es un programa para producir datos comparables a escala global sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) liderados por Environment and Climate Change Canada (ECCC).

Esta red utiliza los Muestreadores de Aire Pasivos (PAS) comercializados por Tisch Environment (Modelo TE-200-PAS) para monitoreo exterior (<https://tisch-env.com/product/te-200-pas-passive-air-sampler-outdoor/>).

El Procedimiento Operativo Estándar (SOP) se puede encontrar en este enlace : [GAPS Network Protocol for Deploying PUF Disk Passive Air Samplers](#)

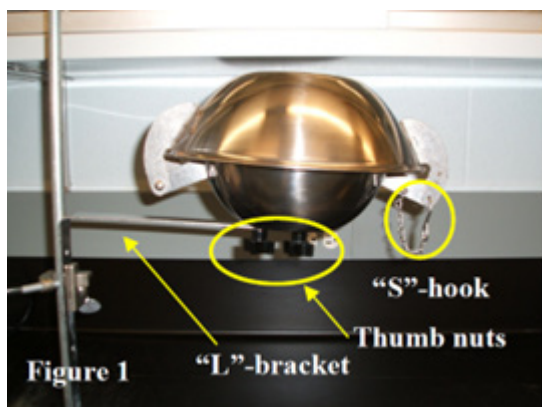
Protocolo para desplegar un muestreador y muestras de disco PUF (GAPS)

Materiales y Equipamiento

- Cuencos del muestreador pasivo de aire exteriores (Tisch Environmental Inc.)
- Cuadro "L"
- Sujetadores de diferentes longitudes
- Abrazadera para ajustar
- Discos PUF almacenado en un tarro de vidrio ámbar
- Guantes de nitrilo limpios de laboratorio
- Pinzas (2 pares)
- Cinta Teflón

A. Fijación del boitier de l'échantillonneur a la estructura de soporte

1. Fijar el soporte en "L" al muestreador pasivo de aire usando las dos tuercas y tornillos negros



que están fijados a la cámara inferior como se muestra en la Figura 1. El muestreador debe colocarse al menos a 2 metros del suelo (cuanto más alto, mejor) en una zona abierta sin obstrucción de flujo de aire. Los soportes adecuados para estructuras son vallas o postes.

2. Asegurar el soporte en “L” a la estructura principal con las bridas y la abrazadera suministradas o cualquier otro sujetador adecuado para que el muestreador no traqueteo ni vibre.

B. Instalación de los discos PUF en los muestreadores

Tenga en cuenta que para este paso deben utilizarse guantes.

1. Abrir la carcasa desabrochando el pasador entre la cámara superior e inferior. Dentro del muestreador hay un anillo de soporte de acero inoxidable que está anclado firmemente dentro de la cámara inferior y se utiliza para suspender el disco PUF dentro de la carcasa (véase la Figura 2).

2. Retirar el disco PUF del franco ámbar de cristal usando pinzas. Es importante que el disco PUF no sea tocado con las manos desnudas.

3. PROCEDIMIENTO PARA EL BLANCO DE CAMPO:

Se recogerá un blanco de campo en algunos lugares de muestreo para ayudarnos a evaluar si existe contaminación causada por el envío, manipulación y almacenamiento.

- a. Colocar el disco PUF sobre el anillo de soporte.
- b. Retirar el disco PUF del muestreador tras un minuto de despliegue y devuélvelo al frasco usando las pinzas.
- c. Etiquetar el franco como un blanco de campo y escribir la fecha en el tarro.
- d. Cerrar bien la tapa y envolver la tapa del tarro con cinta de teflón para asegurar un sellado hermético.
- e. Guardar el tarro con el blanco de campo en un lugar frío hasta el momento del envío. Si guardas el blanco en la nevera, asegúrate de que no haya estándares químicos en la nevera.

4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:

Desplegar el disco PUF durante un periodo de 2-3 meses (según lo establecido en el proyecto). Tenga en cuenta que el disco PUF puede estar curvado al salir del frasco. Instálala con los extremos rizados hacia arriba, ya que con el tiempo se aplanará.

- a. Colocar el disco PUF sobre el anillo de soporte.
- b. Cerrar el muestreador y volver a colocar el pasador de la barra o el gancho en "S" entre las cámaras superior e inferior.
- c. Escribir en el tarro la fecha y hora de inicio y el lugar de muestreo (incluyendo detalles y observaciones sobre el lugar).
- d. Guardar el tarro en un lugar seguro y limpio hasta el momento de recuperar el disco PUF. Se utilizará para enviar la muestra de disco PUF de vuelta al laboratorio para su análisis.

C. Retirando de los discos PUF del muestreador

Tenga en cuenta que para este paso deben llevarse guantes.

1. Después de 2-3 meses de muestreo, retirar el disco PUF del muestreador usando pinzas y transfíere al frasco correspondiente.
2. Escribir en el tarro la fecha y hora de finalización del periodo de muestreo. Asegúrese de que la tapa esté bien cerrada y usa cinta de teflón para asegurar un sellado hermético.

¿Preguntas o preocupaciones?

Si tiene alguna pregunta o preocupación sobre este procedimiento, por favor contacte con:

Tom Harner
+1 416-371-3735
tom.harner@ec.gc.ca

Anita Eng
+1 647-794-6134
anita.eng@ec.gc.ca

Jacob Mastin
+1 647-956-8556
jacob.mastin@ec.gc.ca

RED MONET

La instalación y el cambio del disco PUF solo deben hacerse usando guantes de nitrilo sin polvo según el procedimiento siguiente; **recuerde nunca tocar el disco PUF o SIP con las manos desnudas.**

1. La parte superior de montaje:

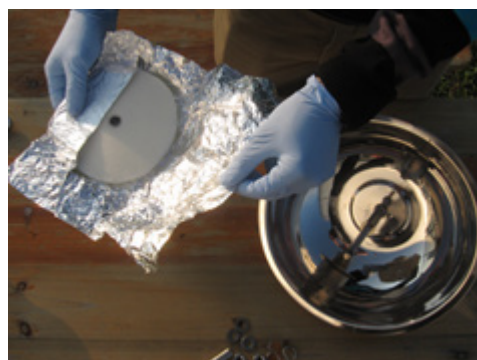
- Se atornillan dos tuercas en la parte superior de la varilla roscada,
- La almohadilla y la copa superior se colocan en la varilla,
- El cuneco superior se sujeta con una tuerca (para apretar usa la llave inglesa).



2. Poner el tubo de mayor distancia y la almohadilla en la varilla.



3. Retirar el disco PUF no expuesto o disco SIP de la nevera, desembala la bolsa de polietileno y dos capas de papel de aluminio.



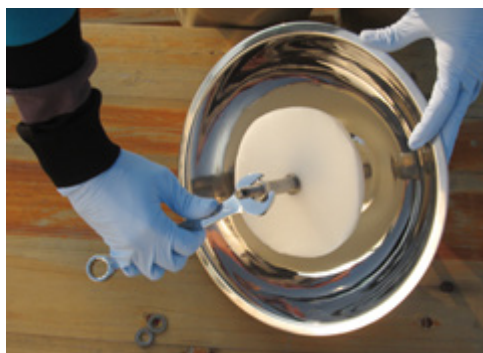
4. El disco PUF desempaquetado con inserción de tubo metálico se coloca en la varilla usando papel de aluminio, ver imagen abajo.



5. Poner la almohadilla y el tubo de distancia corta en la varilla.



6. El disco PUF se fija con una tuerca (para apretar se usa la llave inglesa).



7. Pon la almohadilla, el cuenco inferior y la almohadilla sobre el tubo.



8. Se utilizan dos tuercas para fijar el cuenco inferior en la posición correcta (para apretar con la llave inglesa).



9. Por último, introduce el gancho de seguridad en el pequeño agujero de la varilla.



10. Colocar el muestreador de aire pasivo con disco PUF sobre la estructura metálica preparada. Usa el gancho en la parte superior del muestreador y montar el muestreador en la construcción con la estructura metálica un alambre o cuerda. Si no hay estructura metálica, utiliza el alambre o la cuerda y fija el muestreador en una rama de árbol sin obstrucciones, a unos dos metros del suelo.



11. Todos los datos de muestreo deben estar escritos en el protocolo de muestreo: escriba el código de muestra, el inicio del muestreo, la descripción del sitio, las coordenadas GPS, las condiciones meteorológicas y las posibles influencias del muestreo.



**Programa
mundial de
vigilancia
de químicos**

